



**T.C.**

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE MÜHENDSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**UÇUCU ORGANİK BİLEŞİK (UOB) KOMPOZİSYONUN GELİBOLU'DA  
BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MÜGE AYDIN**

**Tez Danışmanı**

**DOÇ.DR. SİBEL MENTEŞE**

**ÇANAKKALE – 2022**





T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**UÇUCU ORGANİK BİLEŞİK (UOB) KOMPOZİSYONUN GELİBOLU'DA  
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MÜGE AYDIN

Tez Danışmanı

DOÇ.DR. SİBEL MENTEŞE

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP)

Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: FYL-2020-3131

ÇANAKKALE – 2022



T.C.  
**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



Müge AYDIN tarafından Doç. Dr. Sibel MENTEŞE yönetiminde hazırlanan ve **21/01/2022** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Uçucu Organik Bileşik (UOB) Kompozisyonunun Gelibolu’da Belirlenmesi**” 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

(Danışman)

Prof. Dr. Tolga ELBİR

Dr. Öğr. Üyesi Akın ALTEN

.....

.....

.....

Tez No : .....

Tez Savunma Tarihi : .././20..

Doç. Dr. Yener PAZARCIK

Enstitü Müdürü

.././20..

## ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; 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 çalışmasında 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)

Müge AYDIN

(Tarih) .././20..

## TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen ve bütün desteğiyle her zaman yanımda olan saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Sibel Menteşe'ye, bütün bilgi birikimlerini aktardığı ve beni yönlendirdiği için sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Saha alışmaları sırasında yardımı ve desteği ile yüksek lisans öğrencilerinden Ekrem Yusuf ULUDAğ, gerekli izinler için Gelibolu Zabıta Müdürlüğü'ne ve tez çalışmam boyunca her zorlukta yanımda olan yüzümü güldüren arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu alışma süresince ve tüm öğrenim hayatımda tüm zorlukları benimle göğüsleyen, hayatımın her evresinde bana destek olan maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen babam Selim AYDIN, annem Hülya AYDIN'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Müge AYDIN  
anakkale, Ocak 2022

## ÖZET

### UÇUCU ORGANİK BİLEŞİK (UOB) KOMPOZİSYONUN GELİBOLU'DA BELİRLENMESİ

Müge AYDIN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Sibel MENTEŞE

21/01/2022, 71

Çanakkale'nin Gelibolu ilçesinde, feribot iskelesi etrafında en önemli hava kirleticileri kaynakları deniz ve karayolu trafiğidir. Hava kirleticilerden uçucu organik bileşikler (UOB) trafik kaynaklı hava kirliliği ile ilişkilendirilen önemli bir kirleticiler grubudur. Gelibolu'da hava kalitesini belirlemeye yönelik herhangi bir çalışma şimdiye kadar yapılmamıştır. Bu çalışmada; Gelibolu atmosferinde toplam uçucu organik bileşik (TUOB), benzen, toluen ve ksilenlerin (BTX) düzeylerinin hava kalitesine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Gelibolu'da hâlihazırda mevcut olan trafik yoğunluğu dikkate alınarak seçilen 6 örnekleme noktasında TUOB ve BTX seviyelerinin zamansal ve mekânsal değişimi pasif örnekleme yöntemiyle araştırılmıştır. Bu nedenle, özellikle Gelibolu feribot iskelesi ve çevresinde, trafik yoğunluğuna göre hava örnekleri seçici sorbent tüpler içerisinde Haziran – Kasım 2020 tarihleri arasında toplanmıştır. Hava örnekleri Termal desorber ve Gaz Kromatografi cihazlarında analiz edilmiştir.

Çalışma dönemi boyunca hava kirleticilerin konsantrasyonlarının ortalaması şöyledir: TUOB  $70,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Benzen  $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Toluen  $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve Ksilenler (*o,m,p*)  $2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Çalışma süresince ortalama değer olarak hava sıcaklığı  $27,0^\circ\text{C}$ , bağıl nem %48,6 ve hava basıncı  $1014,13 \text{ hPa}$  olarak ölçülmüştür. Çalışma süresince en yüksek TUOB düzeyi feribot kullanan araçların çevre yoluna çıkan ve feribot iskelesine giden yol hattı üzerinde kalan örnekleme G6 noktasında  $99,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mertebesinde ölçülmüştür.

Feribot iskelesi civarındaki noktalardan G2 noktasında benzen  $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve Toluen  $3,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak; G4 noktasında ise Ksilenler  $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak bulunmuştur.

Çalışma süresince COVID19 kısıtlamaları kapsamında bazı tarihlerde düzenlenen sokağa çıkma kısıtlamalarının trafik yoğunluğunu ve dolaylı olarak ölçülen hava kirletici düzeylerini etkilediği belirlenmiştir. Feribot iskelesi ve çevresinde günlük trafiğin ve araçların feribota yüklenmesinin UOB seviyelerine katkısının olduğu saptanmış olup, bu çalışmanın Gelibolu'da yapılacak yeni çalışmalara önemli bir kaynak olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** BTX, Deniz Trafiki, Gelibolu, Hava Kirliliği, Karasal Trafik, Uçucu Organik Bileşikler (UOB)



## ABSTRACT

### DETERMINATION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOC) COMPOSITION IN GELIBOLU

Müge AYDIN

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Environmental Engineering

Chair of Environmental Engineering Master of Science Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Sibel MENTEŞE

01/21/2022, 71

Marine and road traffic around the ferry port are among the major sources of air pollutants in Gelibolu town of Çanakkale city. Volatile organic compounds (VOCs) are an important group of air pollutants associated with traffic-induced air pollution. No study has been conducted in Gelibolu to determine the air quality so far. In this study; it was aimed to determine the effects of total volatile organic compounds (TVOC), benzene, toluene, and xylenes (BTX) levels on Gelibolu air quality.

The temporal and spatial variation of TVOC and BTX levels at 6 sampling points which were selected considering the existing traffic density in Gelibolu was investigated by passive sampling method. For this reason, air samples were collected in selective sorbent tubes between June and November 2020, especially at the Gelibolu ferry port and its surroundings, according to the traffic density. Air samples were analyzed in Thermal desorber and Gas Chromatography instruments.

The average concentrations of target air pollutants over the study period are as follows: TVOC  $70.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Benzene  $1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Toluene  $2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  and Xylenes (*o,m,p*)

2.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . During the study, the average values were measured as 27.0°C for air temperature, relative 48.6% for relative humidity, and 1014.13 hPa for air pressure. The highest TVOC levels over the study period was measured at G6 point, which laid on the road line to the ring road and on the way to ferry port, as 99.9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . In terms of sampling points around the ferry port and its surrounding, levels of benzene was 2.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and Toluene was 3.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  at G2 point, while Xylene level was 7.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  at G4 point.

During the study, it was determined that the curfews held on some dates within the scope of COVID19 restrictions affected traffic density and indirectly measured air pollutant levels. It has been determined that the daily traffic burden and the loading of vehicles into the ferry around the ferry port and its surroundings contribute to the VOC levels and will provide an important resource for the studies to be carried out in Gelibolu.

**Keywords:** Air Pollution, BTX, Gelibolu, Maritime Traffic, Road Traffic, Volatile Organic Compounds (VOCs)

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii

### BİRİNCİ BÖLÜM

#### GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler .....	16
1.1.1. Hava Kirliliği .....	16
1.2. Hava Kirleticileri Kaynakları.....	17
1.3. Hava Kirleticiler.....	18
1.3.1 Uçucu Organik Bileşikler (UOB) .....	18
1.3.1.1 Benzen.....	18
1.3.1.2 Toluen.....	19
1.3.1.3 Ksilenler.....	19

### İKİNCİ BÖLÜM

#### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Literatür Taraması .....	21
2.1.1. UOB Düzeylerini Türkiye’de Araştırıldığı Çalışmalar.....	21
2.1.2 UOB Düzeylerinin Diğer Ülkelerde Araştırıldığı Çalışmalar.....	22

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM MATERYAL YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı.....	25
3.2. Örnekleme Noktaları ve Örnekleme Programı.....	30
3.3. Uçucu Organik Bileşiklerin(UOB) Analiz Yöntemi.....	37
3.4. Meteorolojik Parametrelerin Ölçümü.....	40
3.5. Verilerin Değerlendirilmesi.....	41

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonlarının Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	42
4.2. Meteorolojik Parametrelerin İncelenmesi .....	45
4.3. Gelibolu’da UOB Düzeylerinin Mekânsal İncelenmesi.....	47
4.3.1 BTX Bileşiklerinin Düzeylerinin Değişimi .....	47
4.3.2 TUOB Düzeylerinin Mekânsal Değişimi.....	53
4.4. UOB Düzeylerinin Zamansal Değişimi.....	56
4.5. TUOB ve BTX Düzeylerinin Meteorolojik Parametreler ve Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonları Sonuçları ile İlişkisi.....	56

## BEŞİNCİ BÖLÜM SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar.....	60
5.2. Öneriler.....	52
KAYNAKÇA .....	64
EKLER .....	I
EK 1. ÖRNEKLEME NOKTLARININ AYRINTILI GÖRÜNTÜSÜ .....	II
ÖZGEÇMİŞ .....	IV

## SİMGELER VE KISALTMALAR

CAS	Chemical Abstract Service
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
D1	22 Haziran – 13 Temmuz 2020 tarih aralığı
D2	13 Temmuz – 4 Ağustos 2020 tarih aralığı
D3	4 Ağustos – 17 Ağustos 2020 tarih aralığı
D4	17 Ağustos – 10 Eylül 2020 tarih aralığı
D5	10 Eylül – 22 Eylül 2020 tarih aralığı
D6	22 Eylül - 6 Ekim 2020 tarih aralığı
D7	6 Ekim – 20 Ekim 2020 tarih aralığı
D8	20 Ekim – 3 Kasım 2020 tarih aralığı
EPA	ABD Çevre Koruma Kurumu
G1	Gelibolu 1. pasif örnekleme yeri
G2	Gelibolu 2. pasif örnekleme yeri
G3	Gelibolu 3. pasif örnekleme yeri
G4	Gelibolu 4. pasif örnekleme yeri
G5	Gelibolu 5. pasif örnekleme yeri
G6	Gelibolu 6. pasif örnekleme yeri
GC/MS	Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometresi
GC/FID	Gaz Kromatografi-Alev İyonlaşma Dedektörü
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
V/V	Hacim/Hacim

## TABLolar DİZİNİ

<b>Tablo No</b>	<b>Tablo Adı</b>	<b>Sayfa No</b>
<b>Tablo 1</b>	Temiz havada bulunan bileşikler (V/V).....	17
<b>Tablo 2</b>	Uçucu organik bileşiklerin maruziyet türüne göre sağlık etkileri...	18
<b>Tablo 3</b>	BTEX grubu bileşiklerin fiziksel özellikleri.....	20
<b>Tablo 4</b>	BTEX bileşiklerinin başlıca kaynakları ve sağlık etkileri.....	20
<b>Tablo 5</b>	BTEX grubu bileşiklerin düzeylerinin ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) araştırıldığı Türkiye’de yapılan başlıca çalışmaları .....	27
<b>Tablo 6</b>	Otoyollar ve devlet yollarının trafik dilimlerine göre 2016 – 2020 yılları arasında Gelibolu ilçesinin ortalama günlük trafik istatistikleri.....	29
<b>Tablo 7</b>	Lapseki-Gelibolu hattında 2014 -2018 yılları arasında feribot ile taşınan araç ve yolcu sayısı.....	30
<b>Tablo 8</b>	Çanakkale Boğazı'ndan 2020 yılında geçiş yapan gemilerin tiplerine ve aylara göre dağılımı.....	36
<b>Tablo 9</b>	Örnekleme noktaları hakkında zamansal ve alansal bilgiler.....	38
<b>Tablo 10</b>	BTEX bileşiklerinin kaynama noktaları ve kromatografya çıkış süreleri (dk).....	39
<b>Tablo 11</b>	GC ve TD çalışma koşulları.....	42
<b>Tablo 12</b>	Çanakkale/Lapseki hava kalitesi ölçüm istasyonunun verileri ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	43
<b>Tablo 13</b>	Çanakkale/Merkez hava kalitesi istasyon verileri ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	46
<b>Tablo 14</b>	Gelibolu meteoroloji istasyonundan alınan verilerin aylık istatistikleri.....	56
<b>Tablo 15</b>	Gelibolu’da BTX bileşikleri ve TUOB düzeylerinin zamansal değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	57
<b>Tablo 16</b>	Bu çalışmada ölçülen BTEX ve TUOB düzeylerinin Gelibolu meteoroloji istasyonundan alınan veriler ile arasındaki korelasyonlar tablosu.....	58
<b>Tablo 17</b>	Bu çalışmada ölçülen BTEX ve TUOB düzeyleri ile Çanakkale Merkez’de kurulu olan hava kalitesi ölçüm istasyonu verileri arasındaki korelasyonlar tablosu.....	59

<b>Tablo 18</b>	Bu çalışmada ölçülen BTEX ve TUOB düzeyleri ile Lapseki'de kurulu olan hava kalitesi ölçüm istasyonu verileri arasındaki korelasyonlar tablosu.....	60
<b>Tablo 19</b>	UOB düzeylerinin literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırılması ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	62



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Çanakkale ilinin ve ilçelerinin genel görünümü .....	25
Şekil 2	Otoyollar ve devlet Çanakkale'ye bağlı Gelibolu ilçesinin yol hatları .....	26
Şekil 3	Çanakkale–Eceabat/Kilitbahir ve Gelibolu- Lapseki feribot hatlarının konumu .....	28
Şekil 4	Pasif örnekleme noktaları .....	31
Şekil 5	G1 pasif örnekleme noktasının yeri .....	32
Şekil 6	G2 pasif örnekleme noktasının yeri .....	32
Şekil 7	G3 pasif örnekleme noktasının yeri .....	33
Şekil 8	G4 pasif örnekleme noktasının yeri .....	34
Şekil 9	G5 pasif örnekleme noktasının yeri .....	34
Şekil 10	G6 pasif örnekleme noktasının yeri .....	35
Şekil 11	G7 örnekleme noktasının yeri .....	35
Şekil 12	Uçucu organik bileşik örnekleme tüpü.....	37
Şekil 13	Çalışmada kullanılan Termal Desorber/Gaz Kromatografi (TD-GC/FID) cihazları.....	38
Şekil 14	Dış ortama havasından toplanan pasif örneklere ait kromatogram örneği.....	40
Şekil 15	Çevresel parametrelerin ölçümünün yapıldığı cihaz.....	41
Şekil 16	Çanakkale/Lapseki hava kalitesi ölçüm istasyonunun verilerinin örnekleme periyotlarına göre değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	44
Şekil 17	Çanakkale/Merkez hava kalitesi ölçüm istasyonunun verilerinin örnekleme periyotlarına göre değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	45
Şekil 18	Gelibolu'ya ait aylık rüzgar gülleri.....	47
Şekil 19	Gelibolu'da BTX bileşiklerinin G1 örnekleme noktasında	48



	değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	
<b>Şekil 20</b>	Gelibolu'da BTX bileşiklerinin G2 örnekleme noktasında değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	48
<b>Şekil 21</b>	Gelibolu'da BTX bileşiklerinin G3 örnekleme noktasında değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	49
<b>Şekil 22</b>	Gelibolu'da BTX bileşiklerinin G4 örnekleme noktasında değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	50
<b>Şekil 23</b>	Gelibolu'da BTX bileşiklerinin G5 örnekleme noktasında değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	50
<b>Şekil 24</b>	Gelibolu'da BTX bileşiklerinin G6 örnekleme noktasında değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	51
<b>Şekil 25</b>	Gelibolu'da BTX bileşiklerinin G7 örnekleme noktasında değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	52
<b>Şekil 26</b>	Benzen konsantrasyonunun örnekleme periyotlarına göre değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	52
<b>Şekil 27</b>	Toluen konsantrasyonunun örnekleme noktasına göre değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	53
<b>Şekil 28</b>	Ksilenlerin konsantrasyonunun örnekleme noktasına göre değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	53
<b>Şekil 29</b>	TUOB konsantrasyonunun örnekleme periyotlarına göre değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	54
<b>Şekil 30</b>	Gelibolu'da 22 Haziran – 3 Kasım 2020 tarihleri arasında TUOB bileşiklerinin mekânsal değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).....	54

## BİRİNCİ BÖLÜM

### GİRİŞ

Çanakkale'nin Gelibolu ilçesinde halihazırda hava kirliliğini belirlemeye yönelik herhangi bir ölçüm çalışması yapılmamıştır ve sabit veya mobil hava kalitesi ölçüm istasyonu da bulunmamaktadır. Çanakkale'nin Gelibolu ilçesinden Lapseki İlçesine çift yönlü olarak feribot taşımacılığı günlük olarak farklı sefer saatlerinde ve sıklığında yıl boyunca yapılmaktadır. Özellikle yaz aylarında feribot iskeleleri etrafında araç yükleme sırası nedeniyle karasal trafik de oldukça yoğun olmaktadır. Çanakkale merkez ilçesinden Kilitbahir/Eceabat güzergahına feribot ile taşınan araçların (otomobil, motosiklet, kamyonet, minibüs vb.) aksine, Gelibolu-Lapseki hattında feribotla taşınana araç tipleri büyük çoğunlukta ağır tonajlı araçlardır (tır, kamyon, büyük otobüs vb.). Ayrıca, Gelibolu-Lapseki hattında feribotlar ile taşınan araç sayıları, Çanakkale merkez- Kilitbahir/Eceabat hatlarındaki feribotlar ile taşınan araçların sayısından 35 kat daha fazladır (Gelibolu, 2018). Bu nedenle, çalışma bölgesi olarak deniz trafiğine bağlı karasal trafiğin de çok yoğun olduğu Gelibolu bölgesi seçilmiştir. Trafik ile ilişkilendirilen en önemli hava kirleticilerden olan Uçucu Organik Bileşikler (UOB), trafiğin hava kalitesine olan etkisini belirlemede sıklıkla ölçülen bir kirleticidir.

Yürütülen bu çalışmanın temel amaçları;

- Gelibolu iskele ve çevresinde atmosferdeki UOBlerin türlerinin belirlenmesi,
- UOBlerin meteorolojik parametrelerle ilişkisini belirlenmesi,
- UOBlerin trafik yoğunluğuna göre seçilen örnekler noktasında mekânsal ve zamansal değişiminin belirlenmesidir.

Pasif UOB örnekleri termal desorber (TD) ve gaz kromatografi-alev iyonlaşma dedektörü (GC-FID) ile standart solüsyonlara göre yapılan kalibrasyon çalışmalarına göre ( $r^2 > 0.99$ ) analiz edilerek nitel ve nicel olarak belirlenmiştir. Tez çalışmasında hedef kirletici grubu; benzen, toluen, *o,m,p*-ksilenler (BTX) ile *n*-hegzan ( $C_6$ ) ile *n*-hegzadekan ( $C_{16}$ ) arasındaki organik bileşiklerin tamamını kapsayan toplam uçucu organik bileşiklerdir (TUOB). UOB tür ve düzeyleri meteorolojik parametreler ve halihazırda Lapseki ve

Merkez İlçe’de kurulu halde olan hava kalitesi ölüm istasyonu sonuçları ile karşılaştırılarak istatistiksel güven seviyesinde ( $p<0,05$ ) değerlendirmesi yapılmıştır.

## **1.1. Genel Bilgiler**

### **1.1.1. Hava Kirliliği**

Hava kirliliği dünya çapında en önemli sağlık risklerinden biri olarak görülmektedir. Hava kirliliğine maruz kalmanın sonuçları uzun vadede ölümcül, metabolik riskler yaratmak ve sağlık açısından dikkate alındığında sigaradan sonra dördüncü sırada yer almaktadır (Güler vd., 2015). Dünya Sağlık Örgütü’nün 2013 yılında yayınladığı raporda hava kirliliği ile kanser ilişkilendirilmiştir ve öncelikli çalışılması gereken alan olarak gösterilmiştir (WHO, 2013).

Tüm dünyada büyük bir çevre problemi olan “Hava Kirliliği” teriminin literatürde birden çok tanımı bulunmaktadır. Günümüzde modern yaşamın bir sonucu olarak ortaya çıkan hava kirliliği; katı, sıvı ve gaz şeklindeki maddelerin hem çevre hem de insan sağlığına zarar verebilecek konsantrasyonda ve sürede bulunması olarak tanımlanmaktadır (Alkan, 2018). Hava kirliliği; atmosferde doğal formda bulunan bileşiklerin farklı kaynaklara maruz kalındığında değişmesi veya bozulması ve bunun sonucunda havada istenmeyen kirlleticilerin konsantrasyonlarının artması ve yoğunlaşması olarak tanımlanmaktadır (Müezzinoğlu, 2000). Amerikan Çevre Koruma Ajansına (EPA) göre hava kirliliği; atmosferdeki kirleticiler maddelerin hem insan refahına zarar verecek hem de farklı çevresel etkileri meydana getiren bir olay olarak tanımlanmaktadır (EPA, 2021).

Atmosferde oluşan gazlar iki grupta incelenmekte olup; Tablo 1’de gösterilen atmosferde var olan ve oranları değişmeyen % 78 azot ( $N_2$ ), %21 oksijen ( $O_2$ ); geriye kalan %1’lik kısımda serbest halde dolaşan gazlar (hidrojen, helyum, argon, neon vb.), ikinci grup ise; atmosferde var olan ancak konsantrasyonları bakımından değişkenlik gösterenler karbondioksit ( $CO_2$ ) ve su buharı ve diğer hava kirleticilerdir (Müezzinoğlu, 2000).

Tablo 1

Temiz havada bulunan bileşikler (V/V)

(Müezzinoğlu, 2000)

Hava Bileşenleri	% Oranları	ppm
N <sub>2</sub>	78,084 ± 0,004	780800
O <sub>2</sub>	20,9546 ± 0,002	209546
CO <sub>2</sub>	0,033 ± 0,001	330
CH <sub>4</sub>	-	1,2
NO <sub>2</sub>	-	0,02
O <sub>3</sub>	-	0,01-0,04

## 1.2. Hava Kirliliği Kaynakları

Hava kirliliği kaynakları antropojenik ve doğal kaynaklar olarak iki gruba ayrılmaktadır. Antropojenik (insan kaynaklı) kaynaklar doğal kaynaklara kıyasla daha çok önem arz etmektedir. Çünkü artan endüstriyelleşme, kentleşme ve trafik yükünün artması sonucu olarak dünya çapında ciddi bir halk sorunu haline gelmiş ve karayolu trafiği uzun zamandır kentsel hava kirliliğine ciddi boyutlarda etki ettiği düşünülmektedir (Ghaffari vd., 2021; Harrison vd., 2021). Bu doğrultuda Antropojenik kaynaklar, ulaşım (karayolu trafiği/motorlu taşıtlar), endüstriyel ve evsel amaçlı ısınma ve güç santralleridir. Doğal kaynaklar ise çöl tozları, orman yangınları, biyojenik faaliyetler ve volkanik patlamalar gibi fiziksel aktivite sonucunda çevreye farklı kirletici yayabilse de antropojenik kaynaklar çevresel açıdan hava kirliliğinin başlıca nedenlerindedir (Alkan, 2018).

Atmosferdeki temel değişiklik, ilk olarak ulaşım, evsel ve enerji üretimi için kullanılan fosil yakıtların yanmasından kaynaklanmaktadır. Hava kirleticileri; reaksiyon özellikleri, uzun/kısa mesafede taşınabilme özellikleri, çevrede kalıcılığı, emisyon değerleri ile insan, bitki ve hayvan sağlığı üzerinde nihai etkileri bakımından çeşitlilik göstermektedir (Kampa vd., 2018).

### 1.3. Hava Kirleticileri

#### 1.3.1. Uçucu Organik Bileşikler (UOB)

Atmosferde hem insan, hem de çevre açısından toksik olarak bulunan inorganik ve organik kirleticilere ek olarak, çeşitli kaynaklardan salınan UOBler de hava kirletici olarak gözlenmektedir (Lewis, 2018). UOBler, 50-260 °C kaynama noktasında olan yüksek buhar basınçlı organik kirletici grubudur (Dalkiliç, 2019). Ayrıca insan sağlığını, günlük yaşamı, atmosferik görünürlüğü de etkilemektedir (Gao vd., 2012). UOBlerin sağlık etkileri Tablo 2’de özetlendiği üzere genellikle solunum sistemi hastalıklarıdır.

Tablo 2

Uçucu organik bileşiklerin maruziyet türüne göre sağlık etkileri

Maruziyet türü	Sağlık etkisi	Kaynak
Akut	baş ağrısı, bulantı, göz, burun ve boğaz tahrişi, astım gibi solunum hastalıkları	Darçın ve Balanlı (2018) Taner ve Özdemir (2012) Tokgöz (2019)
Kronik	böbrek hastalıkları, sinir sistemi sorunları, kanser ve karaciğer hastalıkları	Demir (2011)

##### 1.3.1.1 Benzen

Benzen; motorlu taşıt egzozları, petrol istasyonları, kömür ve petrol yanmasından kaynaklı olarak havada bulunmaktadır. Kısa süreli yan etkiler arasında tahriş, burun ve boğaz rahatsızlığı, uykusuzluk, kısa süreli hafıza bozukluğu, baş ağrısı, cilt sorunları, mide bulantısı, yorgunluk ve baş dönmesi bulunur. Benzen'e uzun süre maruz kalmak genotoksisite, hematotoksisite, çeşitli kanserlerle üreme etkileri, koordinasyon kaybı, akciğer kanseri, anemi, lösemi ve karaciğer, böbrek ve merkezi sinir sistemi hasarı gibi daha olumsuz etkilere neden olabilir Atmosferdeki ana benzen kaynağı, benzinle çalışan arabaların emisyonudur (Skov vd., 2001). Benzen, BTEX arasında en tehlikeli bileşik olarak kabul edilir ve Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı (IARC) ve Birleşik Devlet

Çevre Koruma Ajansı (USEPA) tarafından sırasıyla Grup 1 ve Sınıf A insan kanserojen olarak sınıflandırılmıştır (Garg vd., 2019).

### 1.3.1.2 Toluen

Toluen (metilbenzen) aromatik bir hidrokarbondur ve dünyanın her yerindeki toplumlarda her yerde bulunan bir çözücüdür. Birçok boya, cila, yapıştırıcı, yapıştırıcı, mürekkep ve temizleme sıvısının bir bileşeni olan toluen ayrıca kauçuk ve kereste endüstrilerinde ve kuru temizleme, motor, havacılık ve kimya endüstrilerinde bir temizleme ve kurutma maddesi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Filley vd., 2004). Toluen bileşenine buhar maruziyetinden kaynaklanan akut doza bağlı toksisite rapor edilmiş olup tolüenin kötüye kullanımı veya mesleki maruziyeti ölümlerle sonuçlanabilmektedir (Davidson vd., 2021).

### 1.3.1.3 Ksilenler

Ksilenler (*o,m,p*), endüstride ve tıp teknolojisinde solvent olarak yaygın olarak kullanılan aromatik bir hidrokarbondur. Petrol, kömür ve odun katranında doğal olarak bulunan renksiz, tatlı kokulu bir sıvı veya gazdır. Ksilen (*o,m,p*) baskı, kauçuk, boya ve deri endüstrilerinde solvent olarak kullanılmaktadır. Uçak yakıtında, benzinde ve sigara dumanında az miktarda bulunur (Kandyala vd., 2010). Mesleki maruziyetin yanı sıra, insan temasının ana yolu, petrol ürünleri içeren sızan yeraltı depolama tanklarından kaynaklanan toprak kirliliğidir. Ksilen, diğer kimyasallara dönüşmeden önce aylarca veya daha fazla kalabileceği toprağa, yüzey suyuna veya yeraltı suyuna sızabilir. Bununla birlikte, kolayca buharlaştığı için çoğu havaya karışır ve güneş ışığı tarafından daha az zararlı kimyasallara parçalanır (Fay vd., 2007). Ksilene maruz kalma, solunum, yutma, göz veya cilt teması yoluyla gerçekleşebilir. Öncelikle karaciğerde bir metil grubunun oksidasyonu ve idrarla atılan metil hippurik asit vermek üzere glisin ile konjugasyon yoluyla metabolize edilir (Ogata vd., 1970).

Tablo 3’de verilen BTEX grubundaki bileşiklerin fiziksel özellikleri verilmektedir. BTEX bileşikleri, merkezi sinir hasarları ve solunum rahatsızlıklarına yol açtığı için insan sağlığı açısından önem arz etmektedir (Cao vd., 2016). Tablo 4’den görüldüğü üzere,

BTEXlerin başlıca kaynakları; motorlu taşıtlar, benzin üretimi ve buharlaşması, boyalar, temizlik malzemeleri, endüstriyel/kimyasal prosesler, yakıtlar ve egzoz emisyonlarıdır ve çeşitli sağlık etkilerine yol açmaktadır.

Tablo 3

BTEX grubu bileşiklerin fiziksel özellikleri

(Atamaleki vd., 2022)

Bileşikler	Formül	Molekül Ağırlığı (g/mol)	Buhar Basıncı (25 °C'de mm Hg)
Benzen	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	78,11	95,2
Toluen	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	92,15	28,4
Etil Benzen	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106,16	9,53
Ksilenler (o,m,p)	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106,16	6,72*

\*21 °C için buhar basıncı

Tablo 4

BTEX bileşiklerinin başlıca kaynakları ve sağlık etkileri

Bileşik	Kaynakları	Sağlık Etkileri		Kaynak
<b>Benzen</b>	Kömür yakılması, motorlu taşıtlar, benzinin buharlaşması, solventler ve boyalar	Akut	Baş dönmesi/ağrısı, yorgunluk, göz tahrişi, bilinç kaybı	Alyüz ve Sevil, 2006
		Kronik	Kan hücrelerinde azalış	
<b>Toluen</b>	Benzen üretilmesi, boyalar, kokular, temizlik malzemesi, kaplamalar ve yapıştırıcı	Halsizlik, baş dönmesi, bulantı/kusma gibi belirtiler, el-göz tahrişleri		ÇŞB, 2016
<b>Etilbenzen</b>	Kimyasal üretimler, yakıtlar ve solventler	Akut	Boğaz tahrişleri, nörolojik rahatsızlar	Tecer vd., 2017
		Kronik	Karaciğer, böbrek rahatsızlıkları	
<b>Ksilenler</b>	Endüstriyel tesisler, egzoz emisyonları ve solventler	Burun, göz tahrişleri, nefes ile ilgili problemler, koordinasyon bozuklukları		Demirel ve Ateş, 2010

## İKİNCİ BÖLÜM

### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

#### 2.1. Literatür Taraması

Son yıllarda UOBlerin antropojenik kaynaklarından olan motorlu taşıtların hava kalitesine etkileri hem ülkemizde, hem de Dünyada önem verilen araştırma konularından biridir.

##### 2.1.1. UOB Düzeylerini Türkiye’de Araştırıldığı Çalışmalar

Ülkemizde UOB düzeylerini belirlemeye yönelik olarak yapılan çalışmaların başlıcaları Tablo 5’de verilmektedir. Tamamı kentsel ortamlarda yapılan bu çalışmaların temel bulguları aşağıda özetlenmiştir:

Ankara’da UOB konsantrasyonları yol kenarı, yerleşim bölgesi ve arka plan olmak üzere üç farklı bölgede farklı mevsimlerde incelenmiştir. Konsantrasyonların ortalama değerleri, toluen için  $13,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve benzen için  $12,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak gözlenmiştir. Ankara’da trafik akışı ile ilişkilendirilerek, yol kenarında UOB düzeyleri, diğer iki bölgeye göre oldukça yüksek olduğu belirtilmiştir (Kuntasal vd., 2013). İzmir’in havasındaki BTX düzeylerinin, diğer şehirlere göre oldukça yüksek olduğu ve taşıt emisyonlarından kaynaklı olarak en çok gözlenen UOB türlerinin sırasıyla toluen, ksilen, benzen ve alkilbenzen (etilbenzen, 1,3,5-trimetilbenzen, 1,2,4-trimetilbenzen) bileşikleridir (Muezzinoglu vd., 2001). Bursa atmosferinde yapılan bir çalışmada, havadaki UOB düzeylerinin zamansal değişim gösterdiği; trafiğin yoğun olmasına bağlı olarak hafta içi günlerde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ancak, Bursa şehir merkezinde UOB seviyelerini etkileyen pek çok kaynak türünün mevcut olduğu da vurgulanmıştır (Yurdakul vd., 2018). Ankara Üniversitesinde kampüsünde yaklaşık olarak 30 farklı UOB türünün düzeyleri araştırılmıştır. Konsantrasyon açısından benzen  $2,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , toluen  $7,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , etilbenzen  $0,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve Ksilenler (*o,m,p*)  $2,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür (Yurdakul vd., 2013). Düzce’de yürütülmüş bir çalışmada UOB düzeylerinin mekânsal ve mevsimsel değişimi



araştırılmıştır. En önemli kirlilik kaynağı trafik olarak gösterilirken; özellikle benzinli – dizel motorlu taşıtların UOB emisyonlarını etkilediği vurgulanmıştır (Bozkurt vd., 2018).

Tablo 5

BTEX grubu bileşiklerin düzeylerinin ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) araştırıldığı Türkiye’de yapılan başlıca çalışmaları

Lokasyon	Benzen	Toluen	Etilbenzen	Ksilenler	Kaynak
Ankara	12,6	13,1	-	-	Kuntasal vd., 2013
İzmir	55,9	104,8	37,4	83,0	Muezzinoglu vd., 2001
İzmir	3,3	15,4	3,7	7,5	Elbir vd., 2007
Bursa	40,1	949	79	226	Yurdakul vd., 2018
Düzce	0,7-4,9	0,4-10,7	0,1-2,1	0,2-5,0	Bozkurt vd., 2018
Ankara	2,2	7,9	0,9	2,6	Yurdakul vd., 2013
Çanakkale (Merkez)	2,4	7,0	-	5,5	Mentese ve Akca, 2020
(Kilitbahir)	3,2	7,6	-	5,2	

### 2.1.2. UOB Düzeylerinin Diğer Ülkelerde Araştırıldığı Çalışmalar

Brezilya’nın Salvador şehrinde BTEX bileşiklerinin konsantrasyonları tespit edilmiş olup, temel kaynaklarının trafik emisyonu olduğu belirlenmiştir. Mevsimsel açıdan kuru dönemde BTEX seviyelerinin yağışlı döneme göre daha düşük olarak gözlemlendiği; BTEX bileşiklerinin oransal olarak her iki mevsimde birbirine benzer olduğu; toluen en büyük konsantrasyona sahip tür olurken ( $\geq\%40$ ), etilbenzenin ise en seyreltik tür olduğu ( $\leq\%13$ ) hesaplanmıştır. Trafiğin BTEX emisyonlarına olan katkısı dikkate alınarak,

Salvador şehrinde araç emisyonlarını kontrol etmek için etkili bir mevzuatın çıkarılması önerilmiştir (Cruz vd., 2020).

Uçucu organik bileşikler ozon oluşumunda önemli bir rol oynamaktadır. Avrupa'da ekonominin gelişmesi ve Alp bölgesinde karayolu ve tünel inşaatı nedeniyle, trafiğin artması ve dolayısıyla uçucu organik bileşiklerin belirgin bir şekilde arttığı gözlenmiştir. En önemli emisyon kaynağının Alplerin kuzey ve güney taraflarını birbirine bağlayan Mesolcina vadisindeki otoyolda ölçüldüğü; Vadinin 2000 m'nin üzerindeki yüksekliğinde önemli artışın gözlemlendiği; trafik emisyon faktörü göz önüne alındığında ise 3500 m yükseklikte trafik kaynaklı UOB emisyonlarında artış olduğu belirlenmiştir. Bu durum; ilerde trafiğin artması ile UOB seviyelerinin artışına ve buna bağlı olarak ise ozon seviyelerinde de paralel olarak artış olacağına işaret etmektedir (Prévôt vd., 2000). Yunanistan'ın Ioannina şehrinde yapılan bir çalışmada BTX bileşikleri yüksek trafik yoğunluğunun fazla olduğu saatlerde daha yüksek olarak ve benzen seviyeleri 75 - 110  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında gözlenmiştir. Düşük trafik yoğunluğu olan bölgelerde ise benzen seviyesi 20 - 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında olarak ölçülmüştür (Pilidis vd., 2005).

Vietnam'da yürütülen bir çalışmada, yüksek ve düşük trafik hacmine sahip iki bölge ile endüstriyel bir araziden geçen yüksek trafik hacmine sahip üçüncü bir bölgede UOB düzeyleri ölçülmüştür. En yüksek düzeylere yüksek trafik hacimli endüstriyel bölgede rastlanırken; hafta içi yoğun saatlerde BTEX seviyelerinin yoğun olmayan saatlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu oran BTEX türleri için şöyledir: benzen %67, toluen %52, etilbenzen %58, *m,p*-ksilen % 54 ve *o*-ksilen % 53 olarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda Vietnam'da UOB kirlilik düzeyini azaltmak için uygun trafik yönetimi ve araç emisyon kontrollerinin uygulanması önerilmiştir (Truc ve Oanh, 2007). Tayvan Kaohsiung'daki üç yeraltı (deniz altı) tüneline UOB düzeyleri araştırılmıştır. Liman tüneline *m,p*-ksilen yüksek seviyelerde ölçülmüştür. Tüneller arasındaki UOB seviyeleri trafik ve araç dağıtımını nedeniyle yüksek gözlenmiştir. Ayrıca araçların türlerinin dağılımı ve araç yaşı gibi diğer faktörlerin de UOB konsantrasyonlarına etkisi olduğu belirtilmektedir (Chen vd., 2003).

Hong Kong'da BTEX bileşiklerinin nüfus ve trafik yoğunluğuna göre 5 farklı bölgede araştırıldığı bir çalışmada, kentsel alanlarda yüksek düzeylerde benzen ve toluenin otomobillerden atmosfere yayıldığı belirlenmiştir (Lee vd., 2002). Çin'deki birçok şehirde hava kirliliğinin önemli bir kaynağı kentsel trafik emisyonlarıdır. Pekin'de 2008 Olimpiyat oyunları zamanında 132 yol bağlantısı olan bölgelerde kentsel trafiğin şehir içinde UOB düzeylerine etkisi araştırılmıştır (Zhou vd., 2010). Olimpiyatlar sırasında şehir merkezinde trafik yoğunluğu oluşmaması için çeşitli önlemlerin alınmış olması, motorlu taşıtlardan kaynaklı UOB emisyonlarında %55 oranında azalmaya yol açmıştır (Zhou vd., 2010). Çin'in doğusunda, Pekin ve Şangay arasında bulunan Jinan bölgesi yoğun trafiğe maruz kalmaktadır. BTEX grubunun ana kaynağı otomobil egzozu olarak gösterilmiştir ve en yüksek UOB düzeyleri yaz mevsiminde gözlenmiştir (Wang vd., 2016). Şanghay'da 15 ana yol ve üç örnekleme alanında gerçekleştirilen bir çalışmada, 2006-2010 yılları arasında Şanghay'da ölçülen UOBlerin; yağış ve rüzgâr yönü gibi meteorolojik koşullardan büyük ölçüde etkilendiği gösterilmiştir. Trafik yoğunluğunun ve insan faaliyetlerinin, örnekleme sahalarındaki UOB emisyonlarını büyük ölçüde etkilemesi nedeniyle UOB konsantrasyonları hafta içi günlerde, hafta sonuna göre daha yüksek olarak gözlenmiştir (Cai vd., 2010). Çin'in kuzeydoğusunda bulunan Changchun'da trafikten kaynaklı UOBlerin araştırıldığı bir çalışmada, şehir merkezlerinde UOB seviyeleri kırsal alandaki seviyelerden yaklaşık olarak dört kat fazla gözlenmiştir. Ayrıca, UOB düzeylerini kışın yüksek ve ilkbaharda daha düşük olduğu belirlenmiştir (Liu vd., 2000).

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Çalışma Alanı

Marmara Bölgesi'nde bulunan ve Çanakkale iline bağlı olan Gelibolu ilçesi,  $40^{\circ} 27' 44.3880''$  enlem ve  $26^{\circ} 37' 54.3000''$  boylamlarında ve deniz seviyesinden 100 metre yüksekte yer almaktadır (bkz. Şekil 1). Gelibolu, tarihi ve doğal güzellikler açısından zengin bir ilçedir. Avrupa kıtasının güneydoğusundaki son kara parçası olan Gelibolu, Çanakkale Boğazı ile Saros Körfezi arasında yer almaktadır. Karayolu, feribot ve havayolu ile kolaylıkla ulaşım sağlanabilen Gelibolu, özellikle hafta sonları çok sayıda turisti ağırlamaktadır. Ayrıca, Gelibolu'nun boğaz üzerinden Lapseki ilçesine komşuluğu bulunmaktadır (Gelibolu Belediyesi, 2020). Gelibolu'nun 2020 yılı verilerine göre güncel nüfusu 43.581 kişidir (TÜİK, 2021). Ege ve Trakya iklimleri arasında değişkenlik göstermektedir. Bölgenin kuzeyinde bulunan Korudağı dolayı şiddetli olan Trakya ikliminin etkilerini azaltmaktadır. Ayrıca Çanakkale Boğazına kıyısı olduğu için yılın ortalama dört ayında rüzgarlı hava hakim olduğu için ilkbahar mevsimi kısa sürelidir (Akbulak vd., 2008).



Şekil 1. Çanakkale ilinin ve ilçelerinin genel görünümü

Türkiye genelindeki toplam taşıt sayıları ile 2018 yılında 22.865.921 iken 2020 yılında 23.854.820 olarak kaydedilmiştir. TÜİK verilerine göre Çanakkale ilindeki toplam taşıt sayısı 2018 yılında 228.830 iken, 2020 yılında 237.795 olarak kaydedilmiştir.

Şekil 2’de Gelibolu ilçesine bağlanan 4 ana yol hattı görülmektedir. 1.yol hattı; İstanbul ve civarı, 2. yol hattı; Eceabat ve Kilitbahir (Çanakkale’nin ilçeleri), 3. yol hattı; Bursa ve civarı ve 4. yol hattı; İzmir ve civarından gelenlerin kullandığı güzergâhlardır. Bu doğrultuda Tablo 6’de otoyollar ve devlet yollarının trafik dilimlerine göre 2016 – 2020 yılları arasında Çanakkale’ye bağlı Gelibolu ilçesinin ortalama günlük trafik istatistikleri yer almaktadır. Gelibolu’nun 1. yol hattında kamyon + römork, çekici + yarı römork ve kamyon sayıları diğer yol hatlarından oldukça fazladır. Otomobil sayıları açısından ise en 4. yol hattının ve sonrasında 1. yol hattının en yoğun güzergahlar olduğu belirlenmiştir.



Şekil 2. Çanakkale’ye bağlı Gelibolu ilçesinin yol hatları (KGM,2021)

Şekil 3’de Çanakkale Boğaz hattında yoğun olarak kullanılan Çanakkale – Eceabat/Kilitbahir ve Gelibolu – Lapseki feribot hat güzergahları gösterilmiştir. Gelibolu – Lapseki hattında feribot ile taşınan otomobil, tır, kamyon, kamyonet ve otobüs sayılarının Çanakkale –Eceabat/Kilitbahir hattından üç kat daha fazla olduğu ve ağır tonajlı araçların sayısının ise ortalama 35 kat daha fazla olduğu belirtilmiştir (GESTAŞ, 2018). 1 Eylül 2021 yılı itibari ile Çanakkale – Eceabat ve Çanakkale – Kilitbahir hattında ağır tonajlı araçların (tır, kamyon, kamyonet vb.) geçişleri yasaklanmış olup, bu tür araçların Gelibolu

– Lapseki hattını kullanma zorunluluğu gelmiştir (Gemi Seferleri, 2021). Bu nedenle, Gelibolu – Lapseki hattındaki ağır vasıtalı araç sayılarında artış olacağı düşünülmektedir.

Tablo 6

Otoyollar ve devlet yollarının trafik dilimlerine göre 2016 – 2020 yılları arasında Gelibolu ilçesinin ortalama günlük trafik istatistikleri

(KGM, 2021)

Yıl	Yol Hattı	Toplam	Diğer*	Kamyon	Otobüs	Orta Yüklü Ticari	Otomobil
<b>2020</b>	1	9690	1556	640	162	556	6776
	2	5196	2417	224	50	461	4215
	3	5903	1186	331	125	381	3880
	4	8910	780	413	114	605	6997
<b>2019</b>	1	10362	1370	565	217	594	7616
	2	5653	237	276	122	522	4496
	3	6456	1114	341	153	418	4430
	4	9401	738	422	167	630	7444
<b>2018</b>	1	9666	1231	425	230	583	7197
	2	5034	138	242	132	480	4042
	3	6330	1014	310	182	432	4392
	4	9563	738	459	190	635	7541
<b>2017</b>	1	9112	1134	569	222	440	6747
	2	4285	84	246	135	369	3451
	3	6029	900	413	183	333	4200
	4	9232	760	575	183	502	7212
<b>2016</b>	1	8565	987	613	234	300	6431
	2	4312	60	294	171	330	3457
	3	5345	722	453	178	221	3771
	4	8450	678	676	177	340	6579

\* Kamyon, römork, çekici ve yarı römork



Şekil 3. Çanakkale –Eceabat/Kilitbahir ve Gelibolu - Lapseki feribot hatlarının konumu

Gelibolu feribot iskelesi konumu itibariyle hem İzmir'den İstanbul'a, hem de Ankara-Bursa'dan İzmir'e gidiş güzergahı üzerindedir. Özellikle yaz aylarında ve tatillerde büyük şehirlerden gelenlerin sıkça tercih ettiği deniz yolu hattı olduğundan, Gelibolu – Lapseki feribot sırasında araçlar iskele ve civarında trafik yoğunluğuna sebep olmaktadır. Tablo 7'de, Gelibolu-Lapseki hattında feribot ile taşınan araç ve yolcu sayıları 2015 ile 2018 yılları arasında aylık olarak gösterilmiştir. 2015-2018 yıllarında bu hat ile en çok taşıma sırasıyla Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında olmuştur (Atay vd., 2019).

Tablo 8'da 2020 yılında Çanakkale Boğaz'ından geçiş yapan gemilerin tiplerine ve aylara göre dağılımı verilmiştir. 2020 yılında toplam gemi sayısı 42.036 iken; Haziran ayında 3.202 adet; Temmuz ayında 3.466; Ağustos ayında 3.387; Eylül ayında 3.582; Ekim ayında 3.836 ve Kasım ayında toplam gemi sayısı 3.585 adettir.

Tablo 7

Lâpseki-Gelibolu hattında 2015 -2018 yılları arasında feribot ile taşınan araç ve yolcu sayısı

(Atay vd., 2019)

Ay	Yıllar							
	2015		2016		2017		2018	
	Araç	Yolcu	Araç	Yolcu	Araç	Yolcu	Araç	Yolcu
1	50597	175271	58560	171,019	59762	142872	49798	128418
2	48114	159118	59155	178858	68869	159638	63473	102711
3	61045	182209	67328	199329	83316	193330	74979	121770
4	68670	207130	77737	236202	87724	208345	82805	128026
5	56433	260201	92908	257868	100956	228986	85684	130867
6	91019	287898	88998	239173	107504	230462	94292	147440
7	126510	356052	135568	302321	118386	237982	113558	176921
8	126510	356052	135568	302321	118386	237982	112418	176921
9	118523	350765	128131	280873	108154	217320	94840	171596
10	82730	262137	93602	232211	83152	174569	79295	154582
11	68674	191765	80339	182863	74838	156939	-	-
12	63884	186551	70924	170065	67104	133953	-	-
<i>Toplam</i>	<i>974917</i>	<i>2999858</i>	<i>1094030</i>	<i>2741827</i>	<i>1077827</i>	<i>2317701</i>	<i>861142</i>	<i>1480634</i>



Tablo 8

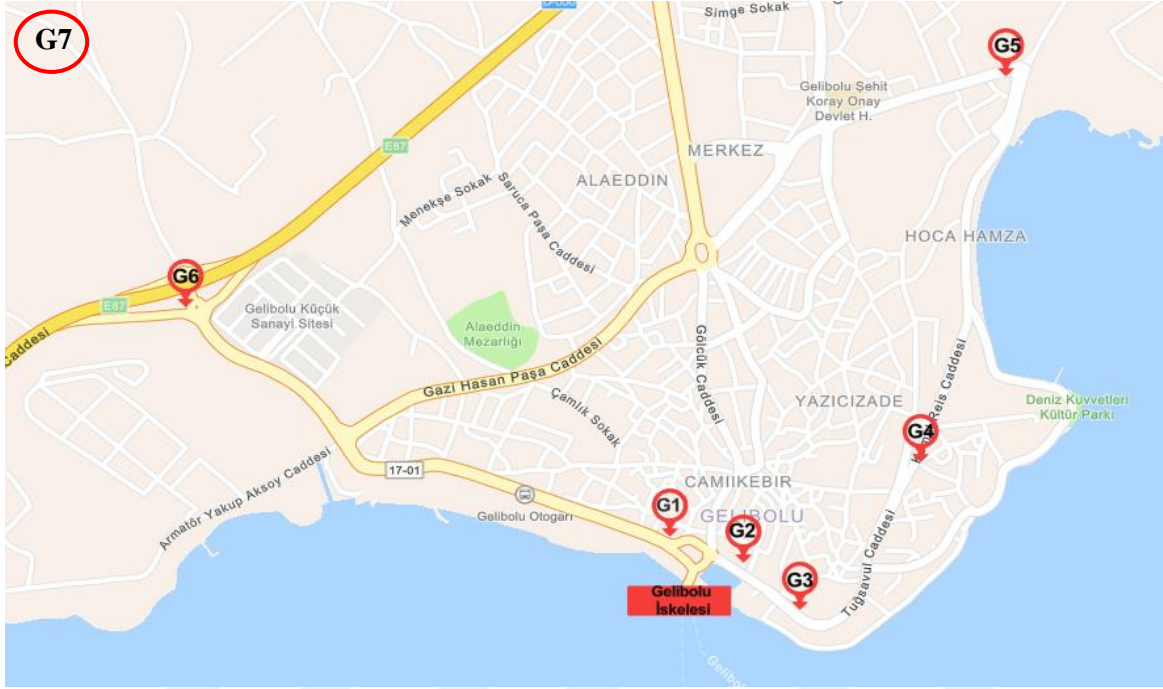
Çanakkale Boğazı'ndan 2020 yılında geçiş yapan gemilerin tiplerine ve aylara göre dağılımı  
(UAB, 2021)

Gemi tipi/Ay	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Toplam
Barç	5	7	2	11	4	14	<b>109</b>
Dökme Yük Gemisi	601	759	797	802	860	782	<b>9.170</b>
Çimento Gemisi	1	2	4	2	1	1	<b>17</b>
Konteyner Gemisi	410	443	423	415	442	461	<b>5.219</b>
Feribot	0	2	3	2	2	5	<b>26</b>
Genel Kargo Gemisi	1.120	1.146	1.150	1.280	1.321	1.197	<b>14.197</b>
Canlı Hayvan Taşıyan Gemi	41	57	42	42	63	64	<b>593</b>
Savaş Gemisi	21	24	12	15	25	25	<b>211</b>
Yolcu Gemisi	1	1	0	5	2	3	<b>26</b>
Frigorifik Gemi	8	4	5	3	12	10	<b>76</b>
Ro-ro Gemi	113	134	136	139	166	174	<b>1.649</b>
Türü Belirtilmemiş Tanker	434	441	414	458	483	435	<b>5.644</b>
Kimyasal Yük Taşıyan Tanker	264	257	238	215	257	242	<b>3.057</b>
Sıvılaştırılmış Doğalgaz Taşıyan Tanker	7	6	7	7	6	8	<b>129</b>
Sıvılaştırılmış Petrol Gazı Taşıyan Tanker	39	64	44	41	48	43	<b>542</b>
Römorkör	33	28	32	37	19	0	<b>306</b>
Araç Taşıyan Gemi	41	41	27	48	47	44	<b>498</b>
Diğer	63	50	51	60	78	77	<b>567</b>
<b>Toplam</b>	<b>3.202</b>	<b>3.466</b>	<b>3.387</b>	<b>3.582</b>	<b>3.836</b>	<b>3.585</b>	<b>42.036</b>

### 3.2. Örnekleme Noktaları ve Örnekleme Programı

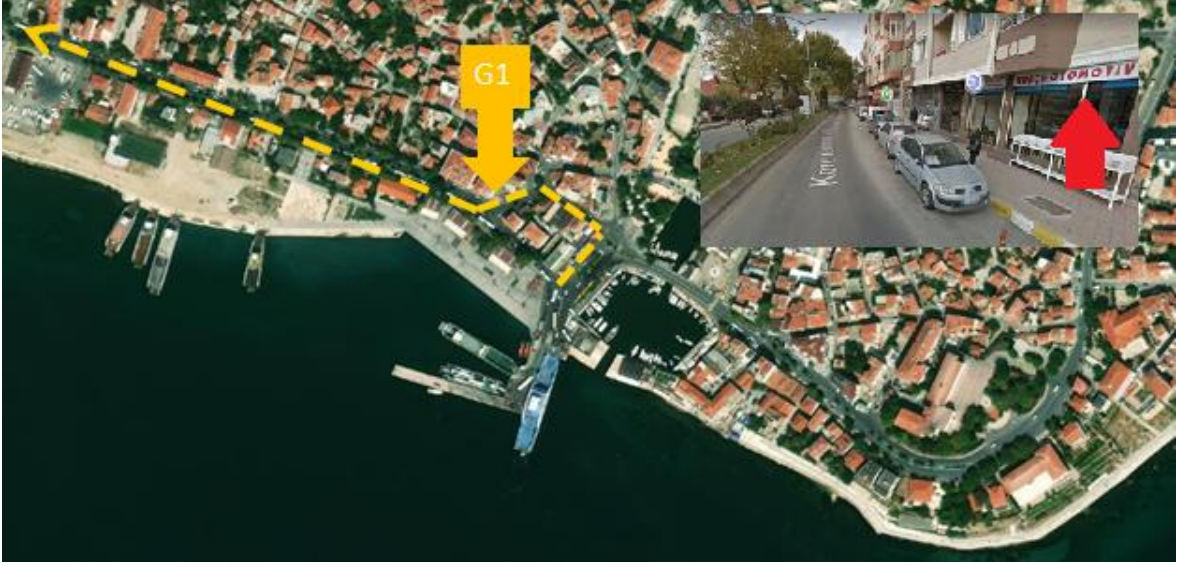
Örnekleme noktaları; Gelibolu'nun yerleşim yoğunluğu ile kara ve deniz trafik yoğunluğu gibi faktörler göz önüne alınarak seçilmiştir. Şekil 4'de gösterilen 7 pasif örnekleme noktasının 6 tanesi kent içinde (G1 - G6) ve 1 tanesi arka plan (G7) olarak belirlenmiştir. Çalışma boyunca toplam 54 pasif UOB örneği toplanmıştır. Gelibolu

iskelesinden iki ayrı yol ayrımı olup birincisi şehir içine “batıya doğru” giden yol, ikincisi ise iskeleden inen ağır vasıta (kamyon, tır, tanker vb.) ve otomobillerin ilerlediği “doğuya doğru” giden yol ayrımına sahiptir.



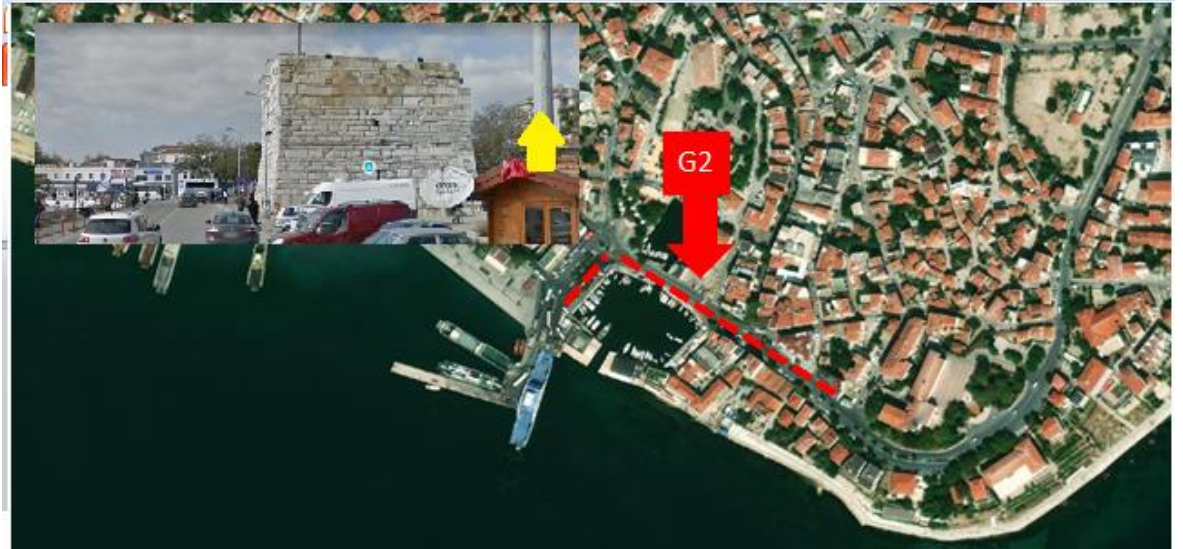
Şekil 4. Pasif örnekleme noktaları

G1 noktası iskeleden batıya doğru ayrılan yol ayrımında bulunmaktadır (bkz. Şekil 5). Bu örnekleme noktası Eski PTT caddesini Kore Kahramanlar caddesine bağlayan noktada bulunan ve çevre yoluna doğru giden güzergâhta olduğu için, otomobil ve ağır vasıtaların tercih ettiği yoldur. Günün belli saatlerinde (öğle ve akşamüstü) trafik yoğunluğu çok fazla olabilmektedir. G1 noktası şehir içi trafiğine yakındır ve yol güzergâhında park halinde araçlar bulunabilmektedir.



Şekil 5. G1 örnekleme noktasının yeri

G2 noktası iskeleden doğu yönüne doğru ayrılan yol ayrımında bulunmaktadır (Şekil 6). G2 noktası Bankalar caddesinde ve Piri Reis Müzesinin yanındaki taksi durağında bulunmaktadır. Bu nedenle taksilerin tercih ettiği güzergahlardan birinin üzerindedir. G2 noktası şehir içi trafiğine yakın ve yol güzergâhında park halinde araçlar bulunabilmektedir. Ayrıca örnekleme noktasının önü açık (denize paralel) olduğu için hava akımlarına maruz kalmaktadır.



Şekil 6. G2 örnekleme noktasının yeri

G3 noktası, iskeleden doğu yönüne doğru ayrılan Tuğsavul caddesinde Gelibolu Orduevinin karşısında bulunmaktadır (Şekil 7). G3 noktası daha çok otomobillerin kullandığı yol üzerindedir. G3 noktası şehir içi trafiğine yakın ve yol güzergâhında belediyeye bağlı park halinde araçlar mevcuttur. Ayrıca örnekleme noktasının önü denize paralel olmasına rağmen önünde yüksek binalar bulunmaktadır.



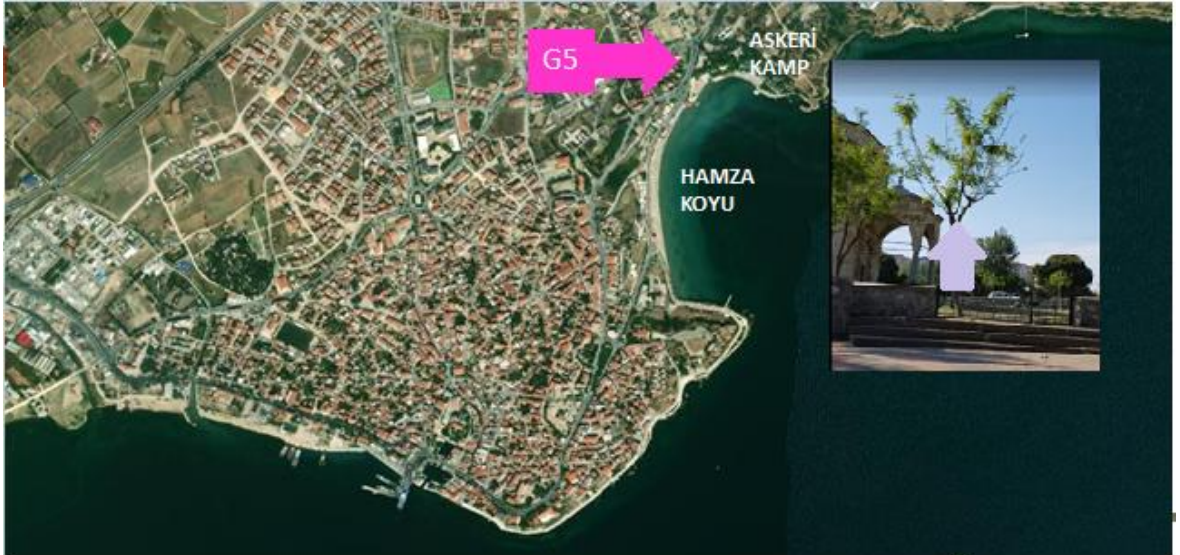
Şekil 7. G3 örnekleme noktasının yeri

G4 noktası iskeleden doğu yönüne doğru ayrılan yol üzerinde bulunmaktadır (Şekil 8). Bu örnekleme noktası otomobillerin tercih ettiği yol üzerindedir. Ayrıca tatilcilerin Hamza Koyu'na giden yolu üzerinde olduğu için belirli günlerde (özellikle cumartesi) trafik daha yoğun olmaktadır. Ayrıca, Salı günleri Gelibolu halk pazarının kurulması nedeniyle bir güzergâh trafiğe kapanıp Pazar alanı oluşturularak gidiş-dönüş tek yol hattı kullanıldığı için trafik yoğunluğu ve araç sırası oluşmaktadır. Ayrıca örnekleme noktasının önü açık olmadığı için, hava akımlarına diğer noktalara göre daha az maruz kalmaktadır.



Şekil 8. G4 örnekleme noktasının yeri

G5 noktası iskeleden uzak ve şehre yakın olmayan, ancak şehir içi yollara bağlandığı için trafik yoğunluğu bulunmaktadır. Ayrıca, hastane ve askeri amaçlı kullanılan güzergah üzerinde olduğu için diğer noktalara kıyasla daha farklı bir trafik yoğunluğu gözlenmektedir (bkz. Şekil 9).



Şekil 9. G5 örnekleme noktasının yeri

G6 noktası iskeleden uzak olmasına karşın, feribot kullanmak isteyen otomobil ve ağır vasıtalar bu örnekleme noktasından geçmektedir (Şekil 9). Çünkü G6 noktası çevre yolu çıkışına bağlı bir alt geçit noktasıdır. Ayrıca, şehir içi trafiğine uzak ancak feribot

kullanacak araçların kullandığı bir yoldur. Bu nedenle tatil vb. gibi durumlarda yoğunluk oluşan bölgelerdendir.



Şekil 10. G6 örnekleme noktasının yeri

G7 noktası hem feribot iskelesine hem de şehir içi trafik yoğunluğundan en uzak arka plan noktasıdır (Şekil 11). Ayrıca örnek noktasının etrafında endüstriyel tesis ve yerleşim alanı bulunmamaktadır.



Şekil 11 G7 örnekleme noktasının yeri

Özetle; G1, G2 ve G3 noktaları feribot iskelesi ve çevresinde olup iskeleye en yakın noktalardır. Bu noktalarda araçlar sürekli olarak hareket etmekte, yani motorları sürekli olarak çalışmaktadır. Diğer örnekleme noktaları ise iskeleden orta seviye uzaklıkta bulunmaktadır. G4 ve G5 noktaları tatil köylerine giden yol güzergâhında olduğu için dönemsel olarak trafik yoğun olmaktadır. G6 noktası ise feribottan çıkan motorlu taşıtların ve ağır tonajlı araçların çoğu çevre yoluna giderken önce G1 noktasından ve sonrasında G6 noktasından geçmektedir. Ayrıca, Gelibolu iskelesine gitmek isteyen araçlar da G6 noktasından geçmek zorunda olup bu noktada çift yönlü bir trafik geçişi olmaktadır. Bu nedenle bu bölgede dönemsel olarak uzun araç konvoyları gözlenmektedir.

Tablo 9’da UOBlerin örnekleme periyotları verilmiştir. Pasif örnekleme tüpleri ile yapılan örnekleme 22 Haziran ile 3 Kasım 2020 tarihleri arasında sürekli olarak devam etmiştir. Pasif UOB örnekleri örnekleme noktalarında ortalama olarak 15 – 25 gün aralığında bırakılmıştır. G1, G2, G3 ve G4 örnekleme noktalarında park halinde araçlar bulunması trafik yoğunluğuna sebep olmaktadır.

Tablo 9  
Örnekleme noktalarının mekânsal özellikleri  
(MGM, 2020)

Örnekleme noktası	Şehir içi trafiğe yakınlık/uzaklık	İskeleye olan uzaklığı (m)	Park halindeki araçların bulunduğu alanda mı?
G3	Yakın	285,24	Evet
G2	Yakın	68,85	Evet
G1	Yakın	153,0	Evet
G4	Uzak*	647,41	Evet
G5	Uzak	1739,36	Hayır
G6	Uzak	1640, 0	Hayır
G7	Uzak	2875,24	Hayır

\*orta uzaklıkta olup, şehir içi trafikten farklı trafik yüküne sahiptir.

2020 yılında yaşanan pandemi sürecinde Mart ayı itibari ile Türkiye'nin toplam 31 ilinde sokağa çıkma yasakları, şehirlerarası yasaklar vb. önlemler alınmıştır. 2020 yılında Ramazan bayramında geçerli olan sokağa çıkma yasaklarından sonra sokağa çıkma ile ilgili resmi yasaklar kalmıştır. Kurban bayramı döneminde Gelibolu'da yılın en fazla trafik yoğunluğu yaşanmıştır. GESTAŞ'a göre, 2019 yılında feribot ile Çanakkale boğaz hatlarında 92.901 araç geçişi yapılmışken; 2020 yılında pandemiye rağmen 9.506 daha fazla araç ile Çanakkale'deki feribot hatlarını kullanan araç sayısı toplamda 102.407'ye yükselmiştir (%10'luk artış). 2020 yılında Kurban Bayramında Gelibolu-Lapseki hattı da dahil Çanakkale'deki bütün hatlarda toplamda 16 feribot saatsiz/sefersiz çalışmış ve günde ortalama 20 bin araç feribot ile taşınmıştır (GESTAŞ, 2020).

### 3.3 Uçucu Organik Bileşiklerin (UOB) Analiz Yöntemi

UOBler US EPA TO17 metoduna göre yukarıda detaylı olarak anlatılan örnekleme noktalarında pasif örnekleme tekniğiyle toplanmıştır. UOB örnekleri Tenax TA/Carbograph 1TD sorbentlerini içeren paslanmaz çelikten yapılmış termal desorber tüpleri içerisinde toplanmıştır (Şekil 12). Tüplerin ortam havasıyla teması için ve örnekleme esnasında tüpün içinde bulunan sorbentlerin böcek, toz ve şiddetli rüzgâr gibi hava olaylarından etkilenmemesi için difüzyon kapakları kullanılmıştır.



Şekil 12. Uçucu organik bileşik örnekleme tüpü

Çalışma boyunca örnekleme alanından toplanan hedef kirletici UOB türleri BTX grubundan benzen, toluen ve ksilenlerdir (*o,m,p*). Bu kirleticilerin tür ve konsantrasyon tayinlerinde standart solüsyon olarak UOB mix-1 (Dr. Ehrenstorfer, Almanya) ve TUOB hesabı için parafin mix (Piano paraffin mix) kullanılmıştır. Örnekleme alanından belli



zamanlarda toplanan örnekleme tüpleri aktif karbon ve silika jel ile içi dolu olan özel taşıma kutularında ÇOMÜ Çevre Mühendisliği Bölüm Laboratuvarına getirilmiştir ve analize kadar buzdolabında saklanmıştır. Hava örneklerinin mümkün olan en kısa zamanda Termal Desorber/Gaz Kromatografi (TD/GC-FID) cihazlarında analizleri yapılarak bileşiklerin kaynama noktalarına göre (bkz. Tablo 10) tür ve miktar tayinleri yapılmıştır( Şekil 13). Termal Desorber/Gaz Kromatografi (TD/GC-FID) cihazında kullanılan analiz metodu Tablo 11’da verilmiştir.



Şekil 13. Çalışmada kullanılan Termal Desorber/Gaz Kromatografi (TD-GC/FID) cihazları

Tablo 10

BTEX bileşiklerinin kaynama noktaları ve kromatografya çıkış süreleri (dk)

CAS No	Bileşik Türü	Kaynama Noktaları (°C)	Çıkış Süreleri (dk)
71-43-2	benzen	80,1	14,39
108-88-3	toluen	110,6	19,16
106-42-3	<i>m</i> -ksilen	139	23,52
108-38-3	<i>p</i> -ksilen	138	23,52
95-47-6	<i>o</i> -ksilen	144	24,70

Tablo 11  
GC ve TD çalışma koşulları

<b>Termal Desorber (Markes-Unity2)</b>													
Çalışma koşulları	Trap ön-kurutma: 1 dk Fırın sıcaklığı: 300 °C Düşük trap sıcaklığı: -10 °C Transfer hattı sıcaklığı: 2000 °C Minimum taşıyıcı basıncı: 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: 1 dk Tüp desorb süresi: 60 dk Akış yolu sıcaklığı: 200 °C Desorb sıcaklığı: 320 °C Minimum taşıyıcı basıncı: 5 bar												
<b>GC-FID (Agilent 7890)</b>													
<u>Çalışma koşulları:</u>	<p><b>Fırın</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Basamak</u></th> <th><u>Hız °C/dk</u></th> <th><u>Son sıcaklık °C</u></th> <th><u>Kalış süresi. dk</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Başlangıç</td> <td>-</td> <td>40</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Son</td> <td>5</td> <td>220</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>FID dedektör</b> Isıtıcı: 300 °C H<sub>2</sub> akışı: 30 ml/dk Hava akışı: 400 ml/dk Taşıyıcı (N<sub>2</sub>): 25 ml/dk</p> <p><b>Inlet</b> Isıtıcı: 150 °C Basınç: 14.6 psi Toplam akış: 69,4 ml/dk</p>	<u>Basamak</u>	<u>Hız °C/dk</u>	<u>Son sıcaklık °C</u>	<u>Kalış süresi. dk</u>	Başlangıç	-	40	5	Son	5	220	10
<u>Basamak</u>	<u>Hız °C/dk</u>	<u>Son sıcaklık °C</u>	<u>Kalış süresi. dk</u>										
Başlangıç	-	40	5										
Son	5	220	10										
<u>Kullanılan kolon:</u>	Agilent DB-VRX 75 m x 0.45 mm x 2.55 µm, 350 °C												

Hava örneklerindeki hedef UOB türlerinin kütleli konsantrasyonu ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) Fick'in 1. difüzyon kanununa göre Denklem (1) uyarınca hesaplanmıştır:

$$C = \frac{Ma - Mb}{q \times t} \quad (1)$$

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

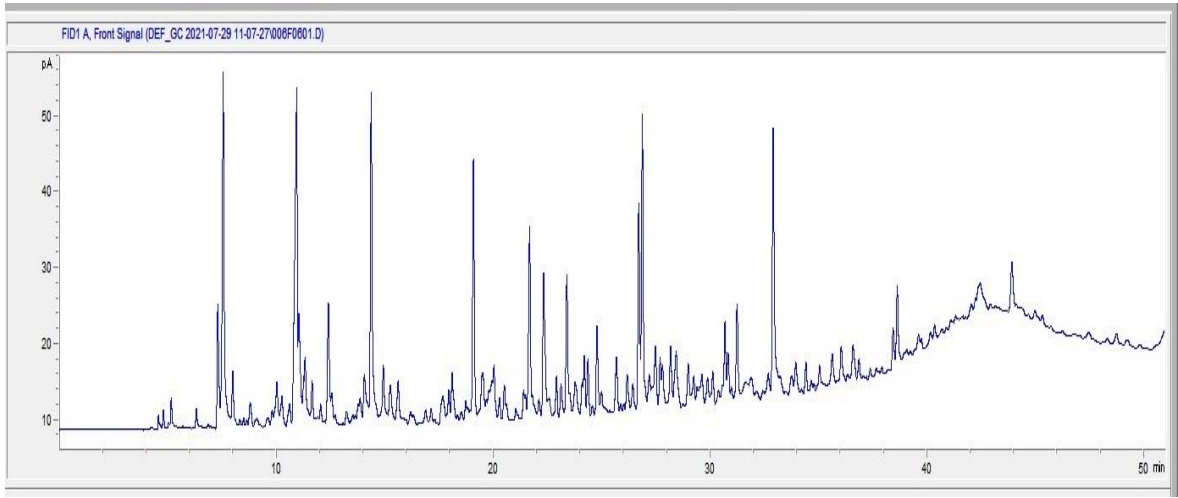
$Ma$  = UOB türünün örnekteki kütlesi,  $\mu\text{g}$

$Mb$  = UOB türünün şahit örnekteki kütlesi,  $\mu\text{g}$

$q$  = difüzyon hızı,  $m^3/min$  (ISO 16017-2'den örnekleme tüpündeki sorbentlere göre hedef UOB türleri için alınmıştır)

$t$  = maruz kalma süresi, dk

UOBler farklı zaman ve hızla kromatograma aktarılır ve her kirleticiye ait pikler oluşmaktadır. Şekil 14'de dış ortam havasından toplanan UOBlerine ait tipik bir kromatogram gösterilmektedir. Tablo 10'da gösterilen BTX grubunun çıkış sürelerine ait piklerin alanları hesaplandıktan sonra konsantrasyonları hesaplanmıştır.



Şekil 14. Dış ortama havasından toplanan pasif örneklere ait kromatogram örneği

### 3.4. Meteorolojik Parametrelerin Ölçümü

Çalışma boyunca dış ortam havasında sıcaklık ve nem gibi parametreler anlık olarak ölçülmüştür. Dış ortamdan toplanan UOB örnekleri esnasında her noktadan herhangi bir dış kaynağa teması olmayacak şekilde ölçülüp not edilmiştir. Bu çevresel parametrelerin ölçümünde TESTO 400 cihazı kullanılmıştır ve cihazın ölçüm sonuçları sabitlendikten sonra gerçek zamanlı ölçümler yapılmıştır (Şekil 15). Çalışma boyunca gerçekleştirilen anlık ölçümlerin yanı sıra, Meteorolojik Genel Müdürlüğü'nden (MGM) sıcaklık, nem, rüzgâr hızı ve yönü verileri de temine dilmiştir.



Şekil 15. Çevresel parametrelerin ölçümünün yapıldığı cihaz

### 3.5. Verilerin Değerlendirilmesi

Yürütülen bu çalışmada analiz edilen veriler Excel formatına aktarılmıştır ve SPSS istatistik programında meteorolojik veriler ile hava kalitesi istasyonundan alınan bazı kirlenici parametreleri arasındaki ilişkiler test edilmiştir. Bu ilişkiler kurulurken istatistiksel analiz yöntemi olan korelasyon tabloları oluşturulmuş ve  $p < 0,05$  istatistiksel güven seviyesi olarak belirlenmiştir.

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### ARAŞTIRMA BULGULARI

#### 4.1. Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonlarının Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yürütülen bu çalışmada Gelibolu ilçesinde hâlihazırda ölçüm yapan bir hava kalitesi istasyonu bulunmadığı için; en yakın mesafede yer alan Lâpseki ve Merkez ilçedeki hava kalitesi ölçüm istasyonlarının sonuçları çalışma süresince dikkate alınmıştır. Tablo 12’de Lâpseki hava kalitesi ölçüm istasyonundan alınan verilerde D5 olarak kodladığımız 10 Eylül - 22 Eylül 2020 tarihine kadar SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonları artış gösterirken; o tarihten sonra azalma eğilimi gözlenmiştir. En yüksek ortalama değerler: O<sub>3</sub> için 4 Ağustos – 17 Ağustos 2020 tarihi aralığında (D4) 96,80 µg/m<sup>3</sup> olarak, NO<sub>x</sub> için 22 Ekim – 3 Kasım 2020 tarih aralığında (D8) 121,82 µg/m<sup>3</sup>, NO<sub>2</sub> için 22 Ekim – 3 Kasım 2020 tarih aralığında (D8) 13,63 µg/m<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub> için 10 Eylül – 22 Eylül 2020 tarih aralığında (D5) 56,29 µg/m<sup>3</sup>’tür.

Tablo 12

Çanakkale/Lâpseki hava kalitesi ölçüm istasyonunun verileri (µg/m<sup>3</sup>)

Örnekleme Dönemi	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>
D1	6,3 ± 4,6 (0,3 - 48,4)	5,6 ± 7,1 (0,1 - 52,0)	103,0 ± 30,6 (0,6 - 159,2)	88,1 ± 25,6 (9,1 - 159,9)
D2	4,8 ± 3,3 (1,2 - 27,7)	4,6 ± 5,1 (0,1 - 30,6)	110,5 ± 7,1 (80,1 - 160,6)	95,7 ± 22,6 (35,4 - 164,1)
D3	4,9 ± 4,1 (1,2 - 40,7)	7,9 ± 2,7 (0,8 - 104,5)	114,0 ± 23,6 (14,3-436,8)	99,8 ± 20,9 (31,9 - 148,1)
D4	21,2 ± 25,5 (0,3 - 103,2)	9,6 ± 5,1 (2,7 -30,3)	110,6 ± 6,0 (99,1 - 140,6)	90,7 ± 25,9 (24,4 -155,3)
D5	59,2 ± 2,7 (56,6 ±98,1)	6,4 ± 2,7 (3,2 - 21,8)	113,1 ± 3,8 (95,3-146,2)	88,2 ± 16,2 (41,8 - 125,7)
D6	17,3 ± 23,4 (1,8 - 95,4)	12,9 ± 7,3 (3,6 - 65,8 )	120,9 ± 12,8 (105,1 - 293,3)	70,5 ± 22,7 (17,2 - 121,0)
D7	4,5 ± 5,2 (0,6 - 60,1)	36,8 ± 6,1 (4,1 - 36,8 )	119,7 ± 7,4 (151,0 - 119,7)	56,6 ± 22,0 (11,8 -133,8)
D8	12,8 ± 17,5 (2,0 - 93,8)	13,6 ± 7,4 (3,8 - 59,0)	121,8 ± 11,1 (110,8 - 242,1)	52,9 ± 21,2 (5,6 -105,4)

\* ortalama ± standart sampa (minimum - maksimum)

Tablo 13'te Çanakkale Merkez'de kurulu olan hava kalitesi ölçüm istasyonundan alınan veriler dikkate alındığında, genel olarak 17 Ağustos – 10 Eylül tarih aralığına (D4) kadar SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarında artış olmuştur. En yüksek ortalama değerler: PM<sub>10</sub> için 4 Ağustos – 17 Ağustos 2020 tarihinde (D3) 56,08 µg/m<sup>3</sup>, NO<sub>x</sub> için 22 Haziran – 13 Temmuz 2020 tarih aralığında (D1) 40,50 µg/m<sup>3</sup>, NO<sub>2</sub> için 20 Ekim – 3 Kasım tarih aralığında (D8) 23,06 µg/m<sup>3</sup> ve SO<sub>2</sub> (9,30 µg/m<sup>3</sup>) ile O<sub>3</sub> (78,07 µg/m<sup>3</sup>) 17 Ağustos – 10 Eylül tarih aralığında (D4) gözlenmiştir.

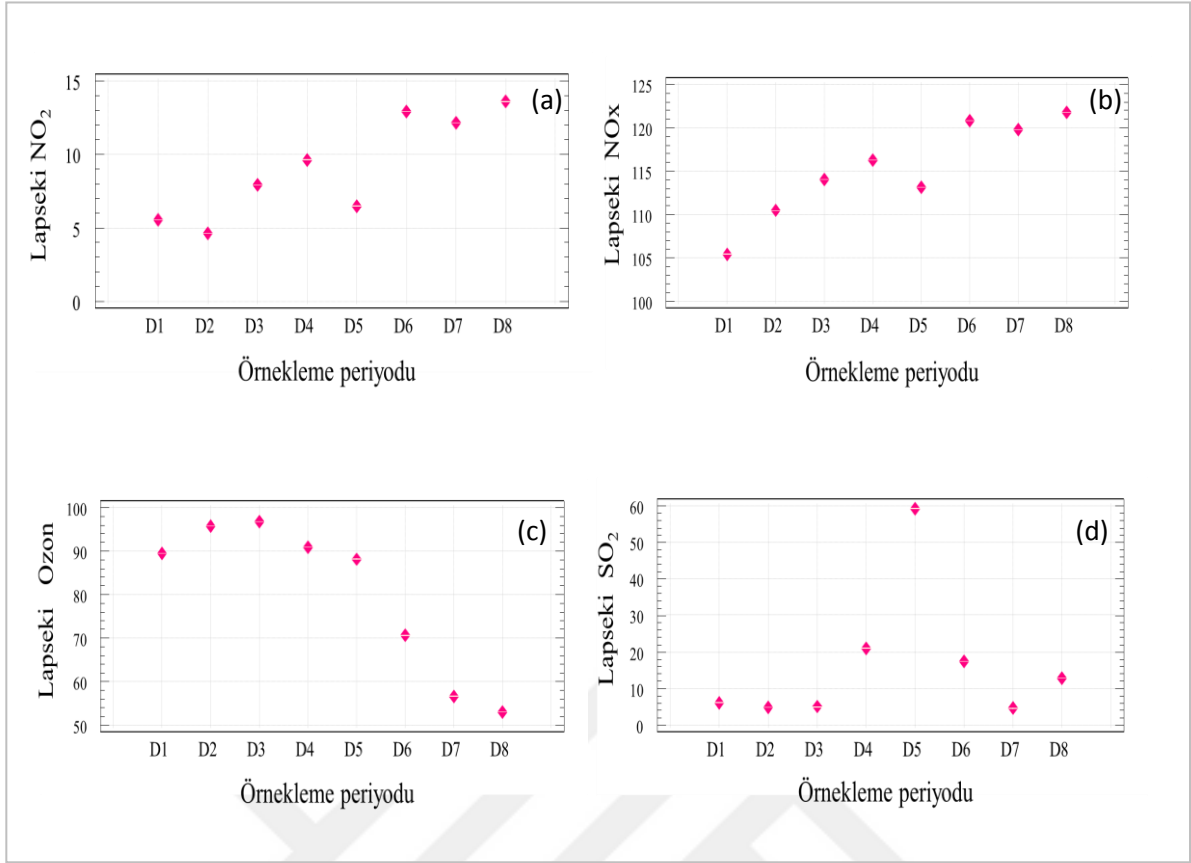
Tablo 13

Çanakkale / Merkez hava kalitesi istasyon verileri (µg/m<sup>3</sup>)

Örnekleme Dönemi	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>
D1	42,6 ± 14,3 (14,4 - 132,1)	6,9 ± 5,3 (0,3 - 42,3)	16,3 ± 10,1 (4,5 - 86,6)	40,5 ± 13,5 (15,0 - 102,2)	71,6 ± 21,5 (17,9 - 199,1)
D2	46,4 ± 19,8 (2,0 - 254,6)	6,4 ± 4,5 (0,4 - 26,4)	14,4 ± 12,1 (4,6 - 54,5)	27,3 ± 10,5 (12,1 - 112,1)	75,5 ± 18,1 (24,7 - 116,8)
D3	56,1 ± 55,9 (21,8 - 608,5)	5,1 ± 3,1 (0,7-18,7)	13,2 ± 7,0 (4,7 - 46,3)	24,4 ± 7,5 (12,7 - 59,6)	76,2 ± 16,4 (26,7 - 124,7)
D4	40,7 ± 11,1 (12,0 - 95,7)	9,3 ± 8,3 (0,5 - 73,0)	18,4 ± 9,9 (5,8-70,9)	39,0 ± 16,5 (14,2 - 105,9)	78,1 ± 28,0 (19,6 - 464,4)
D5	38,1 ± 10,6 (9,0 - 74,0)	7,2 ± 5,8 (1,0 - 33,8)	12,9 ± 4,8 (5,8 - 45,5)	35,2 ± 9,0 (18,8 - 70,3)	74,2 ± 12,0 (48,2 - 98,6)
D6	33,8 ± 16,1 (11,4 - 128,3)	5,2 ± 4,7 (0,4 - 38,4)	19,1 ± 13,7 (2,9 - 104,7)	32,1 ± 21,9 (11,3-146,6)	60,8 ± 20,0 (10,2 - 123,9)
D7	43,2 ± 36,2 (4,7 - 313,9)	5,1 ± 3,2 (0,6 - 25,4)	18,6 ± 14,4 (2,9 - 78,1)	36,0 ± 22,2 (12,4 - 132,0)	48,3 ± 21,9 (8,8 - 102,5)
D8	37,1 ± 16,8 (4,7 - 112,4)	7,9 ± 8,8 (1,3 - 61,5)	23,1 ± 15,4 (1,8 - 92,4)	39,6 ± 24,9 (13,3 - 203,9)	40,3 ± 18,3 (6,5 - 85,3)

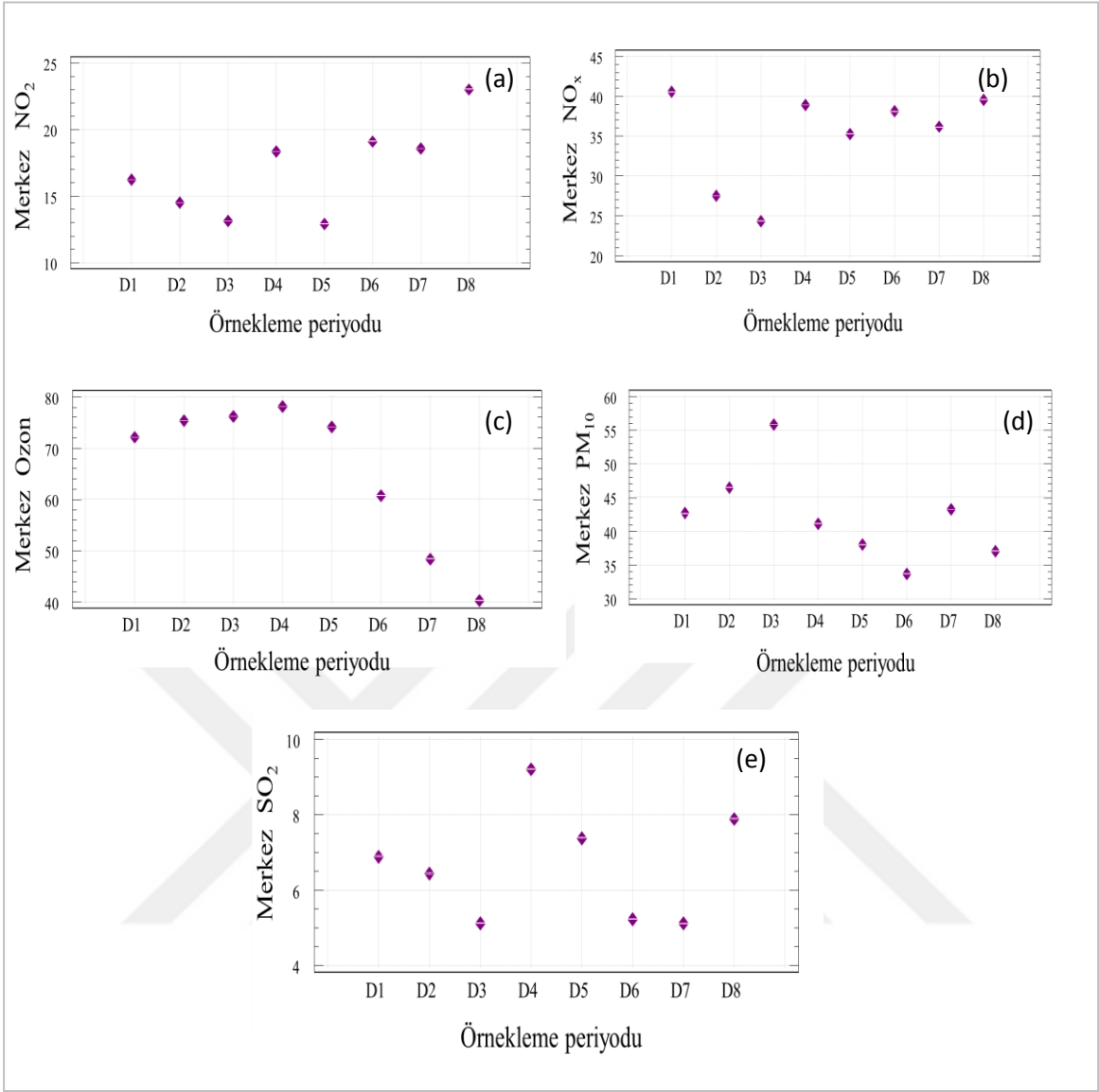
\* ortalama ± standart sampa (minimum - maksimum)

Şekil 16'da Çanakkale/Lâpseki hava kalitesi ölçüm istasyonunun verilerinin örnekleme periyotlarına göre değişimi (µg/m<sup>3</sup>) verilmektedir. Buna göre, genel olarak Lâpseki'de NO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> değerleri D6, D7 ve D8 periyotlarına daha yüksek olarak gözlenmiştir. Ayrıca NO<sub>x</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonları örnekleme periyotlarına göre incelendiğinde aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p < 0,05$ ).



Şekil 16. Çanakkale/Lâpseki hava kalitesi ölçüm istasyonunun verilerinin örnekleme periyotlarına göre değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ): a) NO<sub>2</sub> ( $p < 0.05$ ) b) NO<sub>x</sub> ( $p < 0.05$ ) c) Ozon ( $p < 0.05$ ) d) SO<sub>2</sub> ( $p < 0.05$ )

Şekil 17’de Çanakkale/Merkez hava kalitesi ölçüm istasyonunun verilerinin örnekleme periyotlarına göre değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) verilmektedir. Buna göre, genel olarak Merkez’de en yüksek NO<sub>2</sub> için D8 periyodunda, PM<sub>10</sub> için D3 periyodunda, SO<sub>2</sub> için D4 periyodunda, NO<sub>x</sub> değerleri D4 periyodunda ve O<sub>3</sub> için D4 periyodunda daha yüksek olarak gözlenmiştir ( $p < 0,05$ ).



Şekil 17. Çanakkale/Merkez hava kalitesi ölçüm istasyonunun verilerinin örnekleme periyotlarına göre değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ): a)  $NO_2$  ( $p < 0,05$ ), b)  $NO_x$  ( $p < 0,05$ ), c) Ozon ( $p < 0,05$ ), d)  $PM_{10}$  ( $p < 0,05$ ), e)  $SO_2$  ( $p < 0,05$ ).

#### 4.2. Meteorolojik Parametrelerin İncelenmesi

Yürütülen çalışmada Gelibolu'ya ait sıcaklık, hava basıncı, bağıl nem ve ortalama rüzgar hızının aylık değişimi araştırılmıştır. Tablo 14'ten de görüleceği üzere, Gelibolu'da ortalama değer olarak Haziran ayında sıcaklık  $22,6^\circ\text{C}$ , Temmuz ayında  $25,4^\circ\text{C}$ , Ağustos ayında  $25,9^\circ$ , Eylül ayında  $23,5^\circ\text{C}$ , Ekim ayında  $18,8^\circ\text{C}$  ve Kasım ayında  $12^\circ\text{C}$ 'dir. En yüksek basınç sırasıyla Kasım ve Ekim aylarında, en yüksek nem sırasıyla Ekim ve Kasım aylarında ve en yüksek ortalama rüzgâr hızı ise Kasım ayında ölçülmüştür.



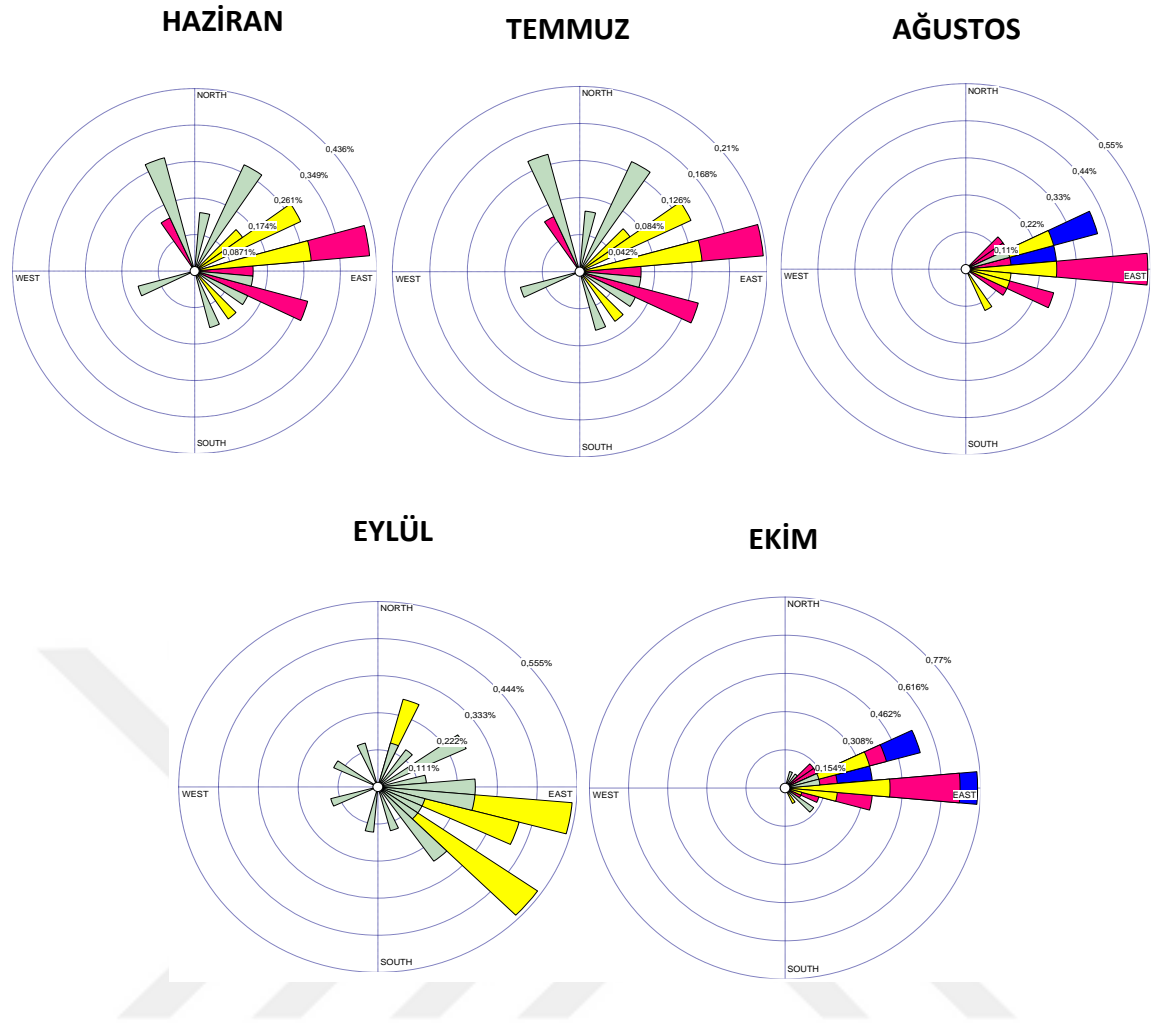
Tablo 14

Gelibolu meteoroloji istasyonundan alınan verilerin aylık istatistikleri

Aylar	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	Atmosferik Basınc (hPa)	Rüzgâr Hızı (m/s)
Haziran	22,6 ± 4,8 (12,3 - 34,2)	70,0 ± 17,9 (28,0 - 100,0)	1004,4 ± 3,2 (999,2 - 1013,0)	2,84 ± 1,8 (0,1- 9,8)
Temmuz	25,4 ± 3,9 (17,0 - 34,5)	66,8 ± 14,6 (31,0 - 97,0 )	1006,1± 3,1 (995,6 - 1011,8)	5,46 ± 2,1 (0,0 - 10,7)
Ağustos	25,9 ± 3,6 (17,7 - 34,9)	66,5 ± 14,0 (30,0 - 94,0 )	1005,6 ± 2,1 (999,7 - 1010,1)	5,08 ±2,1 (0,1- 10,3)
Eylül	23,5 ± 3,8 (14,4 - 31,9)	68,2 ± 13,8 (28,0 - 100,0)	1009,0 ± 4,2 (993,4 - 1016,1)	5,35 ± 2,7 (0,0 - 14,1)
Ekim	18,8 ± 4,2 (9,2 - 33,0)	78,2 ± 15,8 (31,0 - 100,0)	1010,4 ± 3,9 (1000,1 - 1019,0)	2,60 ± 2,1 (0,0-10,9)
Kasım	12,0 ± 2,95 (4,10 - 19,80)	76,59 ± 10,03 (36,0 - 100,0)	1018,0 ± 3,2 (1009,7 - 1026,0)	5,70 ± 3,3 (0,0 - 13,4)

\* ortalama ± standart sapma (minimum - maksimum)

Şekil 18'de örnekleme süresi boyunca meteoroloji istasyonundan temin edilen veriler ışığında (MGM, 2020) hazırlanan Gelibolu'ya ait aylık rüzgâr gülleri verilmiştir. Gelibolu ilçesinin Haziran – Temmuz aylarında ortalama olarak Kuzey/Kuzey-doğu; Ağustos ve Eylül aylarında ağırlıklı olarak Doğu yönünden ve Ekim ayında ise Güney-doğu'dan esmiştir.

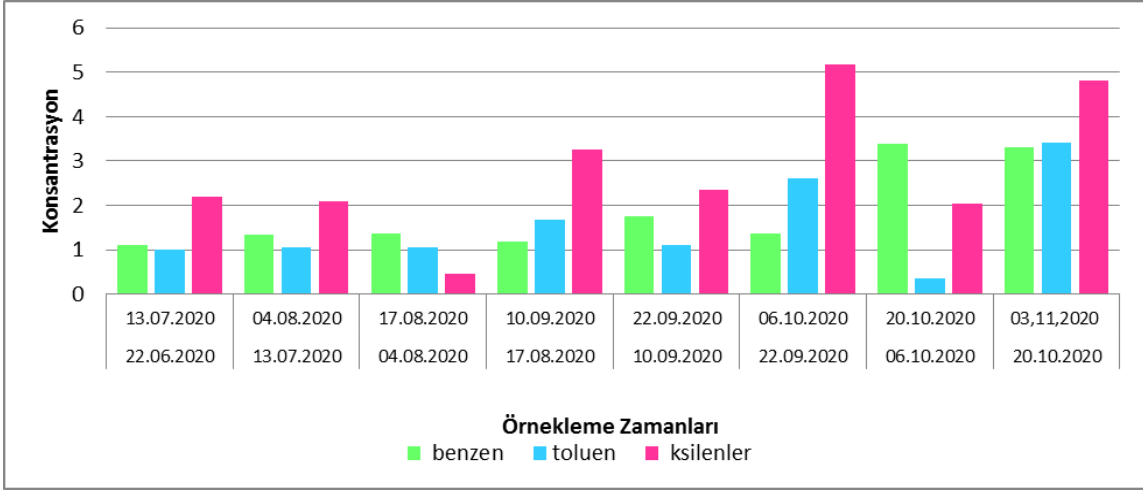


Şekil 18. Gelibolu'ya ait aylık rüzgar gülleri.

### 4.3. Gelibolu'da UOB Düzeylerinin Mekânsal İncelenmesi

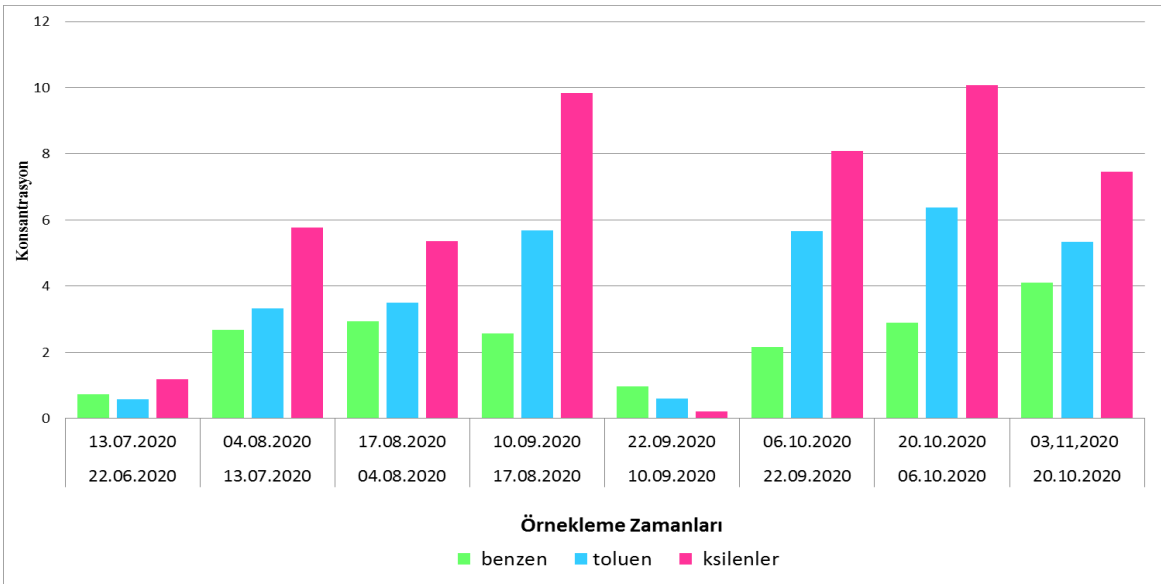
#### 4.3.1 BTX Bileşiklerinin Düzeylerinin Değişimi

Şekil 19'da Gelibolu'da BTX bileşiklerinin G1 örnekleme noktasında değişimi gösterilmektedir. Buna göre, en yüksek konsantrasyonlar 6 Ekim – 20 Ekim tarih aralığında (D7) benzen için  $3,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 20 Ekim – 3 Kasım tarih aralığında (D8) toluen için  $3,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 22 Eylül – 6 Ekim tarih aralığında ise ksilenler (*o,m,p*)  $5,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  'tür. En düşük konsantrasyonlar 22 Haziran – 13 Temmuz tarih aralığında benzen için  $1,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 6 Ekim – 20 Ekim tarih aralığında toluen için  $0,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 4 Ağustos – 17 Ağustos tarih aralığında ksilenler (*o,m,p*)  $0,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  tür.



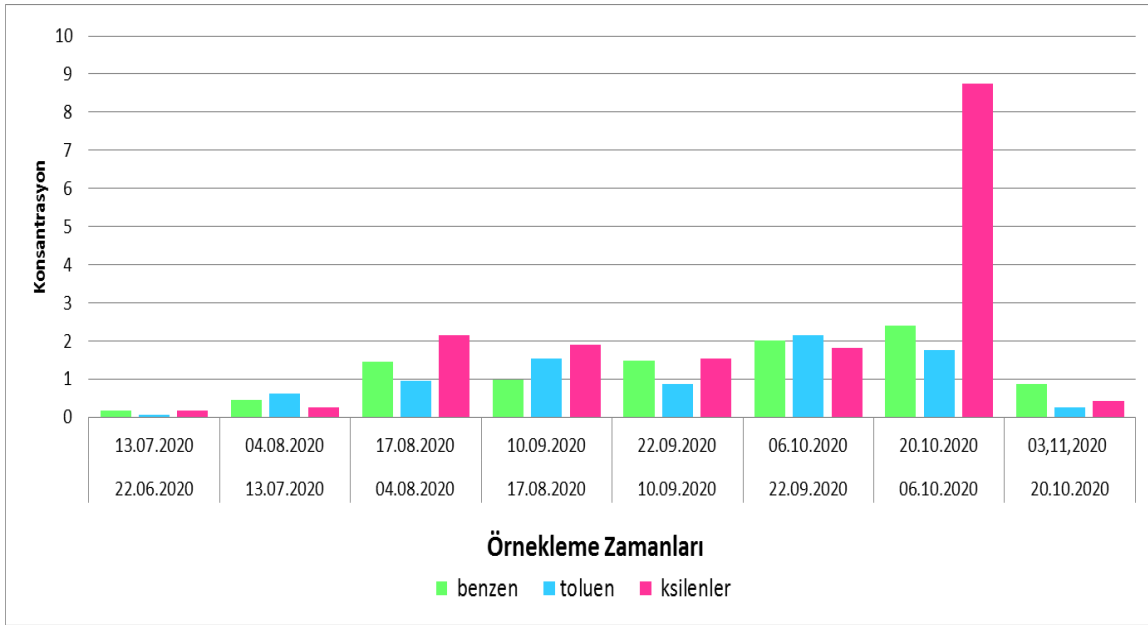
Şekil 19. Gelibolu’da BTX bileşiklerinin G1 örnekleme noktasında değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Şekil 20’de Gelibolu’da BTX bileşiklerinin G2 örnekleme noktasında değişimi gösterilmektedir. Buna göre, en yüksek konsantrasyonlar 20 Ekim – 3 Kasım tarih aralığında (D7) benzen için  $4,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 6 Ekim – 20 Ekim tarih aralığında toluen için  $6,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 6 Ekim – 20 Ekim tarih aralığında ise ksilenler (*o,m,p*)  $10,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ‘tür. En düşük konsantrasyonlar 22 Haziran – 13 Temmuz tarih aralığında benzen için  $0,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 22 Haziran – 13 Temmuz tarih aralığında toluen için  $0,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 10 Eylül – 22 Eylül tarih aralığında ksilenler (*o,m,p*)  $0,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ‘tür.



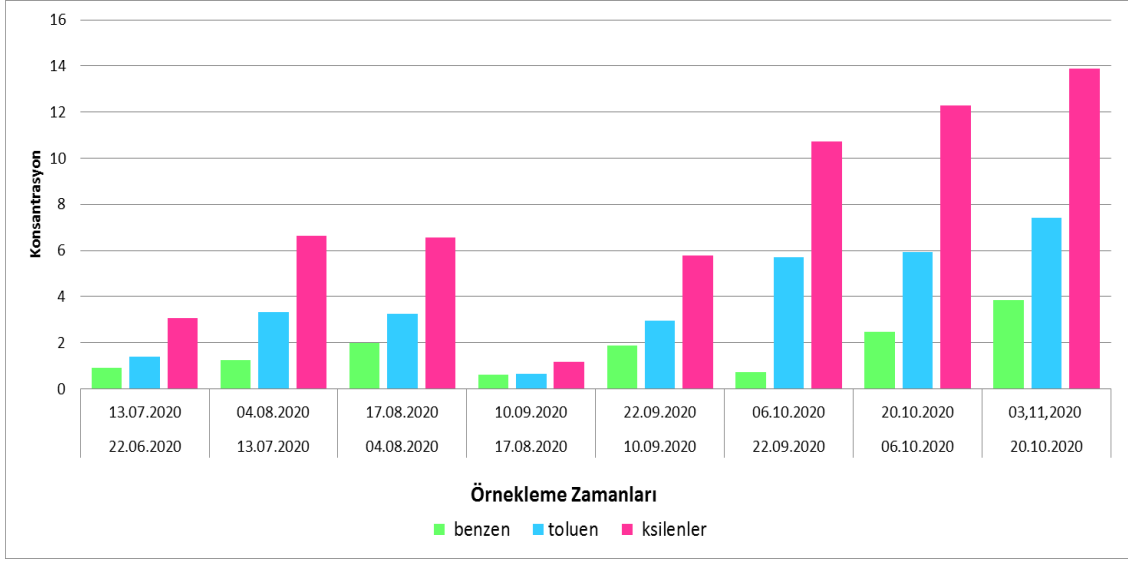
Şekil 20. Gelibolu’da BTX bileşiklerinin G2 örnekleme noktasında değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Şekil 21’de Gelibolu’da BTX bileşiklerinin G3 örnekleme noktasında değişimi gösterilmektedir. Buna göre, en yüksek konsantrasyonlar, 6 Ekim – 20 Ekim tarih aralığında (D7) benzen için  $2,40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 22 Eylül – 6 Ekim tarih aralığında toluen için  $2,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 6 Ekim – 20 Ekim tarih aralığında ise ksilenler (*o,m,p*)  $8,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür. En düşük konsantrasyonlar 22 Haziran – 13 Temmuz tarih aralığında benzen için  $0,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 22 Haziran – 13 Temmuz tarih aralığında toluen için  $0,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 10 Eylül – 22 Eylül tarih aralığında ksilenler (*o,m,p*)  $0,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür.



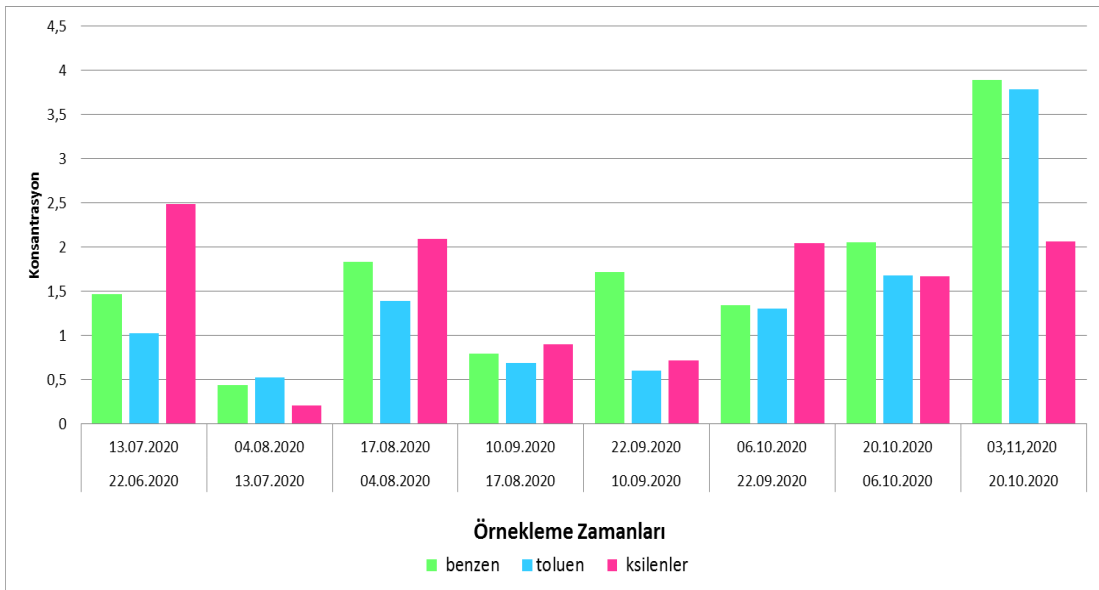
Şekil 21. Gelibolu’da BTX bileşiklerinin G3 örnekleme noktasında değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Şekil 22’de Gelibolu’da BTX bileşiklerinin G4 örnekleme noktasında değişimi gösterilmektedir. Buna göre, en yüksek konsantrasyonlar, 20 Ekim – 3 Kasım tarih aralığında benzen için  $3,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 20 Ekim – 3 Kasım tarih aralığında toluen için  $7,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 20 Ekim – 3 Kasım tarih aralığında ise ksilenler (*o,m,p*)  $13,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür. En düşük konsantrasyonlar 22 Eylül – 6 Ekim tarih aralığında benzen için  $0,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 17 Ağustos – 10 Eylül tarih aralığında toluen için  $0,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 17 Ağustos – 10 Eylül tarih aralığında ksilenler (*o,m,p*)  $1,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür.



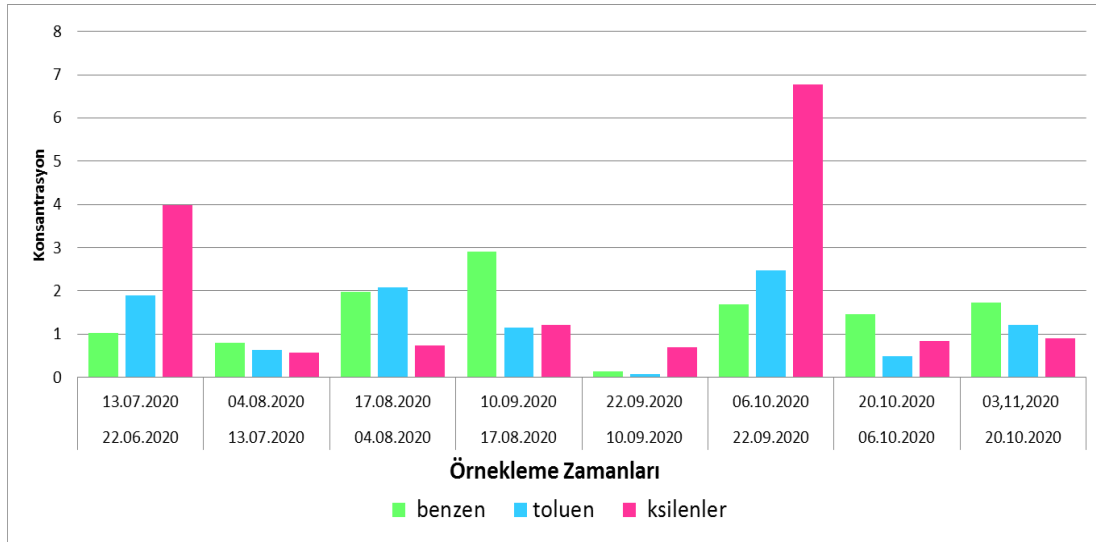
Şekil 22. Gelibolu’da BTX bileşiklerinin G4 örnekleme noktasında değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Şekil 23’de Gelibolu’da BTX bileşiklerinin G5 örnekleme noktasında değişimi gösterilmektedir. Buna göre, en yüksek konsantrasyonlar, 20 Ekim – 3 Kasım tarih aralığında benzen için  $3,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 20 Ekim – 3 Kasım tarih aralığında toluen için  $3,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 22 Haziran – 13 Temmuz tarih aralığında ise ksilenler (*o,m,p*)  $2,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür. En düşük konsantrasyonlar 17 Ağustos – 10 Eylül tarih aralığında benzen için  $0,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 10 Eylül – 22 Eylül tarih aralığında toluen için  $0,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 13 Temmuz – 4 Ağustos tarih aralığında ksilenler (*o,m,p*)  $0,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür.



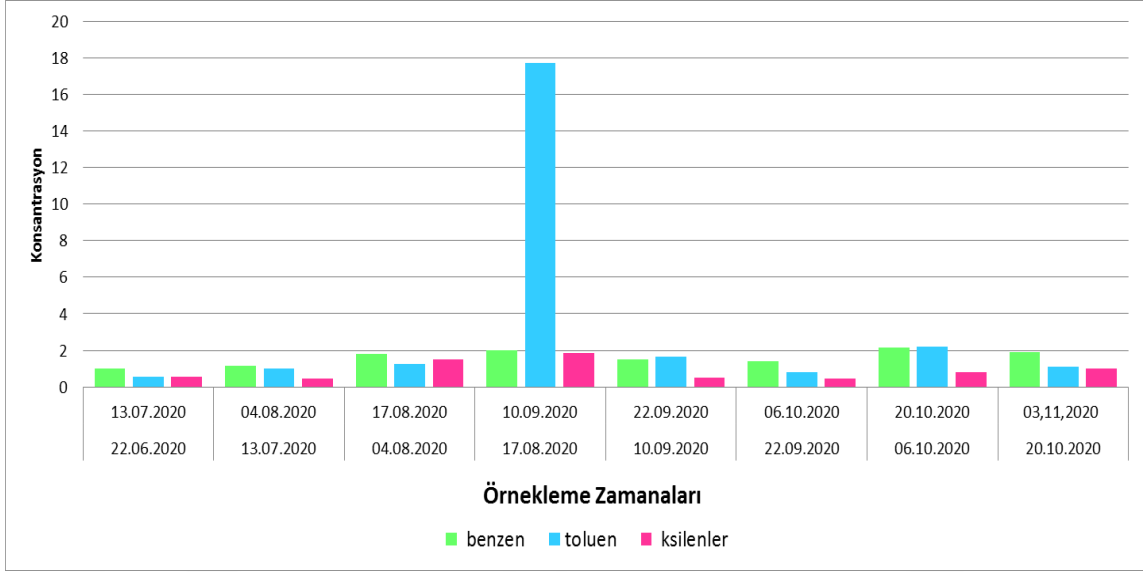
Şekil 23. Gelibolu’da BTX bileşiklerinin G5 örnekleme noktasında değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Şekil 24’de Gelibolu’da BTX bileşiklerinin G6 örnekleme noktasında değişimi gösterilmektedir. Buna göre, en yüksek konsantrasyonlar, 17 Ağustos – 10 Eylül tarih aralığında benzen için  $2,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 22 Eylül – 6 Ekim tarih aralığında toluen için  $2,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 22 Eylül – 6 Ekim tarih aralığında ise ksilenler (*o,m,p*)  $6,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür. En düşük konsantrasyonlar 10 Eylül – 22 Eylül tarih aralığında benzen için  $0,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 10 Eylül – 22 Eylül tarih aralığında toluen için  $0,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 13 Temmuz – 4 Ağustos tarih aralığında ksilenler (*o,m,p*)  $0,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür.



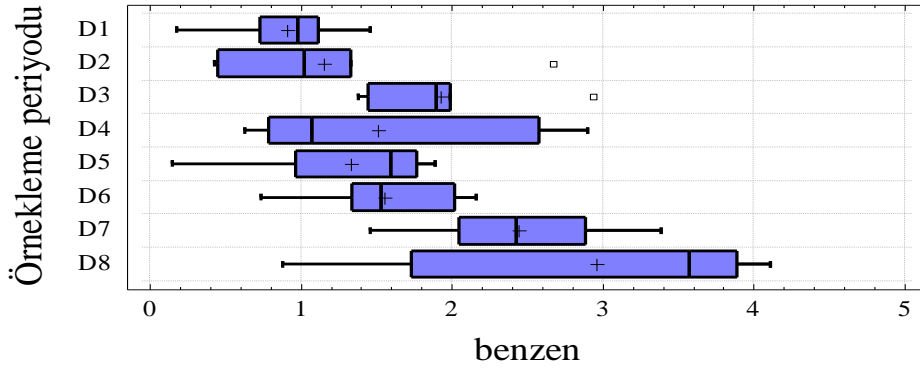
Şekil 24. Gelibolu’da BTX bileşiklerinin G6 örnekleme noktasında değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Şekil 25’de Gelibolu’da BTX bileşiklerinin G7 örnekleme noktasında değişimi gösterilmektedir. Buna göre, en yüksek konsantrasyonlar, 6 Ekim – 20 Ekim tarih aralığında benzen için  $2,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 17 Ağustos – 10 Eylül tarih aralığında toluen için  $17,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 17 Ağustos – 10 Eylül tarih aralığında ise ksilenler (*o,m,p*)  $1,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür. En düşük konsantrasyonlar 22 Haziran – 13 Temmuz tarih aralığında benzen için  $0,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 22 Haziran – 13 Temmuz tarih aralığında toluen için  $0,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve 22 Eylül – 6 Ekim tarih aralığında ksilenler (*o,m,p*)  $0,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür.



Şekil 25. Gelibolu’da BTX bileşiklerinin G7 örnekleme noktasında değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Şekil 26’da Gelibolu’da benzen konsantrasyonunun örnekleme periyotlarına göre ortalama değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) verilmektedir. Ölçüm sonuçlarına göre, D8 periyodunda diğer periyotlardan daha yüksek olarak gözlenmiştir. Ayrıca, benzen konsantrasyonu örnekleme periyotlarına göre incelendiğinde aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ( $p<0,05$ ).

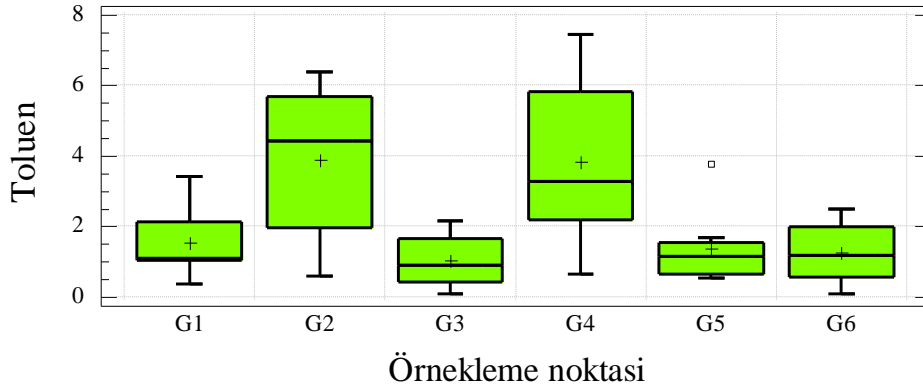


Şekil 26. Benzen konsantrasyonunun örnekleme periyotlarına göre değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

(Not: Kutu grafiğinin gösterimi;  $\top$ : üst limit,  $\perp$ : alt limit,  $\blacksquare$ : 1. ve 3. çeyreklikler,  $+$ : aritmetik ortalama,  $|$ : ortanca,  $\square$ : güven aralığı dışındaki değer.)

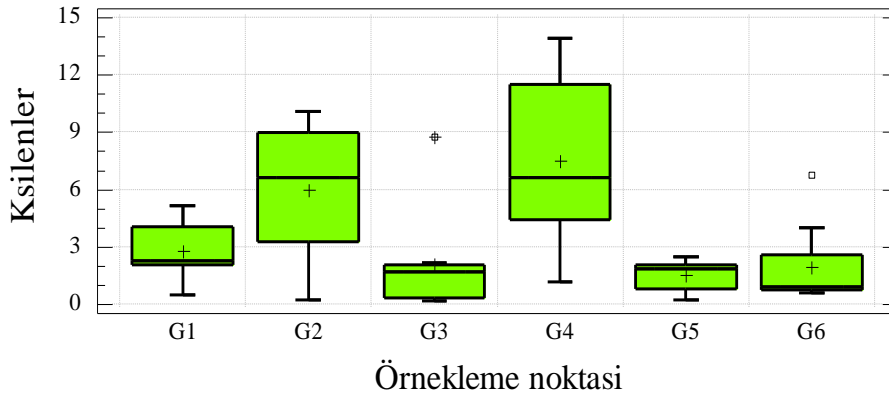
Şekil 27’de Gelibolu’da toluen konsantrasyonunun örnekleme noktasına göre değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) verilmektedir. Ölçüm sonuçlarına göre, G4 ve G2 örnekleme noktasında diğer örnekleme noktalarından daha yüksek olarak gözlenmiştir. Ayrıca, toluen konsantrasyonu

örnekleme noktalarına göre incelendiğinde aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p<0,05$ ).



Şekil 27. Toluene konsantrasyonunun örnekleme noktasına göre değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Şekil 28’de Gelibolu’da ksilenlerin konsantrasyonunun örnekleme noktasına göre değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) verilmektedir. Ölçüm sonuçlarına göre, G4 ve G2 örnekleme noktasında diğer örnekleme noktalarından daha yüksek olarak gözlenmiştir. Ayrıca, ksilenlerin konsantrasyonunun örnekleme noktalarına aralarında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p<0,05$ ).

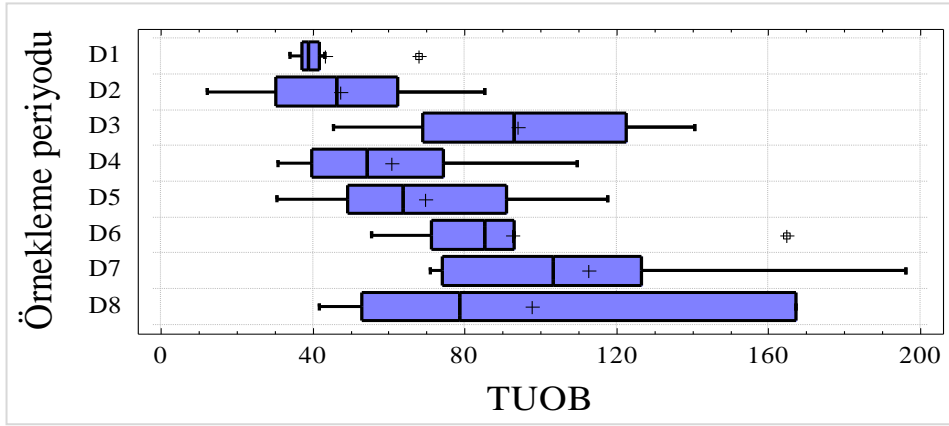


Şekil 28. Ksilenlerin konsantrasyonunun örnekleme noktasına göre değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

#### 4.3.2 TUOB Düzeylerinin Mekânsal Değişimi

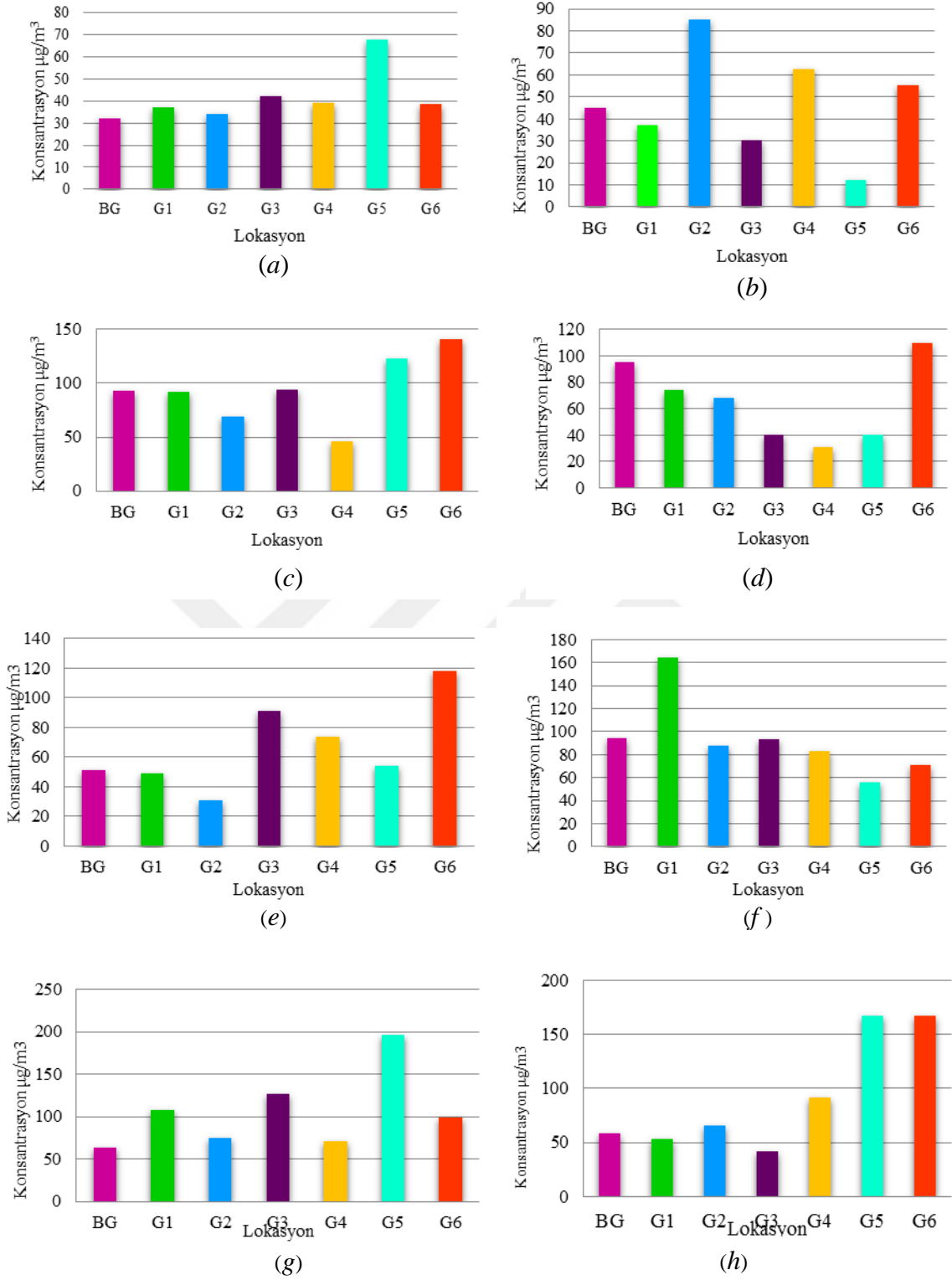
Şekil 29’da Gelibolu’da TUOB konsantrasyonunun örnekleme periyotlarına göre ortalama değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) verilmektedir. Ölçüm sonuçlarına göre, D8 periyodunda diğer periyotlardan daha yüksek olarak gözlenmiştir ( $p<0,05$ ).





Şekil 29. TUOB konsantrasyonunun örnekleme periyotlarına göre değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Şekil 30'da Gelibolu'da 22 Haziran ile 13 Temmuz tarih aralığında TUOB konsantrasyonlarının mekânsal değişimi gösterilmektedir. Buna göre, 22 Haziran ile 13 Temmuz tarih aralığında en yüksek TUOB düzeyi G5 noktasında ( $67,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), en düşük G1 noktasında ( $37,36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); 13 Temmuz ile 4 Ağustos tarih aralığında en yüksek TUOB düzeyi G4 noktasında ( $62,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), en düşük G5 noktasında ( $12,26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); 4 Ağustos ile 17 Ağustos tarih aralığında en yüksek TUOB düzeyi G6 noktasında ( $140,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), en düşük G4 noktasında ( $45,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); 17 Ağustos ile 10 Eylül tarih aralığında düzeyi en yüksek TUOB G6 noktasında ( $109,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), en düşük G4 noktasında ( $30,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); 10 Eylül ile 22 Eylül tarih aralığında en yüksek TUOB düzeyi G6 noktasında ( $117,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), en düşük G2 noktasında ( $30,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); 22 Eylül ile 6 Ekim tarih aralığında TUOB düzeyi en yüksek TUOB G1 noktasında ( $164,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), en düşük G5 noktasında ( $55,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); 6 Ekim ile 20 Ekim tarih aralığında TUOB düzeyi G5 noktasında ( $196,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), en düşük G4 noktasında ( $70,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); 20 Ekim ile 3 Kasım tarih aralığında düzeyi en yüksek TUOB G5 noktasında ( $167,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), en düşük G3 noktasında ( $41,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) olarak gözlenmiştir.



Şekil 30. Gelibolu’da 22 Haziran – 3 Kasım 2020 tarihleri arasında TUOB bileşiklerinin mekânsal değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ): a) 22 Haziran -13 Temmuz; b) 13 Temmuz – 4 Ağustos; c) 4 Ağustos- 17 Ağustos; d) 17 Ağustos ile 10 Eylül; e) 10 Eylül ile 22 Eylül; f) 22 Eylül ile 6 Ekim; g) 6 Ekim ile 20 Ekim; h) 20 Ekim ile 3 Kasım arası.

#### 4.4. UOB Düzeylerinin Zamansal Değişimi

Tablo 15’de örnekleme noktalarındaki BTX bileşiklerinin zamansal değişimlerinin genel değerlendirmesi verilmiştir. BTX bileşiklerinin ortalama seviyeleri Haziran – Temmuz ayları arasında (toplam 43 gün) Ksilenler (*o,m,p*) için  $2,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , toluen için  $1,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve benzen için  $1,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür; Ağustos ve Eylül ayları arasında (toplam 37 gün) Ksilenler (*o,m,p*) için  $2,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , toluen için  $3,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve benzen için  $1,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür; Eylül ve Ekim ayları arasında (toplam 26 gün) Ksilenler (*o,m,p*) için  $3,34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , toluen için  $2,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve benzen için  $1,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür ve Ekim ve Kasım ayları arasında (toplam 28 gün) Ksilenler (*o,m,p*) için  $4,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , toluen için  $2,94 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve benzen için  $2,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. En yüksek TUOB seviyeleri Ekim ve Kasım ayları arasında  $98,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; en düşük TUOB seviyeleri ise Haziran ve Temmuz ayları arasında  $44,26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak gözlenmiştir.

Tablo 15

Gelibolu’da BTX bileşikleri ve TUOB düzeylerinin zamansal değişimi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

UOB Türü	22 Haziran – 4 Ağustos	4 Ağustos – 10 Eylül	10 Eylül – 6 Ekim	6 Ekim – 3 Kasım
Benzen	$1,0 \pm 0,5$ (0,1 - 2,6)	$1,7 \pm 0,7$ (0,6 - 2,9)	$1,4 \pm 0,5$ (0,1 - 2,1)	$2,6 \pm 0,9$ (0,8 - 4,1 )
Toluen	$1,2 \pm 0,9$ (0,1 - 3,3)	$3,0 \pm 4,2$ (0,6 - 17,7)	$2,0 \pm 1,7$ (0,1 - 5,7)	$2,9 \pm 2,3$ (0,2 - 7,4)
Ksilenler ( <i>o,m,p</i> )	$2,1 \pm 2,0$ (0,1 - 6,6)	$2,7 \pm 2,5$ (0,4 - 9,8)	$3,3 \pm 3,3$ (0,2 - 10,7)	$4,7 \pm 4,5$ (0,4 - 13,8)
TUOB	$44,3 \pm 17,5$ ( 12,3 - 85,3)	$79,7 \pm 31,8$ (30,9 - 140,6)	$79,8 \pm 32,5$ (30,7 - 164,8 )	$98,8 \pm 46,7$ (41,8 - 193,2 )

\* ortalama  $\pm$  standart sapma (minimum - maksimum)

#### 4.5. TUOB ve BTX Düzeylerinin Meteorolojik Parametreler ve Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonları Sonuçları ile İlişkisi

Tablo 16’de 22 Haziran – 3 Kasım aralığındaki çalışma takvimi boyunca elde edilen tüm veriler için UOB ölçüm sonuçlarının meteorolojik veriler arasındaki korelasyon

incelenmiştir. Benzen, toluen, ksilenler ve TUOB düzeylerinin birbiri arasında pozitif yönlü ilişkiler olduğu saptanmıştır ( $p<0,01$ ). Benzen ile toluenin sıcaklık arasında negatif yönlü bir ilişki ( $p<0,01$ ); ksilenler ve TUOBlerin sıcaklık arasında negatif yönlü bir ilişki ( $p<0,05$ ) bulunmuştur Ayrıca, TUOB ile basınç arasında pozitif yönlü bir ilişki ( $p<0,05$ ); benzen ile basınç arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Bu durum ise BTX ve TUOB kirleticilerinin ortak bir kaynaktan yayıldığını göstermektedir.

Rüzgar atmosferdeki hareketliliğin en önemli parametrelerindendir. Kirleticilerin yatayda taşınımını, yani seyrelmelerini sağlamaktadır. Rüzgar hızı arttıkça kirletici konsantrasyonlarında azalma meydana gelmektedir. Özellikle deniz gibi bir bölgeden gelen hava akımları UOB konsantrasyonlarında azaltıcı etkisi bulunmaktadır ve atmosferdeki uçucu organik bileşikler sıcaklık ile ters orantılıdır (Altınkum, 2013).

Tablo 16

Bu çalışmada ölçülen BTEX ve TUOB düzeylerinin Gelibolu meteoroloji istasyonundan alınan veriler ile arasındaki korelasyonlar tablosu

Parametre	Benzen	Toluen	Ksilenler	TUOB	Sıcaklık	Nem
Benzen	1					
Toluen	0,63**	1				
Ksilenler	0,51**	0,91**	1			
TUOB	0,40**	0,14	0,07	1		
Sıcaklık	-0,52**	-0,38**	-0,30*	-0,34*	1	
Nem	0,11	0,21	0,26	-0,20	-0,39**	1
Basınç	0,53**	0,27	0,18	0,37*	-0,82**	0,09
Rüzgâr hızı	0,20	0,06	-0,06	-0,02	-0,16	-0,30*

n = 48; \*  $p<0,05$  ve \*\*  $p<0,01$ .

Tablo 17’de 22 Haziran – 3 Kasım aralığındaki çalışma takvimi boyunca elde edilen tüm veriler için UOB ölçüm sonuçlarının Merkez ilçedeki hava kalitesi ölçüm istasyonu verileri (PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>) ile arasındaki ilişki korelasyon ile araştırılmıştır. NO<sub>2</sub> ile benzen ve TUOB düzeyleri arasında pozitif yönlü ( $p<0,01$ ); ksilenler ile arasında pozitif yönlü anlamlı ilişkiler tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). Ayrıca, O<sub>3</sub> ile toluen ve TUOB arasında negatif yönlü ( $p<0,01$ ); ksilenler ile arasında negatif yönlü ilişki tespit edilmiş ve bu durum ozonun toluen, ksilen ve TUOBler ile farklı kaynaklardan yayıldığı düşünülebilir. ( $p<0,05$ ). Örnekleme döneminde BTX ve TUOB için ana kaynak trafik iken NO<sub>2</sub> ana kaynağı doğal gaz veya fosil yakıtların yanması olarak değerlendirilebilir.

Tablo 17

Bu çalışmada ölçülen BTEX ve TUOB düzeyleri ile Çanakkale Merkez’de kurulu olan hava kalitesi ölçüm istasyonu verileri arasındaki korelasyonlar tablosu

Parametre	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>
PM <sub>10</sub>	1				
SO <sub>2</sub>	-0,33*	1			
NO <sub>2</sub>	0,58*	0,24**	1		
NO <sub>x</sub>	0,81**	0,47**	0,66**	1	
O <sub>3</sub>	0,43**	0,16	-0,80**	-0,42**	1
Benzen	-0,05	-0,05	0,43**	0,06	-0,55
Toluen	-0,17	-0,11	0,39**	0,10	-0,39**
Ksilenler	-0,17	-0,18	0,32*	0,13	-0,35*
TUOB	-0,03	-0,28	0,25	-0,02	-0,41**

n = 48; \*  $p<0,05$  ve \*\*  $p<0,01$ .

Tablo 18’de 22 Haziran – 3 Kasım aralığındaki çalışma takvimi boyunca elde edilen tüm veriler için UOB ölçüm sonuçlarının Lapseki’deki hava kalitesi ölçüm istasyonu verileri (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>) ile arasındaki ilişkisi korelasyon ile araştırılmıştır. NO<sub>2</sub> ile benzen ve TUOB düzeyleri arasında pozitif yönlü ( $p<0,01$ ); ksilenler ile arasında pozitif yönlü anlamlı ilişkiler tespit edildiği için olduğundan ortak bir kaynaktan yayıldığı

düşünülebilir( $p<0,05$ ). Ayrıca,  $O_3$  ile toluen, benzen ve TUOB arasında negatif yönlü ( $p<0,01$ ); ksilenler ile arasında negatif yönlü ilişki tespit edildiği için farklı kaynaklar söz konusu olabilir ( $p<0,05$ ).

Tablo 18

Bu çalışmada ölçülen BTEX ve TUOB düzeyleri ile Lapseki'de kurulu olan hava kalitesi ölçüm istasyonu verileri arasındaki korelasyonlar tablosu

Parametre	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>
SO <sub>2</sub>	1			
NO <sub>2</sub>	-0,29*	1		
NO <sub>x</sub>	0,20	0,66**	1	
O <sub>3</sub>	0,22	-0,80**	-0,42**	1
Benzen	-0,14	0,43**	0,06	-0,55**
Toluen	-0,16	0,39**	0,10	-0,39**
Ksilenler	-0,15	0,32*	0,13	-0,35*
TUOB	-0,07	0,25	-0,02	-0,41**

n = 48; \*  $p<0,05$  ve \*\*  $p<0,01$ .

## BEŞİNCİ BÖLÜM

### SONUÇ VE ÖNERİLER

#### 5.1. Sonuçlar

Bu tez çalışması sonucunda Çanakkale'nin Gelibolu ilçesinde yoğun deniz ve karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kalitesi düzeylerinin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada yerleşim yoğunluğu ve trafik yoğunluğu dikkate alınarak seçilen 7 farklı örnekleme noktasında atmosferdeki UOB örnekleri pasif yöntemle toplanmıştır. Çalışma boyunca toplam 54 tane UOB örneği 22 Haziran ve 03 Kasım 2020 tarih aralığında toplanmıştır. Sonuçlara göre; 22 Haziran ve 03 Kasım tarihleri arasında ortalama konsantrasyonlar benzen için  $1,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , toluen için  $2,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , (o,m,p) ksilenler için  $2,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve TUOB için  $70,81 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

Çalışma sonuçlarına göre; 22 Haziran ile 3 Kasım tarih aralığında en yüksek benzen bileşiği G2 noktasında  $2,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , toluen bileşiği G2 noktasında  $3,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , (o,m,p) ksilenler G4 noktasında  $7,52 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve TUOB G6 noktasında  $99,90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  iken en düşük konsantrasyona sahip noktalar benzen bileşiği G3 noktasında  $1,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , toluen bileşiği G3 noktasında  $1,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , (o,m,p) ksilenler G5 noktasında  $1,52 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve TUOB ise G4 noktasında  $62,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.

Kurban Bayramı 2020 yılında 31 Temmuz ve 3 Ağustos tarihleri arasında olup bizim çalışma periyotlarına (13 Temmuz – 4 Ağustos) denk gelmiştir. Kurban Bayramında Gelibolu-Lapseki hattı da dahil Çanakkale'de ki bütün feribot hatlarında toplamda 16 feribot saatsiz çalışmış ve günde ortalama 20 bin araç feribot ile karşıya transfer olmuştur. Geçen yıla kıyasla Çanakkale'de bütün feribot hatlarında COVID19 pandemisine rağmen taşınan araç sayısında %10'luk bir artış görülmüştür. Bu durum göz önüne alındığında 22 Haziran'dan 4 Ağustos'a kadar ortalama benzen  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , toluen  $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , (o,m,p) ksilenler  $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve TUOB  $44,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  iken Kurban bayramının bitmesiyle birlikte 3

Kasım'a kadar ortalama benzen  $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , toluen  $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , (*o,m,p*) ksilenler  $3,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve TUOB  $86,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak hesaplanmıştır.

Meteorolojik veri değerleri incelendiğinde ortalama en dūşük sıcaklık Kasım ayında  $11,9 \text{ }^\circ\text{C}$ , rüzgâr hızı ise en dūşük Haziran ayında  $2,8 \text{ m/s}$  iken; en yüksek sıcaklık Ağustos ve Temmuz aylarında  $25,9 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $25,4 \text{ }^\circ\text{C}$ , en yüksek rüzgâr hızları sırasıyla  $5,7 \text{ m/s}$  Kasım,  $5,4 \text{ m/s}$  Temmuz,  $5,3 \text{ m/s}$  Eylül aylarında ölçülmüştür. Benzen, toluen, ksilenler ve TUOB arasında pozitif yönlü; benzen ve sıcaklık arasında negatif yönlü bir ilişki saptanmıştır. Bu bilgilere ek olarak benzen  $\text{NO}_2$  ve  $\text{NO}_x$  pozitif yönlü bir ilişki; TUOB ile  $\text{NO}_x$  arasında da pozitif yönlü anlam ilişkisi saptanmıştır ( $p<0,05$ ).

Tablo 19'de diğer çalışmalar incelendiğinde bizim çalışmamıza benzer olarak en yüksek yüzdeye sahip BTX türü (*o,m,p*) ksilenler ve toluen olmaktadır. TUOB miktarları Çanakkale'nin Merkez ilçesinde  $185 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Çan ilçesinde  $197,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve Lapseki ilçesinde ise  $168 \mu\text{g}/\text{m}^3$  iken (Menteşe vd., 2020); bu çalışmanın sonuçlarına göre Gelibolu'da TUOB miktarı diğerlerinden daha düşük ( $70,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) olarak ölçülmüştür. BTX bileşikleri karşılaştırıldığında ise; Çanakkale'nin Merkez ilçesinde benzen  $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , toluen  $7,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve (*o,m,p*) ksilenler  $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Kilitbahir ilçesinde benzen  $3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , toluen  $7,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve (*o,m,p*) ksilenler  $5,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  iken (Mentese ve Akca, 2020); bu çalışmada Gelibolu'da benzen  $1,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , toluen  $2,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ve (*o,m,p*) ksilenler  $2,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür. BTX bileşiklerinde benzen değeri Merkez ve Kilitbahir ilçesindeki değerlere daha yakın sonuç gösterirken; toluen ve ksilenler de Gelibolu ilçesinde diğer ilçelere göre daha azdır.



Tablo 19

UOB düzeylerinin literatürdeki benzer çalışmalarla karşılaştırılması ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Çalışma bölgesi	Benzen	Toluen	Ksilenler	TUOB	Kaynak
İzmir	3,31	15,39	7,85	-	Elbir vd. (2007)
Ankara	2,18	7,89	2,69	-	Yurdakul vd. (2013)
Çanakkale, Merkez	2,4	7,0	5,5	-	Mentese ve Akca (2020)
Çanakkale, Kilitbahir	3,2	7,6	5,2	-	Mentese ve Akca (2020)
Çanakkale, Merkez	-	-	-	185,0	Mentese vd. (2020)
Çanakkale, Çan	-	-	-	197,1	Mentese vd. (2020)
Çanakkale, Lapseki	-	-	-	168,0	Mentese vd. (2020)
Çanakkale, Gelibolu	1,63	2,01	2,85	70,81	Bu çalışma

## 5.2. Öneriler

Çanakkale Gelibolu ilçesinde hava kalitesini belirlemeye yönelik bugüne kadar bir çalışma gerçekleştirilmemiştir. Günümüzde dış ortam hava kirleticilerin hem çevre, hem de sağlık etkileri hakkında birçok çalışma yapılmıştır. Bugüne kadar karasal ve deniz trafiğinin artması sonucunda özellikle uçucu organik bileşiklerin trafik açısından değerlendirilmesi konusu ile ilgili de hem Türkiye’de hem de Dünya’da önem arz bir konu haline gelmiştir.

Tüm çalışma sonuçları incelendiğinde Gelibolu’da 2020 yılında yaşanan pandemi sürecindeki yasaklar yavaş yavaş etkisini yitirdikten sonra Gelibolu’da gözle görülebilen şekilde motorlu taşıt sayılarında (özellikle bayramdan sonra) artışlar gözlenmiştir. B doğrultuda ise uçucu organik bileşik konsantrasyonlarında da artışlar meydana gelmiştir. Bu çalışma Gelibolu’nun hava kalitesine yönelik bilgi veren ilk çalışma olması nedeniyle yürütülen bu çalışmayı özgün bir çalışma haline getirmiştir.

Gelecekte Gelibolu ilçesine bir otomatik hava kalitesi izleme istasyonu yerleştirilmesi durumunda, UOB'lerin NO<sub>x</sub> ve O<sub>3</sub> ile etkisi de geniş kapsamlı olarak incelenebilecektir. Bu çalışmanın sonraki çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.



## KAYNAKÇA

- Akbulak, C., Erginal, A.E., ve Öztürk, B. (2008). “Gelibolu Yarımadası’nın Kuzeybatı Kıyılarında Arazi kullanımının Uzaktan Algılama İle İncelenmesi.” *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (20), 41-50.
- Alkan, A. (2018).”Hava Kirliliğinin Ciddi Boyutlara Ulaştığı Kentlere Bir Örnek: Siirt.” *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2), 641-666.
- Altinkum, N. (2013). “Meteorolojik parametrelerin atmosferik uçucu organik bileşikleri üzerine etkisinin yapay sinir ağları ile modellenmesi”. YTÜ Davutpaşa Kampüsü Örneği.” YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Alyüz, B. ve Sevil, V. (2006). “İç Ortam Havasında Bulunan Uçucu Organik Bileşikler Ve Sağlık Üzerine Etkileri.” *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 109-116.
- Atamaleki, A., Zarandi, S.M., Massoudinejad, M., Esrafilı, A. and Khaneghah, A.M. (2022). “Emission of BTEX compounds from the frying process: Quantification, environmental effects, and probabilistic health risk assessment.” *Environmental Research*, 204, 112295.
- Atay L., Aksu M., Yıldırım H. M., Korkmaz H. (2019). “Çanakkale Turizm Envanteri ve Strateji Çalışması Çanakkale Destinasyonu”, ÇOMÜ Turizm Fakültesi.
- Avşar, E. (2015). “Balıkesir İli Burhaniye İlçesi (İskele Mahallesi) Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi.” *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(1), 68-82.
- Beevers, S.D., Westmoreland, E. Jong, M.C., Williams, M.L. and Carslaw, D.C. (2012). “Trends in NOx and NO2 emissions from road traffic in Great Britain”. *Atmospheric Environment*, 54, 107-116.
- Behcet, R. ve Yakın, A. (2020). “Malatya İli Trafik Kaynaklı Hava Kirliticilerinin Emisyon Envanteri.” *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(4), 2783-2790.
- Bozkurt, Z., Üzmez, Ö.Ö., Döğeroğlu, T., Artun, G., and 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.
- Cacciola, R.R., Sarva, M. and Polosa, R. (2002). “Adverse respiratory effects and allergic susceptibility in relation to particulate air pollution: flirting with disaster.” *Allergy*, 57(4), 281-286.

- Cai, C.J., Geng, F.H., Tie, X.X., Yu, Q., Peng, L. and Zhou, G.Q. (2010). "Characteristics of ambient volatile organic compounds (VOCs) measured in Shanghai, China." *Sensors*, 10(8), 7843-7862.
- Cao, X., Yao, Z., Shen, X., Ye, Y., and Jiang, X. (2016). "On-road emission characteristics of UOBs from light-duty gasoline vehicles in Beijing, China." *Atmospheric Environment*, 124, 146-155.
- Carslaw, D.C. (2005). "Evidence of an increasing NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> emissions ratio from road traffic emissions." *Atmospheric Environment*, 39(26), 4793-4802.
- Chen, K.S, Lai, C.H. and Ho, Y.T. (2003). "Source profiles and ozone formation potentials of volatile organic compounds in three traffic tunnels in Kaohsiung, Taiwan." *Journal of the Air & Waste Management Association*, 53(1), 102-112.
- Chen, S., Cui, K., Yu, T.Y., Chao, H. R., Hsu, Y.C., Lu, I.C., and Kwong-Leung, J.Y. (2019). "A big data analysis of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> from low cost air quality sensors near traffic areas." *Aerosol and Air Quality Research*, 19(8), 1721-1733.
- chromatography - Part 2: Diffusive sampling.
- Cruz, L. P., Santos, D. F., dos Santos, I. F., Gomes, Í. V., Santos, A. V., and Souza, K. S. (2020). "Exploratory analysis of the atmospheric levels of BTEX, criteria air pollutants and meteorological parameters in a tropical urban area in Northeastern Brazil." *Microchemical Journal*, 152, 104265.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) (2016). "Oto Boya Sektörü Çalışanlarının Toluen Ve Benzen Maruziyet Düzeyinin Araştırılması".
- Dalkılıç, E. (2019). "Endüstriyel ortam havasında uçucu organik bileşiklerin tespiti", (Yüksek Lisans tezi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).
- Darçın, P., ve Balanlı, A. (2018). "Yapı Ürünlerinden Kaynaklanan Uçucu Organik Bileşiklerin Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi". *Megaron*, 13(4), 597.
- Davidson, C. J., Hannigan, J. H., and Bowen, S. E. (2021). "Effects of inhaled combined Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylenes (BTEX): Toward an environmental exposure model." *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 81, 103518.
- Dehghani, M. H., Baghani, A. N., Fazlzadeh, M., and Ghaffari, H. R. (2019). "Exposure and risk assessment of BTEX in indoor air of gyms in Tehran, Iran." *Microchemical Journal*, 150, 104135

- Demir, S. (2011). "İstanbul Atmosferinde Uçucu Organik Bileşik Kirliliğinin Kaynaklarının Belirlenmesi: YTÜ Davutpaşa Kampüsü Örneği." YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- Demirel, G. (2010). "Eskişehir, İskenderun ve Payas'taki ilköğretim okulu öğrencilerinin uçucu organik bileşiklere kişisel maruziyetlerinin incelenmesi" (Doktora tezi, Anadolu Üniversitesi).
- Demirel, H., ve Ateş, A. (2018). "Sapanca Gölü çevresinde karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kirleticilerinin emisyon envanteri." *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 150-158.
- Elbir, T., Bayram, A., Kara, M., Altıok, H., Seyfioğlu, R.S., Ergün, P., ve Şimşir, S. (2010). "İzmir kent merkezinde karayolu trafiğinden kaynaklanan hava kirliliğinin incelenmesi." *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 12(1), 1-17.
- Elbir, T., Cetin, B., Cetin, E., Bayram, A., and Odabasi, M. (2007). Characterization of volatile organic compounds (VOCs) and their sources in the air of Izmir, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 133(1-3), 149-160.
- Environmental Protection agency (EPA), 2018. "VOC Emissions." <https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/consumer-products-national-volatile-organic-compound-emission>
- Fay, M., Risher, J., and Wilson, J. D. (2007). "Toxicological profile for xylene". ATSDR.
- Filley, C. M., Halliday, W., and Kleinschmidt-DeMasters, B. K. (2004). "The effects of toluene on the central nervous system." *Journal of Neuropathology & Experimental Neurology*, 63(1), 1-12.
- Fischer, P.H., Hoek, G., van Reeuwijk, H.D.J.B., Briggs, D.J., Lebret, E., Van Wijnen, J. H., ... and 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.
- Gao, S., Jin, L., Shi, J., Han, B., Wang, X., Peng, Y., and Bai, Z. (2012). "VOCs emission characteristics and emission factors of light-duty gasoline vehicles with bench test." *China Environmental Science*, 32(3), 397-405.
- Garg, A., and Gupta, N.C. (2019). "A comprehensive study on spatio-temporal distribution, health risk assessment and ozone formation potential of BTEX

- emissions in ambient air of Delhi, India.” *Science of the Total Environment*, 659, 1090-1099.
- Garg, A., Gupta, N.C., and Tyagi, S.K. (2019). “Levels of benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene near a traffic-congested area of East Delhi”. *Environmental Claims Journal*, 31(1), 5-15.
- Gelibolu Belediyesi, (2020), “Gelibolu’nun Tarihçesi.” Erişim: 09.11.2021. <http://www.gelibolu.bel.tr/bpi.asp?caid=96&cid=283>
- Gemi Seferleri, (2021).”Gemi Seferleri Bilgileri. ”Erişim: 14.12.2020 <https://www.gemiseferleri.com/canakkale-eceabat-feribot-seferleri/>
- GESTAŞ, (2020) Erişim adresi: <https://www.hurriyet.com.tr/seyahat/koronaviruse-ragmen-feribotla-tasinan-tatilci-sayisi-artti-41580961>
- Getrler, A.W. (2005). “Diesel vs. gasoline emissions: Does PM from diesel or gasoline vehicles dominate in the US”. *Atmospheric Environment*, 39 (2005), 2349–2355.
- Ghaffari, H.R., Kamari, Z., Hassanvand, M.S., Fazlzadeh, M., and Heidari, M. (2021). “Level of air BTEX in urban, rural and industrial regions of Bandar Abbas, Iran; indoor-outdoor relationships and probabilistic health risk assessment.” *Environmental Research*, 200, 111745.
- Güler, Ç., Akın, L., Akın, A., Akşit, B., Akgün, S., Altıntaş, K. H., and Yıldız, A.N. (2015). “Halk Sağlığı Temel Bilgiler 3”. Hacettepe Üniversitesi Yayınları.
- Harrison, R.M., Allan, J., Carruthers, D., Heal, M.R., Lewis, A.C., Marnier, B., and Williams, A. (2021). “Non-exhaust vehicle emissions of particulate matter and UOB from road traffic: A review.” *Atmospheric Environment*, 118592.
- ISO 16017-2, (2003). Indoor, ambient and workplace air - Sampling and analysis of volatile organic compounds by sorbent tube/thermal desorption/capillary gas chromatography — Part 2: Diffusive sampling.
- Kampa, M., and Castanas, E. (2008).” Human health effects of air pollution.” *Environmental Pollution*, 151(2), 362-367.
- Kandyala, R., Raghavendra, S.P.C., and Rajasekharan, S.T. (2010). “Xylene: An overview of its health hazards and preventive measures.” *Journal of oral and Maxillofacial Pathology: JOMFP*, 14(1), 1.
- Kaya, G. (2020).” Tekkeköy (Samsun) İlçe Merkezinde Karayolu Trafikinden Kaynaklanan Emisyon Envanterinin Belirlenmesi.” *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(1), 1-13.

- Karayolu Genel Müdürlüğü (KGM), (2021). Erişim: 12.12.2020  
<https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Istatistikler/TrafikveUlasim.aspx>
- Kuntasal, Ö.O., Kılavuz, S.A., Karman, D., Wang, D., and Tuncel, G. (2013). “C5–C12 volatile organic compounds at roadside, residential, and background locations in Ankara, Turkey: Temporal and spatial variations and sources.” *Journal of the Air and Waste Management Association*, 63(10), 1148-1162.
- Lal, S., and Patil, R.S. (2001).” Monitoring of atmospheric behaviour of NO<sub>x</sub> from vehicular traffic. “*Environmental Monitoring and Assessment*, 68(1), 37-50.
- Lee, S.C., Chiu, M.Y., Ho, K.F., Zou, S.C., and Wang, X. (2002). “Volatile organic compounds (VOCs) in urban atmosphere of Hong Kong.” *Chemosphere*, 48(3), 375-382.
- Lewis, A. C. (2018). “The changing face of urban air pollution.” *Science*, 359(6377), 744-745.
- Liu, C., Xu, Z., Du, Y., and Guo, H. (2000). “Analyses of volatile organic compounds concentrations and variation trends in the air of Changchun, the northeast of China. “*Atmospheric Environment*, 34(26), 4459-4466.
- Liu, N., Lin, W., Ma, J., Xu, W. And Xu, X. (2019). “Seasonal variation in surface ozone and its regional characteristics at global atmosphere watch stations in China.” *Journal of Environmental Sciences*, 77, 291-302.
- Liu, Y., Shao, M., Fu, L., Lu, S., Zeng, L., and Tang, D. (2008). “Source profiles of volatile organic compounds (VOCs) measured in China: Part I.” *Atmospheric Environment*, 42(25), 6247-6260.
- Mentese S, (2009). “Bina içi hava kalitesinin belirlenmesi ve kaynaklarının tespiti,” (Doktora tezi), Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, s.456.
- Mentese, S., and Akca, B. (2020). “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.
- Mentese, S., Mirici, N. A., Elbir, T., Tuygun, G. T., Bakar, C., Otkun, M. T., and Oymak, S. (2020). “A comprehensive assessment of ambient air quality in Çanakkale city: emission inventory, air quality monitoring, source apportionment, and respiratory health indicators.” *Atmospheric Pollution Research*, 11(12), 2282-2296.

- MGM, (2020). Meteoroloji Genel Müdürlüğü Erişim:10.10.2021, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H>
- Monks, P. S., Granier, C., Fuzzi, S., Stohl, A., Williams, M. L., Akimoto, H., and von Glasow, R. (2009). "Atmospheric composition change—global and regional air quality." *Atmospheric Environment*, 43(33), 5268-5350.
- Morcalı, M.H., ve Akan, D.S. (2017). "Kahramanmaraş hava kirliliği kaynaklarının izlenmesi ve belirlenmesi." *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(2), 105-115.
- Muezzinoglu, A., Odabasi, M., and Onat, L. (2001). "Volatile organic compounds in the air of Izmir, Turkey". *Atmospheric Environment*, 35(4), 753-760.
- Müezzinoğlu, A. (2000). Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları. Dokuz Eylül Yayınları, İzmir.
- Ogata, M., Tomokuni, K., and Takatsuka, Y. (1970). "Urinary excretion of hippuric acid and m-or p-methylhippuric acid in the urine of persons exposed to vapours of toluene and m-or p-xylene as a test of exposure." *Occupational and Environmental Medicine*, 27(1), 43-50.
- Özden, Ö., Döğeroğlu, T. and Kara, S. (2008). "Assessment of ambient air quality in Eskişehir, Turkey." *Environment International*, 34(5), 678-687.
- Pilidis, G.A., Karakitsios, S.P, and Kassomenos, P.A. (2005). "BTX measurements in a medium-sized European city." *Atmospheric Environment*, 39(33), 6051-6065.
- Popitanu, C., Cioca, G., Copolovici, L., Iosif, D., Munteanu, F. D. and Copolovici, D. (2021). "The Seasonality Impact of the BTEX Pollution on the Atmosphere of Arad City, Romania." *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 4858.
- Prévôt, A.S., Dommen, J. And Bäumle, M. (2000). "Influence of road traffic on volatile organic compound concentrations in and above a deep Alpine valley." *Atmospheric Environment*, 34(27), 4719-4726.
- Reşitoğlu, İ.A. (2018). "Dizel Motorlarda Yanma Sonucu Oluşan NOx Emisyonları ve SCR Teknolojisi." 14th International Combustion Symposium (INCOS2018), 212-216.
- Saucedo, M.O., Rodriguez, S.H.S., Flores, C.F.A., Valenzuela, R.B. and Luna, M.A.L. (2019). "Effects of ultraviolet radiolet (UV) in domestic animals. Review." *Rev Mex Cienc Pecu*, 10(2), 416-432.



- Shindell, D., Kuylenstierna, J. C., Vignati, E., van Dingenen, R., Amann, M., Klimont, Z., and Fowler, D. (2012). "Simultaneously mitigating near-term climate change and improving human health and food security." *Science*, 335(6065), 183-189.
- Shon, Z. H., Kim, K. H. And Song, S. K. (2011). "Long-term trend in NO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> levels and their emission ratio in relation to road traffic activities in East Asia." *Atmospheric Environment*, 45(18), 3120-3131.
- Skov, H., Hansen, A. B., Lorenzen, G., Andersen, H. V., Løfstrøm, P., and Christensen, C. S. (2001). "Benzene exposure and the effect of traffic pollution in Copenhagen, Denmark". *Atmospheric Environment*, 35(14), 2463-2471.
- Taner, S. ve Özdemir, U. (2012). "Farklı Çalışma Ortamlarında Oluşabilecek Hava Kirliliğinin Çalışanların Sağlığı Üzerindeki Etkileri/The Effects Of Air Pollution On Workers' Health In Different Work Places". *Journal of History Culture and Art Research*, 1(4), 190-198
- Tecer, L.H., Tagıl, S., ve Fıçıcı, M. (2017). "Ergene Havzası'nda Uçucu Organik Kirlenmelerin Mevsimsel Ve Mekansal Değişkenliğinin Modellemesi." VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 1-3 Kasım 2017, Antalya, Bildiriler Kitabı, 718-729.
- Tokgöz, M. A. (2019). "Motorlu Kara Taşıtlarında Karbon Dioksit Ve Hava Kirlenici Emisyonlarının Tarihsel Gelişimi Ve Elektrikli Araçlara Geçiş İle Sağlanabilecek Potansiyel Emisyon Azaltımları" Doktora Tezi, İstanbul Medeniyet Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mühendislik Anabilim Dalı.
- Truc, V.T.Q., and Oanh, N.T.K. (2007). "Roadside BTEX and other gaseous air pollutants in relation to emission sources." *Atmospheric Environment*, 41(36), 7685-7697.
- TÜİK, (2021). Türkiye İstatistik Kurumu, <https://www.tuik.gov.tr/> Erişim Tarihi: 26.12.2021.
- Wang, L.K. (2005). "Advanced air and noise pollution control" Handbook of Environmental Engineering book series, vol: 2, pp. 3-33.
- Ulaştırma ve Alt Yapı Bakanlığı (UAB), (2021)., <https://denizcilikistatistikleri.uab.gov.tr/turk-bogazlari-gemi-gecis-istatistikleri>. Erişim Tarihi: 25.01.2022.
- Wang, N., Li, N., Liu, Z., and Evans, E. (2016). "Investigation of chemical reactivity and active components of ambient VOCs in Jinan, China." *Air Quality, Atmosphere and Health*, 9(7), 785-793.

- Wang, P., and Zhao, W. (2008). "Assessment of ambient volatile organic compounds (VOCs) near major roads in urban Nanjing, China." *Atmospheric Research*, 89(3), 289-297.
- Whitmore, M.E. (1985). "Effects of SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> on plant growth. Sulfur dioxide and vegetation." *Physiology, Ecology and Policy Issues*, 281-295.
- Wiseman, C.L., Niu, J., Levesque, C., Chénier, M., and Rasmussen, P.E. (2018). "An assessment of the inhalation bioaccessibility of platinum group elements in road dust using a simulated lung fluid." *Environmental Pollution*, 241, 1009-1017.
- Yakın, A. ve Behçet, R. (2019). "Van İli Trafik Kaynaklı Hava Kirleticilerinin Emisyon Envanteri." *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(3), 1567-1573.
- Yurdakul, S., Civan, M., & Tuncel, G. (2013). "Volatile organic compounds in suburban Ankara atmosphere, Turkey: sources and variability." *Atmospheric Research*, 120, 298-311.
- Yurdakul, S., Civan, M., Kuntasal, Ö., Doğan, G., Pekey, H., and Tuncel, G. (2018). "Temporal variations of VOC concentrations in Bursa atmosphere." *Atmospheric Pollution Research*, 9(2), 189-206.
- Zhang, R., Zhang, Y., Lin, H., Feng, X., Fu, T.M., and Wang, Y. (2020). "NO<sub>x</sub> emission reduction and recovery during COVID-19 in East China." *Atmosphere*, 11(4), 433.
- Zhou, Y., Wu, Y., Yang, L., Fu, L., He, K., Wang, S. and Li, C. (2010). "The impact of transportation control measures on emission reductions during the 2008 Olympic Games in Beijing, China." *Atmospheric Environment*, 44(3), 285-293.

## EKLER



## EK 1



EK Şekil 1: G2 noktasında örnekleme tütünün asılı olduğu alan



EK Şekil 2: G1 noktasında örnekleme tütünün asılı olduğu alan



EK Şekil 3 : G3 noktasında örnekleme tüpünün asılı olduğu alan



EK Şekil 4 : G6 noktasında örnekleme tüpünün asılı olduğu alan

