

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İZMİT KENTİ YERLEŞİM ALANINDA BTEX SEVİYELERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

BÜŞRA EMİR

KOCAELİ 2020

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İZMİT KENTİ YERLEŞİM ALANINDA BTEX
SEVİYELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

BÜŞRA EMİR

Dr.Öğr. Üyesi Mihriban CİVAN

Danışman, Kocaeli Üniversitesi

.....

Doç.Dr. Şenay ÇETİN DOĞRUPARMAK

Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi

.....

Doç.Dr. Deniz GERÇEK KURT

Jüri Üyesi, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 26.06.2020

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu yüksek lisans tezi, Kocaeli'nin merkez ilçesi olan İzmit bölgesinde son yıllarda sanayinin ve trafikteki araç sayısının artışıyla birlikte benzen, toluen, etilbenzen ve m,p,o ksilen (BTEX) kirleticilerinin neden olduğu kirlilik seviyelerinin araştırılması ve kirlilik kaynaklarının belirlenmesini kapsamaktadır. Bu çalışmada BTEX'lerin araştırılması yapılarak literatürde daha önce yapılmış bilimsel araştırmalar ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Yaz ve kış mevsimi olmak üzere farklı mevsimlerde ve farklı noktalardan alınan örneklerle BTEX'lerin seviyeleri, mevsimsel dağılımları, mekânsal dağılımları ve oluşum kaynakları araştırılmıştır.

Bu çalışmamın gerçekleşmesinin her aşamasında büyük desteği ve emeği olan, bilgi ve tecrübesiyle yönlendirmeler yaparak bana yardımcı olan, çalışma sırasında gösterdiği anlayışından ötürü saygı değer tez danışman hocam, sayın Dr. Öğ. Üyesi Mihriban YILMAZ CİVAN'a en büyük teşekkürlerimi sunarım. Sayın hocam Doç. Dr. Deniz GERÇEK KURT'a tez savunma jürisi üyesi ve aynı zamanda tez yazımda katkılarından dolayı teşekkürü borç bilirim. Sayın hocam Doç. Dr. Şenay ÇETİN DOĞRUPARMAK tez savunma jürisi üyeleri olarak tezime sağladıkları katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Tez aşamasında yardımları için Erdinç Bey'e ve Samet Bey'e teşekkür ederim.

Üniversite hayatımda tanışmaya nail olduğum, her zora düştüğümde bilgi ve fikirleri ile her zaman mantıklı düşünmemi sağlayan, yüksek lisans sürecimin tamamlanmasındaki en büyük destekçim dostum Hilal'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman yanımda olan sevgili arkadaşlarım Handan, Melike ve Merve'ye teşekkür ederim.

Hayatım boyunca en büyük katkıda bulunan, bana her zaman inanan, güvenen, daima yanımda olan, sevgili annem Fatma EMİR'e, babam Celalettin EMİR'e, ablam Aliye EREN'e ve abim Ahmet Salih EREN'e teşekkürlerimi borç bilirim.

Bu tezde yorumlanan veri seti Kocaeli Üniversitesi Teknoloji Transfer Ofisi (TTO) ve Kocaeli Büyükşehir Belediyesi işbirliği ile gerçekleştirilen "Gerçek D., Güven İ. T., Civan M., Türkoğlu H., 2019. İzmit İlçesi, Kentsel Yaşam Kalitesinin Ölçülmesi Çalışması Sonuç Raporu, KOUTTO- Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Kocaeli." den alınmıştır. Bu veri setini tez çalışması amaçlı yorumlanmak üzere sağlayan proje ekibine teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLolar DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	vii
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER.....	3
1.1. Hava Kirliliği.....	3
1.2. Uçucu Organik Bileşikler (UOB'ler)	7
1.3. BTEX	10
1.3.1. Benzen	10
1.3.2. Toluen.....	12
1.3.3. Etilbenzen.....	14
1.3.4. Ksilen	15
1.4. BTEX Emisyonu ile ilgili Dünya ve Ulusal Mevzuatlar.....	16
1.5. Literatür İncelemesi.....	20
2. MALZEME VE YÖNTEM.....	26
2.1. Çalışma Alanı	26
2.2. Çalışmanın Kapsamı.....	28
2.3. Örnek Alma Noktaları	28
2.4. BTEX'lerin Örnekleme ve Ölçüm Teknikleri.....	30
2.5. Verilerin Kalite Kontrolü	32
2.5.1. Şahit örnek analizleri.....	32
2.5.2. Ölçüm yapılan cihazların tayin sınırları	33
3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR	34
3.1. BTEX Kirleticileri Konsantrasyonları.....	34
3.2. BTEX'lerin Mevsimsel Değişimi.....	43
3.3. BTEX'lerin Mekansal Dağılımı	49
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	58
KAYNAKLAR	60
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER	68
ÖZGEÇMİŞ	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Triloji: kaynak – taşınım – reseptör	5
Şekil 1.2.	Başlıca birincil ve ikincil hava kirleticileri ve kaynakları.....	6
Şekil 1.3	Troposferik ozonun oluşum mekanizması	9
Şekil 1.4.	Benzin içerisinde bulunan BTEX bileşenlerinin ağırlıkça dağılımı.....	11
Şekil 2.1.	Kocaeli haritası.....	26
Şekil 2.2.	Çalışmada örnekleme yapılan noktaların harita üzerindeki konumları	29
Şekil 2.3.	BTEX pasif örnekleme tüp şeması.....	31
Şekil 2.4.	Tüplerin arazideki konumlarını gösteren fotoğraflar	32
Şekil 3.1.	Örnekleme noktalarının (m+p)-X/E yaz ve kış oranları.....	41
Şekil 3.2.	Örnekleme noktalarının T/B yaz ve kış oranları	42
Şekil 3.3.	BTEX konsantrasyonlarının mevsimsel değişimleri.....	47
Şekil 3.4.	BTEX konsantrasyonlarının kış ve yaz oranları	48
Şekil 3.5.	(a) Kış ve (b) yaz örnekleme için benzen kirletici konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mekânsal dağılımı	50
Şekil 3.6.	(a) Kış ve (b) yaz örnekleme için toluen kirletici konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mekânsal dağılımı	52
Şekil 3.7.	(a) Kış ve (b) yaz örnekleme için etilbenzen kirletici konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mekânsal dağılımı	54
Şekil 3.8.	(a) Kış ve (b) yaz örnekleme için m,p-ksilen kirletici konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mekânsal dağılımı	55
Şekil 3.9.	(a) Kış ve (b) yaz örnekleme için o-ksilen kirletici konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mekânsal dağılımı	56

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Temiz ve kirli hava konsantrasyonları	3
Tablo 1.2. Benzenin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	12
Tablo 1.3. Toluenin fiziksel ve kimyasal özellikleri	13
Tablo 1.4. Etilbenzenin fiziksel ve kimyasal özellikleri	14
Tablo 1.5. Ksilen ve isomerlerinin fiziksel, kimyasal yapısı ve özellikleri.....	15
Tablo 1.6. Organik buhar ve gaz emisyonları için sınır değerleri	17
Tablo 1.7. Organik buhar ve gazlar sınıf listesi.....	17
Tablo 1.8. Kanserojen maddeler için sınır değerler.....	19
Tablo 1.9. Kanserojen maddeler listesi	19
Tablo 2.1. Örnekleme noktaları koordinatları ve isimleri	28
Tablo 2.2. Laboratuvar ve arazi şahit örneklerinde BTEX konsantrasyonları	33
Tablo 2.3. Laboratuvar şahit değerleriyle alan şahit değerlerinin karşılaştırılması	33
Tablo 2.4. BTEX'lere ait belirleme sınırları (LOD) ve tayin sınırları (LOQ).....	33
Tablo 3.1. Yaz örnekleme alanında çalışma alanı içinde ölçülen BTEX konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve istatistiksel verileri.....	35
Tablo 3.2. Kış örnekleme alanında çalışma alanı içinde ölçülen BTEX konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve istatistiksel verileri.....	36
Tablo 3.3. Yaz ve kış örnekleme sonuçlarının ortalaması BTEX konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve istatistiksel verileri.....	36
Tablo 3.4. Ölçülen BTEX kirleticilerin yurt içi ve yurt dışında gerçekleştirilen çalışmalarda ölçülen değerler ($\mu\text{g} / \text{m}^3$) ile karşılaştırılması	39
Tablo 3.5. Bu referans çalışma sonuçları ile farklı şehirlerde yapılan çalışmalarda hesaplanan T/B oranları	43

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

C	: kirleticinin atmosferdeki konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CO	: Karbonmonoksit
m_b	: kirleticinin arazi şahidi tüpü üzerine adsorblanan miktarı (μg)
m_s	: kirleticinin pasif örnekleme tüpü üzerine adsorblanan miktarı (μg)
NO _x	: Azotoksit
O ₃	: Ozon
O ₃	: Ozon
SO ₂	: Kükürt Dioksit
SO ₃	: Kükürttrioksit
t	: Örnekleme Süresi (saniye)
U	: Tutma sabiti (m^3/saniye)

Kısaltmalar

BTEX	: Benzen, Toluen, Etilbenzen ve m, p, o Ksilen
CARB	: Karbonil Bileşikleri
FID	: Alev İyonizasyon Dedektörleri
GK	: Gaz Kromatografi
HKDY	: Hava Kalitesi Değerlendirme Yönetmeliği
KYK	: Kentsel Yaşam Kalitesi
MS	: Mass Spectrometer (Kütle Spektrometresi Dedektörü)
PAN	: Peroksi Asetil
PAN	: Peroksi Asetil Nitrat
PMF	: Pozitif Matris Faktörizasyon Reseptör Modeli
SKHKKY	: Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
TD	: Termal Desorpsiyon
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UOB	: Uçucu Organik Bileşikler (VOC)
WHO	: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

İZMİT KENTİ YERLEŞİM ALANINDA BTEX SEVİYELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Bu çalışma da, İzmit kenti yerleşik alanında uçucu organik bileşiklerden (UOB) en yaygın görülen BTEX (Benzen, Toluen, Etilbenzen, m,p,o Ksilenler) kirleticilerinin seviyelerini belirlemek, mevsimsel değişimlerini ve mekânsal dağılımlarını değerlendirmek amaçlanmaktadır. Çalışmada yorumlanan ölçümler "İzmit kentinde Yaşam Kalitesinin Ölçülmesi Sonuç Raporundan alınmıştır" (Gerçek D., Güven İ.T., Civan M., Türkoğlu H., 2019). Bu referans çalışmada, mevsimlik varyasyonu değerlendirmek amacıyla, örnekleme pasif örnekleme yöntemi ile yaz ve kış mevsimlerinde İzmit bölgesindeki 14 noktada gerçekleştirilmiştir. Her örnekleme noktasında BTEX ölçümleri yapılmıştır. Örnekler GC MS cihazı kullanılarak analizleri gerçekleştirilmiştir. Yıllık ortalama benzen, toluen, etilbenzen, m,p-ksilen, o-ksilen konsantrasyon değerleri sırasıyla $2,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $5,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $1,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $1,94 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $1,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. Tez çalışması kapsamında BTEX'lerin olası kaynaklarını tahmin etmek amacıyla Toluen/Benzen (T/B) ve m,p-ksilen/etilbenzen ((m,p)X/E) oranları hesaplanmış ve bu kirleticilerin mekansal dağılımları değerlendirilmiştir. Ayrıca BTEX kirleticilerin yaz ve kış mevsimi sonuçları kıyaslanarak mevsimsel değişimleri değerlendirilmiştir. Sonuçlar benzen kirleticisinin araç emisyonlarından toluen, etilbenzen ve ksilen kirleticilerinin endüstri ve küçük sanayi tesislerinden kaynaklandığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: BTEX Kirleticileri, Mekansal Dağılım, Mevsimsel Değişim, Pasif Örnekleme.

EVALUATION OF BTEX LEVELS IN IZMIT CITY RESIDENTIAL AREA

ABSTRACT

In this study, it is aimed to determine the levels of the most common BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene, m,p,o xylenes) pollutants, and to evaluate their seasonal changes and spatial distribution in İzmit City. The measurements interpreted in the study were taken from the "Result Report on Measuring the Quality of Life in the city of İzmit" (Gerçek D., Guven I. T., Civan M., Turkoglu H., 2019). In this reference study, in order to evaluate the seasonal variation, sampling was carried out with passive sampling method at 14 points in the İzmit region during summer and winter seasons. BTEX measurements were made at each sampling point. The samples were analyzed using GC MS device. The mean annual concentrations of benzene, toluene, ethylbenzene, m,p-xylene, o-xylene were measured as 2,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 5,88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1,94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1,59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectively. To estimate the possible sources of BTEX, toluene/benzene (T / B) and m,p-xylene/ethylbenzene ((m,p)X/E) ratios were calculated and the spatial distribution of these pollutants was evaluated. In addition, the seasonal variations of BTEX pollutants were evaluated by comparing the results of summer and winter seasons. The results show that the benzene pollutant is derived from vehicle emissions; toluene, ethylbenzene, and xenon pollutants are derived from industry and small industrial facilities.

Keywords: BTEX Pollutants, Spatial Distribution, Seasonal Change, Passive Sampling.

GİRİŞ

Çevre kirliliği, Çevre Kanunu'nca çevrede meydana gelen ve canlıların sağlığını, çevresel değerleri ve ekolojik dengeyi bozabilecek her türlü olumsuz etki olarak tanımlanmıştır (Çevre Kanunu, 1983). Sanayi devrimi ile birlikte hızla artan üretim, enerji olarak fosil yakıt kullanımı çevresel kirlenmeye yol açmıştır (Artan ve diğ., 2015). Endüstrinin gelişmesi ve nüfusun artmasıyla birlikte özellikle kentsel yerleşim alanlarında hava kirliliğinin artmaya başladığı gözlemlenmiştir. Bu durum ise gelişmiş ve gelişmekte olan tüm ülkeleri yüksek derecede etkileyen önemli bir çevre sağlığı sorunu haline getirmiştir (Başar ve diğ., 2005).

Yoğun kentleşme, şehirlerde yanlış yerleşim planı oluşması, motorlu taşıt sayısının artması, düzensiz sanayileşme, kalitesiz yakıt kullanımı, topografik ve meteorolojik şartlar gibi nedenlerden dolayı özellikle büyük şehirlerde hava kirliliği sorunu yaşanmaktadır (Kocaeli ÇŞİM, 2019). Şehirleşme ile birlikte atmosferde organik ve inorganik kirleticiler, iz elementler, partikül madde konsantrasyonları zamanla hızlı bir şekilde artmaya başlamıştır. Atmosferde önemli hava kirleticilerden biri de organik kirletici grubunda olan uçucu organik bileşiklerdir (UOB) (Parra ve diğ., 2006). UOB'ler, kolayca oda sıcaklığında buharlaşabilen suda düşük çözünürlüğe sahip fotokimyasal reaksiyonlarla hava kirliliğine önemli ölçüde katkıda bulunan karbon bazlı tehlikeli bileşiklerdir (Liotta, 2010). Tüm kentsel ve endüstriyel alanlarda atmosferin yere yakın seviyesinde bulunan önemli hava kirleticilerinden olan UOB'ler, özellikle araç egzozlarından, solvent kullanımı ve endüstriyel süreçler gibi insan aktiviteleri sonucu (antropojenik kaynak) çevreye yayılmıştır (Dinçer ve diğ., 2017; Parra ve diğ., 2006). Volkanik patlama, orman yangını gibi doğal yollar sonucu UOB'ler oluşmada antropojenik kaynaklardan salınımlar miktar, toksisite ve hava kalitesi bakımından daha tehlikeli olmaktadır. Kent atmosferinde UOB'lerden en yaygın BTEX olarak adlandırılan benzen, toluen, etilbenzen ve m,p,o ksilen bileşikleri bulunmaktadır. Bu bileşiklerden insan üzerinde kanser olma riski yüksek kabul edildiği için benzen önem arz eden bileşiktir (Dinçer ve diğ., 2017).

Kocaeli; konumu, doğal limanı (İzmit Körfezi), ulaşım imkânları ve metropol şehirlerine olan yakınlığıyla ticari açıdan cazibe merkezi haline gelmiş ve bu etkiler Kocaeli’de sanayinin 1960 sonlarında patlamasını ve yapısal bir değişim gerçekleşmesini sağlamıştır (Kocaeli ÇSİM, 2019). Kocaeli ilinde toplamda 14 adet organize sanayi bölgesi, 4 adet teknopark ve 2 adet serbest bölge bulunmaktadır (Kosano, 2019). Bu sanayi kuruluşlarından Asım Kibar OSB ve Alikahya OSB İzmit bölgesinde bulunmakla birlikte verilere göre 8 adet büyük firma yerleşmiştir (Kocaeli ÇSİM, 2019). Bu bölgede maya fermantasyon, lastik, demir çelik, sunta üretim tesisleri bulunmaktadır.

İzmit, önemli sanayi kuruluşlarının bulunduğu ve TÜİK verilerine göre 363.416 kişi ile Kocaeli ilinin nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu Gebze’den sonra ikinci ilçedir. Dolayısıyla hava kirletici kaynaklarının yoğun olduğu bir bölgedir (KBB, 2019; TÜİK, 2018). İzmit’te İZAYDAŞ Tehlikeli ve Klinik Atık Yakma ve Depolama Tesisi, Lastik fabrikaları (Brisa, Goodyear, Prelli), Pakmaya, demir çelik fabrikaları, sunta tesisleri, otomotiv tesisleri, selülozik ürün üretim tesisleri, atık bertaraf tesisleri gibi pek çok hava kirliliği oluşturacak kaynaklar bulunmaktadır. İzmit’te doğuda kalan alanda lastik fabrikaları, kuzey doğu kısmında yakma tesisi, güneyinde küçük sanayi siteleri, batısında 10 km mesafede TÜPRAŞ Rafineri bulunmaktadır (Kocaeli ÇSİM, 2019). Kocaeli, Avrupa’yı Anadolu’ya ve Ortadoğu’ya bağlayan önemli kara, deniz ve demiryolu ulaşım ağları bulunmaktadır. E-5 otoyolu, TEM otoyolu ve demiryolu İzmit ilçe sınırları içinden geçmektedir. TÜİK verilerine göre Kocaeli de 392.561 adet motorlu araç bulunduğu verilere geçmiştir (TÜİK,2018).

Bu çalışmada kullanılan BTEX verileri, "İzmit İlçesi, Kentsel Yaşam Kalitesinin Ölçülmesi Çalışması Sonuç Raporu"ndan (Gerçek D., Güven İ.T., Civan M., Türkoğlu H., 2019) alınmıştır. Bu çalışmadan metin içerisinde "Referans Çalışma" olarak bahsedilecektir. Referans çalışmada kentsel hava kalitesi için en önemli hava kirliliği kaynaklarından olan ısınmadan kaynaklı emisyonların ayrılabilmesi için örnekleme yaz ve kış olmak üzere iki farklı dönemde gerçekleştirilmiştir. Gerçekleşen proje kapsamında İzmit ilçesinde belirlenen 14 noktada yaz dönemini temsilen 12-19 Temmuz 2018 tarihleri arasında ve kış mevsimini temsilen 6-13 Aralık 2018 tarihleri arasında ölçümler gerçekleştirilmiştir.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Hava Kirliliği

Atmosfer, Dünya'nın yüzeyini kaplayan ince bir gaz karışımıdır. Atmosferik hava, hacimce %78,1 azot, %21,0 oksijen, %0,9 argon ve %0,03 karbondioksit'ten oluşur (Türküm, 2018). Buna ek olarak, neon, helyum, metan, kripton, nitroz oksit, hidrojen, ksenon, kükürt dioksit, ozon, azot dioksit, amonyak ve karbon monoksit de dahil olmak üzere, hava % 0,002' nin altındaki seviyelerde çok çeşitli iz seviye gazları içerir (Williamson, 1973).

Doğal olarak havada bulunmayacak maddelerin havaya bırakılması ya da normal şartlarda zararlı olmayan miktarlarda bulunan maddelerin havadaki miktarının artması ile canlı yaşamını olumsuz yönde etkilemesi, fiziksel zararlara yol açması ile birlikte ekonomik kayıplara sebep olmasına hava kirliliği olarak tanımlanmaktadır (Kardeşoğlu ve diğ., 2011). Nüfus artışı ve teknolojinin gelişmesine paralel olarak artan enerji tüketimi, kentleşme, ısınmadaki artış ve sanayi emisyonları hava kirliliğinin temel sebepleridir (Koren ve Bisesi, 1996). Bazı temel kirleticiler için temiz ve kirli hava konsantrasyonları Tablo 1.1'de verilmektedir (Schnelle and Brown, 2002).

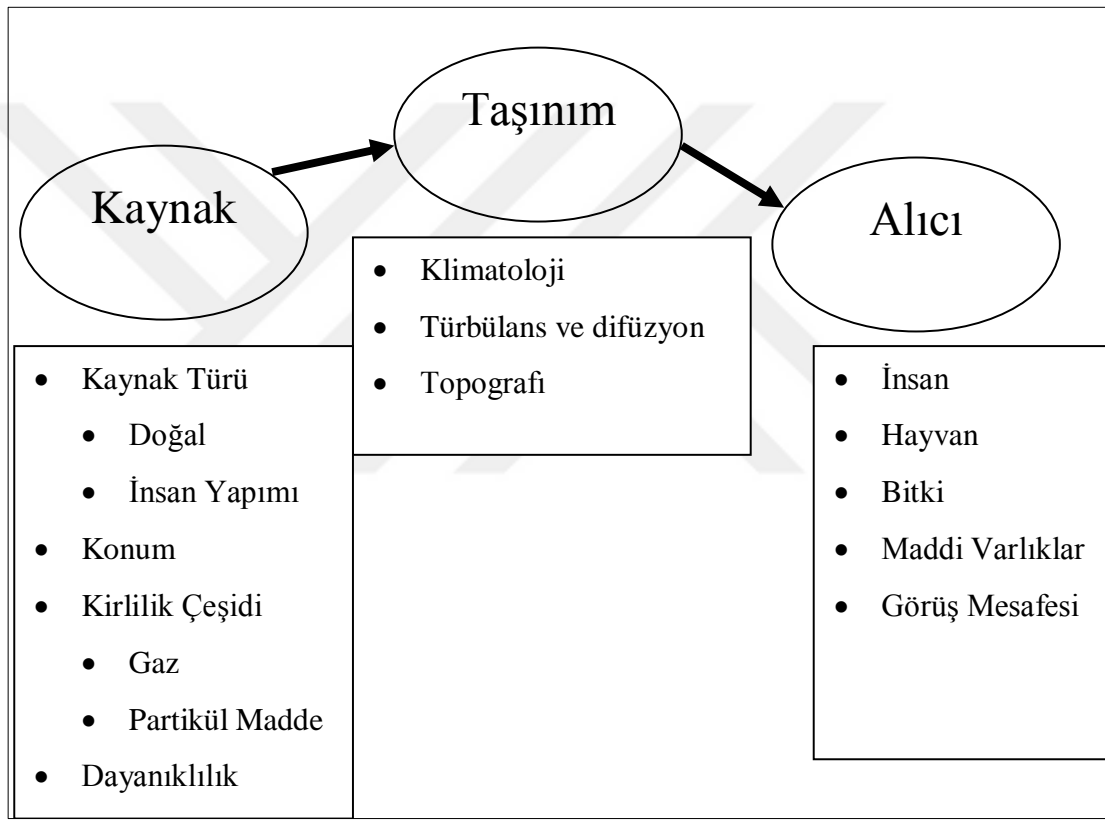
Tablo 1.1. Temiz ve kirli hava konsantrasyonları (Schnelle and Brown, 2002)

Bileşen	Temiz Hava	Hava Kirliliği
Partikül Madde	10–20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	260–3200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
SO ₂	0,001–0,01 ppm	0,02–3,2 ppm
CO ₂	300–330 ppm	350–700 ppm
CO	1 ppm	2–300 ppm
NO _x	0,001–0,01 ppm	0,30–3,5 ppm
Toplam Hidrokarbon	1 ppm	1–20 ppm
Toplam Yükseltgen Madde	0,01 ppm	0,01–1,0 ppm

Hava kirliliği, doğal aktiviteler ve insan aktiviteleri (antropojenik) olmak üzere iki ana grupta incelemek mümkündür. Doğal aktiviteler olarak orman ve bitki örtüsü yangınları, yanardağ patlamaları, denizde kabarcık patlaması ve toz fırtınaları sayılabilir. Bu doğal aktiviteler atmosferdeki kirleticiler konsantrasyonlarının artmasına neden olur. İnsan aktiviteleri sonucunda ortaya çıkan hava kirliliklerinde ise temel neden sanayileşme ve kentleşmedir. Sanayileşme, üretim sırasında oluşan kirleticiler için gerekli önlemler alınmadan bu kirleticileri atmosfere salınım yaparak hava kirliliğine sebep olmaktadır. Benzer şekilde kentlerin nüfus yoğun yerleşim yerleri olması evsel ısınmadan kaynaklı kirliliğe neden olmaktadır. Kentsel yerleşim yerlerinin rüzgâr esiş yönleri dikkate alınmadan, kirli havayı hapsedecek şekilde seçilmesi, ısınmada kalitesiz yakıtların kullanımı, kentleşme sürecinde betonlaşmanın artmasıyla yeşil alanların azalması ve artan otomobil sayısı kentlerde hava kirliliğini kaçınılmaz hale getirmektedir. Bu kaynaklardan salınan organik ve inorganik gaz kirleticileri kent atmosferi hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Dolayısıyla ister doğal yollarla isterse insan kaynaklı oluşan gaz salınımları atmosferdeki gaz oranlarını değiştirerek kirlenmeye neden olabilmektedir (Kardeşoğlu ve diğ., 2011).

Geleneksel hava kirleticileri arasında sayılan kükürt dioksit (SO₂) , azot oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO), ve partikül madde yer almaktadır. Ayrıca son yıllarda artan ölçüm teknolojileri ile birlikte havada ng seviyesinde olan UOB'ler özellikle kent atmosferinde dikkat çeken kirleticiler arasında yer almaya başlamıştır. Bu hava kirleticileri, gaz ve partikül madde olarak iki çeşit kirleticiler grubundan oluşur. Kükürt dioksit ve azot oksitler gibi gazlar, difüzyon ile yayılma özelliği gösterirler ve sıvı veya katı haldekilerden farklı olarak artan basıncın ve azalan sıcaklığın birleşik etkisi ile şekil değiştirebilen biçimsiz akışkanlardır (Englert, 2004). Partikül maddeler ise taneciklerin tekli küçük moleküllerden (yaklaşık 0,0002 mm çapında) daha büyük, fakat yaklaşık 500 mikrometreden (µm) daha küçük olduğu herhangi bir dağılmış madde, katı veya sıvıyı temsil eder (Goldsmith, 1977). Epidemiyolojik çalışmalar sonucunda özellikle aerodinamik çapı 2,5 µm (PM_{2,5})'nin altında olan partikül maddelerin üst solunum yolundan geçerek alveollere kadar ulaşmasından dolayı ciddi sağlık etkileri olduğunu ortaya konulmuştur (Englert, 2004).

Bir hava kirliliği olayının ortaya çıkması için ilk önce kirlilik kaynağının olması daha sonra bu kirliliğin bir taşıma ortamı ile alıcı ortama ulaşması gerekmektedir (Şekil 1.1) (Liu ve diğ., 1999). Alıcı ortam ise hava kirliliğinden etkilenen insanları, hayvanları, materyalleri ve bitkileri içermektedir. Hava kirliliği, olumsuz sağlık etkileri, malzemelerde korozyona ve aşınmaya sebep olmaları yanında görüş mesafesini etkileyerek karayollarında seyahat etmeyi ve uçakların inişini zorlaştırarak hayatı tehlikeye atabilmektedir (Sloane, 1984). Şekil 1.1’de hava kirliliğinin taşınım mekanizması görülmektedir.

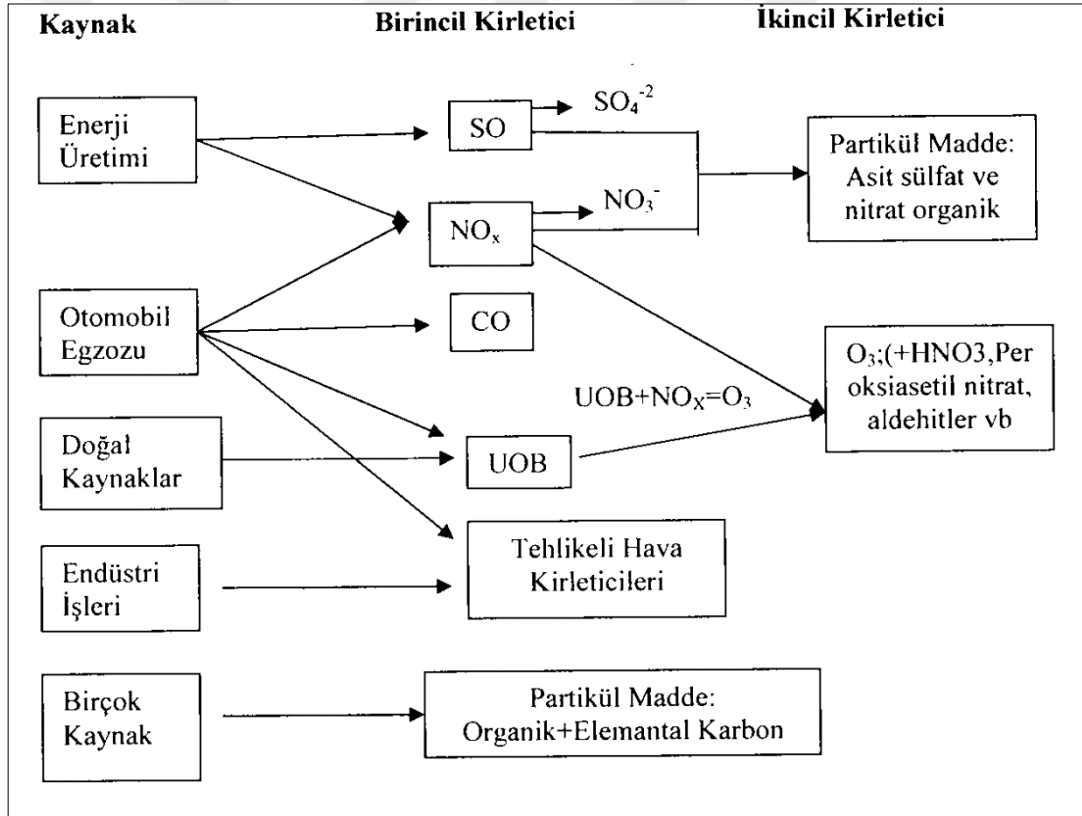


Şekil 1.1. Triloji: kaynak – taşınım – reseptör (Liu ve diğ., 1999)

Hava kirleticileri, atmosfere erişim yollarına bağlı olarak birincil ve ikincil kirleticiler olarak sınıflandırılmaktadır (Yücedağ ve Kaya, 2016).

Birincil kirleticiler atmosfere kaynaktan doğrudan gönderilen kirleticilerdir. Bu kirleticiler; kükürtdioksit (SO₂), hidrojen sülfür (H₂S), azotmonoksit (NO), azotdioksit (NO₂), karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO₂), UOB, Kalıcı Organik Kirleticiler (KOK) ve partiküllerdir (Demirel, 2010).

İkincil kirleticiler ise kaynaktan çıktıktan sonra atmosferde bulunan diğer maddelerle reaksiyona girerek bu reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan bileşikleri ifade eder (Çınar, 2008). İkincil kirleticilerin herhangi bir kaynaktan salınımları olmadığı için kontrol altına alınmaları birinci kirleticilere göre daha karmaşıktır. Bu kirleticiler ise; kükürttrioksit (SO_3), sülfürik asit (H_2SO_4), ozon (O_3), aldehit ve ketonlar, peroksi asetil nitrattır (PAN). Bu kirleticilerin oluşumuna sebep olan hidrokarbonlar ve NO birincil kirletici grubundadır. Çok çeşitli kaynaklardan salınmalarına karşın diğer kirleticiler gibi çoğunluğu birincil kaynaklardan salınan antropojenik kökenli olup diğer bir kısmında atmosferde maruz kaldıkları değişimler sonucu oluşurlar (Çınar, 2008). Şekil 1.2' de başlıca birincil ve ikincil hava kirleticileri ve kaynakları mevcuttur.



Şekil 1.2. Başlıca birincil ve ikincil hava kirleticileri ve kaynakları (Yılmaz, 2009)

Kentsel hava kirliliği, birçok kentsel alanda Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) yönergelerinin üstündeki seviyelere ulaşarak dünya çapında önemli bir soruna dönüşmüştür (Faiz, 1993). Kentsel hava kirliliği, dünya genelinde özellikle endüstriyel tesislerden, konutlarda ısınma amaçlı yakıt tüketiminden ve motorlu taşıt egzozlarından kaynaklanmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde hızlı ve çarpık

kentleşme ile birlikte artan enerji tüketimi hava kirliliğinin artacağıının habercisidir (Bayram, 2006).

1.2. Uçucu Organik Bileşikler (UOB'ler)

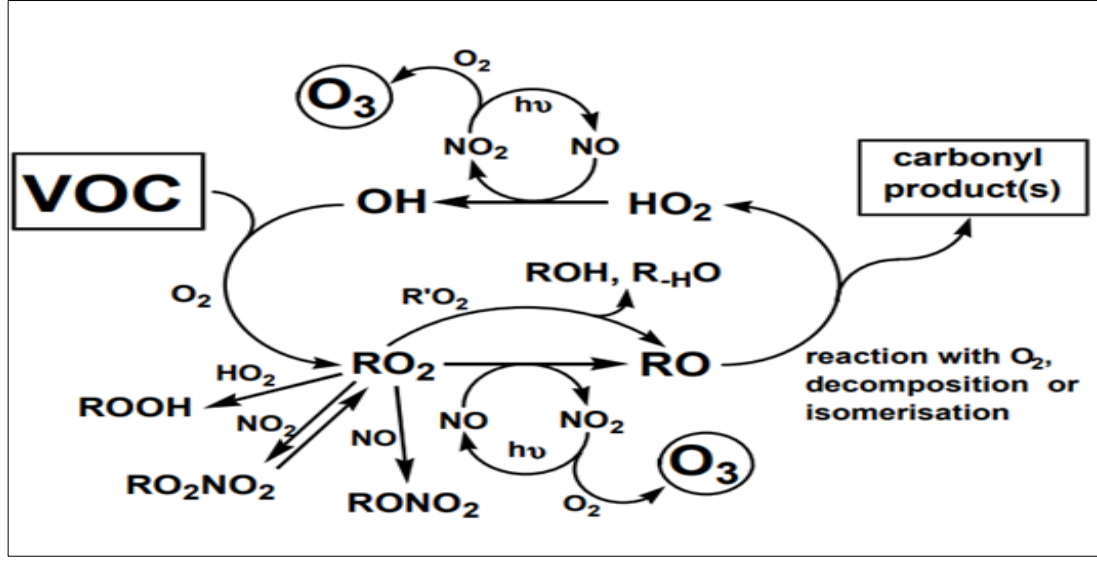
UOB'ler, tehlikeli hava kirleticilerin % 70'inden fazlasını oluştururlar (Pekey ve Yılmaz, 2011). UOB'ler dünyada yaygın olarak farklı bilim dallarında bilim insanları tarafından çalışılan bir bileşik gurubudur. Literatürde birçok UOB türleri mevcuttur. Temelde 2 kategoriye ayrılırlar. Birincisi EPA'nın UOB olarak tanımladığı ve fotokimyasal olarak ozon oluşturan bileşiklerdir (EPA, 2019). Diğer tanımlamalar fiziksel kimyasal özellikleri ile ilgilidir. Golfopoulos ve arkadaşları tarafından UOB'ler 101 kpa'da 373,15 °K'den daha düşük sıcaklıkta buharlaşan ve karbon atomu içeren bileşikler olarak tanımlanırken Kara ise UOB'leri kaynama noktası 100 °C'den küçük veya eşit, 25 °C'de buhar basıncı 1 mm-Hg'den büyük organik bileşikler olarak tanımlamaktadırlar (Golfopoulos ve diğ., 2001; Kara, 2008). Avrupa Birliği ise Solventler Direktifi (1999/13/EC) UOB'leri 20 °C'de en az 10 Pa buhar basıncına sahip kimyasal bileşikler olarak tanımlamaktadır (EU, 2006). Öncelikle UOB'ler metan ve metan olamayan UOB (NMVOC) olarak iki gruba ayrılır. UOB'ler çevreye bırakıldıkları zaman atmosfer içinde hızlı ve uygun bir biçimde parçalanıp buharlaşırlar. Bu nedenle uçucu organiklerin fotobozulmaları ve atmosferik fotokimyası oldukça önemlidir (Kuntasal, 2005).

UOB'ler normal oda sıcaklığında buharlaşan ve çoğunlukla karbon ve hidrojenle oluşan bileşiklerdir (Arslanbaş, 2008). Gaz fazında bulunan UOB'ler atmosferde 500'den fazla bileşenden oluşan oldukça geniş bir kirletici grubunu oluştururlar (Krol ve diğ., 2010). Bazı UOB'lerin karbon atomuna klor, flor, brom ve kükürt atomlarından biri veya birkaçı bağlanabilir. UOB'ler farklı kimyasal ve fiziksel davranışlarına sahip türleri mevcuttur (Arslanbaş, 2008). Karbon (C) ve hidrojen (H) içeren UOB'ler alkan, alken, alkin ve aromatikler olarak tanımlamaktadır. Bununla birlikte UOB'lerin C ve H'nin yanında içerdiği oksijen ve halojenler (klor, brom gibi) oldukça önemlidir. Bu ikinci sınıftakiler aldehit, alkoller, ketonlar, klorlu alkanlar ve alkenler, kloroflorokarbonlar (CFC) ve hidrokloroflorokarbonlar (HCFC) gibi bileşikler oluşturur.

UOB'lerin çok farklı kaynakları bulunmakla birlikte genellikle, küresel ölçekte UOB emisyonlarının 1347 milyon ton/yıl kadar miktarı biyogenik kaynaklardan, 462 milyon ton/yıl kadar miktarı da antropojenik kaynaklardan oluştuğu tahmin edilmektedir (Badjagbo ve diğ., 2007; Tuğluer ve Çakır, 2019). UOB'lerin ana antropojenik kaynakları: ısınma, sanayi, fosil yakıtların yanması, organik çözücülerin kullanımı, endüstriyel işlemler, katı madde gibi çeşitli kaynaklardan yayılmadır (Bozkurt ve diğ., 2018). Bunlara ek olarak, petrol rafinasyonu, petrol ürünlerinin depolanması ve dağıtımı ve çözücülerin kullanımından UOB salınımları olmaktadır (İlgen ve diğ., 2001; Zhao ve diğ., 2004). UOB'ler petrol yanmasının olduğu her yerde bulunduğundan dolayı endüstri bölgelerinden uzak kentlerde taşıt emisyonlarından kaynaklı UOB maruziyeti oluşturmaktadır (Bouhamra ve diğ., 1997). UOB'ler arasındaki biyogenik bileşiklerin bazıları, bitki örtüsü, okyanuslar ve topraklar gibi doğal kaynaklar tarafından yayılmaktadır (Öztürk ve diğ., 2015; Sahu ve diğ., 2016). Toluene, etilbenzen, ksilenler, pentan, siklopentan, sikloheksan, metil pentan, oktan, nonan, dekan ve etil tolüen, genellikle karayolu trafiğinden kaynaklanan kirletici maddelerdir ve özellikle, BTEX adı verilen benzen, etilbenzen ve ksilenler trafiğin neden olduğu hava kirliliğini değerlendirmek için sıklıkla ölçülmektedir (Pekey ve Yılmaz, 2011).

Gaz fazında olmaları nedeniyle hareket kabiliyetlerinin yüksek olması UOB'lerin kaynaklarından uzun mesafelere taşınmasına olanak sağlar (Pekey, 2008). Böyle bir taşınım da insanların bu kirletici kaynaktan uzakta olmasına rağmen bu kirliliğe maruz kalmasına sebep olabilir (Byrne, 2000). UOB'lerin çevreye olan önemli etkileri, troposferik ozon oluşumu, fotokimyasal oksidant ve smog, küresel sera etkisinin artması ve ikincil partikül oluşumu şeklinde sınıflandırabiliriz (Derwent, 1995).

UOB'ler atmosferde güneş ışığı varlığında NO_x bileşikleriyle reaksiyona girerek, ozon ve peroksi asetil nitrat (PAN) bileşiklerini oluşturarak canlılar üzerinde zararlı etkilere sebep olmuşlardır. Yer seviyesindeki ozonun oluşması, NO_x, UOB ve güneş ışığından kaynaklanmıştır. Fosil yakıtların yanması sonucu salınan UOB'ler ozonun oluşumunda birincil kaynakları oluşturmuşlardır (Derwent, 1995).



Şekil 1.3. Troposferik ozonun oluşum mekanizması (Hayman ve diğ.,2002)

Troposferik ozon karmaşık tepkimeler sonucu oluşmaktadır. UOB'ler, NO_x, karbon monoksit (CO) ve güneş ışığının dahil olduğu sadeleştirilmiş net tepkimeler 1.1-1.5 denklemlerinde verilmiştir (Ad-Hoc, 1999).

OH radikali UOB' ler ile reaksiyona girerek RO₂ oluşturur.



RO₂, NO'yu oksitleyerek NO₂ oluşturur.



HO₂, NO ile tepkimeye girerek NO₂ yi oluşturur,.



Oluşan NO₂ güneş ışığının etkisi ile oksitlenerek ozonu oluşturur.



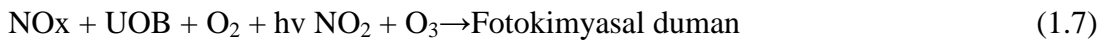
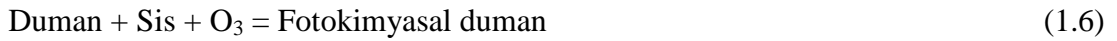
Kısaca aşağıdaki denklem ile troposferik ozon oluşmuş olur.



NO₂ deki artış troposferik ozonun oluşumunda artışa neden olmaktadır. UOB'ler ve karbonil bileşikleri (CARB), oksidasyon aşamalarında ozon oluşumu reaksiyonlarına

dahil olmaktadır. Bunun yanında OH ve HO₂ radikalleri de ozon oluşumunda önemli rol oynamaktadır (Ad-Hoc, 1999).

Ozonun canlılar için en tehlikeli olduğu vaziyet, havadaki sis ve dumanla aynı anda bulunduğu durumdur. Bu üçlü karışımın atmosferde birlikte bulunduğu hale, “fotokimyasal duman” adı verilir (Aydın, 2013). Denklem 1.6’da ve denklem 1.7’de fotokimyasal duman oluşumun tepkimeleri verilmiştir.



1.3. BTEX

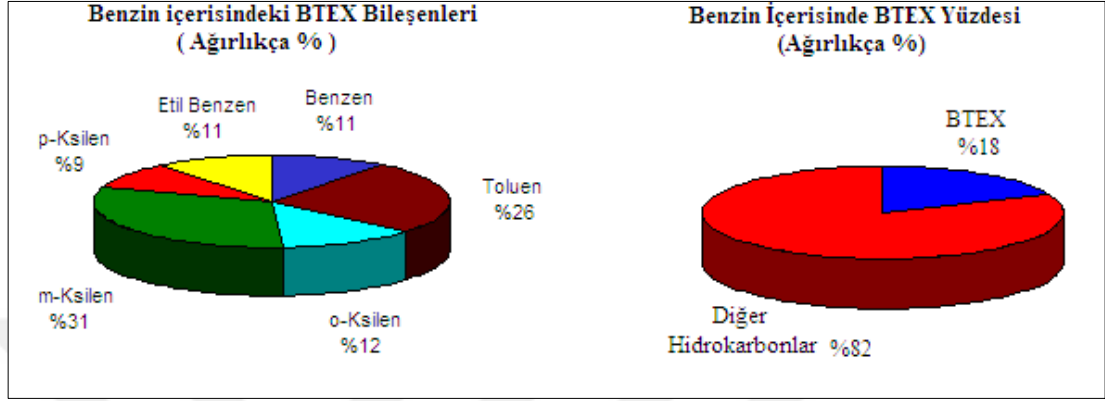
Kent atmosferinde en çok gözlenen UOB’ ler, BTEX olarak adlandırılan “benzen, toluen, etilbenzen ve ksilen” olup bileşiklerinin kimyasal özellikleri, yapıları ve formülleri birbirlerinden farklıdır (Güzel ve diğ., 2018; Durdu, 2018). Genel olarak, atmosferdeki BTEX kirleticilerinin birincil kaynakları motorlu taşıtlar ve uçak egzozlarından kaynaklanan emisyonlar, petrol döküntüleri ve sigara dumanı olarak bilinmektedir. Ayrıca, rafine edilmiş petrol ürünleri, bazı kimyasal ara ürünler ve boyalar, tiner, kauçuk ürünler, mürekkepler, kozmetikler ve farmasötik ürünler gibi tüketici ürünleri de BTEX emisyonlarına neden olabilmektedir. Atmosfere bırakılan BTEX ortamda hızla buharlaşabilmektedir (Dölek, 2014).

BTEX bileşenleri yoğunlukla rafineriler, benzin istasyonları, gazlaştırma alanları ve yakıt çalışmalarının yapıldığı alanlarda bulunduğu için benzin maddesi incelendiğinde içerisinde %18 oranında BTEX bileşeni içermektedir. Benzin içerisindeki BTEX yüzdesi ve BTEX bileşenlerinin oranları Şekil 1.4’de verilmiştir. (Şen, 2010).

1.3.1. Benzen

Benzen aromatik bileşiklerin en çok bilinen ve en eski bileşiklerindedir. Benzenin nicel element analizi: % 92,3 karbon ve % 7,7 hidrojendir. Benzenin molekül ağırlığı 78 g/ mol’dür. C₆H₆ benzen molekülünün kapalı molekül formülüdür (Gençkurt, 2017). Faraday tarafından ilk kez 1825 yılında sıvı yoğunlaşmasından ve yağ gaz

baskılanması ile elde edilmiştir. Bir diğer adlandırılması benzol olarak bilinmektedir. 80.1 °C buharlaşma sıcaklığına sahip olduğundan atmosferde çok çabuk buharlaşabilmektedir ve en önemli kaynağı maden kömüründen elde edilen katrandır (Özdemir, 2008).



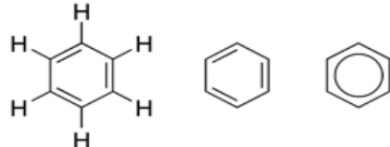
Şekil 1.4. Benzin içerisinde bulunan BTEX bileşenlerinin ağırlıkça dağılımı (Şen, 2010)

Benzen; renksiz, kendine özgü kokusu olan ve kolay tutuşan bir sıvıdır (Gençkurt, 2017). Yaygın olarak endüstriyel faaliyetlerden ve doğal kaynaklardan atmosfere salınmaktadır. Benzen genel olarak kömür ve petrol kaynaklarından oluştuğu bilinmektedir (Özdemir, 2008). Endüstriyel faaliyetler sonucunda oluşan benzen, motor yakıt sanayisinde, yağ, balmumu, reçine, petrol ürünleri, mürekkep, boya, plastik ve kauçuk gibi pek çok sanayide kullanılmaktadır. Özellikle deterjan, patlayıcı, eczacılık ürünleri ve kumaş üretiminde benzen kullanımı öndedir (Sittig, 1985). Benzenin fiziksel ve kimyasal yapısı ile ilgili ayrıntılı bilgi Tablo 1.2'de verilmiştir (Özdemir, 2008; Budavari ve diğ., 2005).

Benzen, günümüzde genellikle petrol yanması sonucu araç egzoz emisyonlarından ve petrol buharlaşmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca volkanik hareketler ve orman yangınları gibi doğal kaynaklardan salınımlarla atmosferdeki miktarı artırmaktadır (Şen, 2010). Havadaki benzenin bir diğer antropojenik kaynağı ise sigara dumanı olarak bilinmektedir (Özdemir, 2008).

Benzen solunum yolu ile alınmasında bilinç kaybı, baş dönmesi, uyuklama gibi fizyolojik etkilere neden olabilmektedir (Şen, 2010). Sıvı veya buhar maruziyetinde, deri, göz ve üst solunum yollarını tahriş edebilmektedir.

Tablo 1.2. Benzenin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Budavari ve diğ., 2005)

ÖZELLİKLERİ	AÇIKLAMA
Kimyasal ismi	Benzene
Diğer isimleri	Benzol pink cyclohex-1,3,5-triene
Kimyasal Formülü	C ₆ H ₆
Kimyasal Yapısı	
Molekül Ağırlığı	78.11 g/mol
Renk	Renksiz
Fiziksel Durumu	Renksiz bir sıvı
Erime Noktası	5,5°C (278,6 K)
Kaynama Noktası	80.1 °C (353,2 K)
Yoğunluğu (20°C de)	0.8787 g/cm ³
Koku	Aromatik
Çözünürlük Su içinde 25 °C	0.188 %
Henry Kanunu Sabiti	5,5x10 ⁻³ atm m ³ /mol
Yanıcılık Sınırı	1,2%

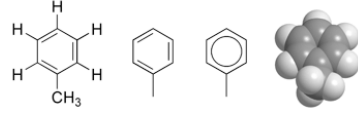
Yapılan araştırmalarda benzenin kromozonların hem yapısal hem de sayısal olarak bozulmasına neden olduğu görülmüştür (Tavşan, 2010). Benzen kan hücrelerini öldürmesinden dolayı kanserojen etki sınıfındadır. EPA tarafından benzen, A grubu kanserojen madde olarak sınıflandırılmıştır (EPA, 2002). Benzen insan için kanserojen etkiye sahip olduğundan güvenli maruz kalma seviyesi önerilememektedir. Bir ömür boyu havada 1 µg/m³ benzene maruz kalan bir bireyin yaşam boyu kanser riskindeki artış 2,2x10⁻⁶ ile 7,8x10⁻⁶ aralığındadır (Dölek, 2014).

1.3.2. Toluen

Toluen, aromatik bir kokuya sahip, korozif olmayan, renksiz ve uçucu bir sıvıdır. Toluen, ham petrolden benzin elde edilmesi ve etilbenzenden stiren üretimi proseslerinde ara ürün olarak oluşmaktadır. Bilinen bir diğer toluen oluşumu ise kömürden kok imalatı işlemleri sırasında ara ürün olarak oluşmasıdır. Dünya çapında 10 milyon ton tolueenin üretildiği tahmin edilmektedir (Dölek, 2014). Toluen genellikle boya için bir çözücü, kaplamalar, baskı, kauçuk, kozmetik, yağlar ve reçineler için tiner olarak kullanılır (Dölek, 2014; Budavari ve diğ., 2005; WHO, 2000). Toluen havada 8 ppm konsantrasyondan itibaren koklanabilir ve 0,04-1 ppm

aralığında suda tadılabilmektedir. Toluenin fiziksel ve kimyasal yapısı ile ilgili bilgiler Tablo 1.3’de verilmiştir (Özdemir, 2008).

Tablo 1.3. Toluenin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Özdemir, 2008)

ÖZELLİKLERİ	AÇIKLAMA
Kimyasal ismi	Toluen
Benzerdeşleri	Metilbenzene;phenylmethane;benzen, methyl-; toluol; methylbenzol
Kimyasal Formülü	$C_6H_5CH_3$
Kimyasal Yapısı	
Molekül Ağırlığı	92,,14 g/mol
Renk	Renksiz
Fiziksel Durumu	Sıvı
Erime Noktası	-95°C
Kaynama Noktası	80,1 °C (353,2 K) 110,6 °C
Yoğunluğu (20°C de)	0,8669 g/ml 0,8787 g/cm ³
Koku	Aromatik
Çözünürlük Su içinde 25 °C	534,8 mg/l

İç mekanlarda başlıca toluen kaynaklarını boya ve tiner kullanımı ile birlikte sigara dumanı temsil etmektedir (Şen, 2010). Kırsal kesimlerde toluenin ortalama hava konsantrasyonları neredeyse 5 µg/m³’ten düşükken, kentsel havalardaki konsantrasyonları ise 5-150 µg/m³ arasındadır (WHO, 2000). Bu farklılığın nedeni ise endüstriyel emisyon salınımlarından dolayı toluenin atmosferdeki konsantrasyonları daha yüksek ölçülmektedir (Dölek, 2014).

Toluen havadan solunma sistemi ile vücudu girmesinin haricinde toluen ile kirlenmiş yeraltı suyu veya topraktan da canlı vücuduna girebilmektedir. Toluen buharının sersem edici bir etkisi bulunmakla birlikte yüksek dozda solunması bulantı ve kusmaya neden olabilir (Şen, 2010). Toluen maruziyeti akut solunum veya yutma öfori, uyarılma, halisünasyonlar, baş dönmesi, uyuşukluk, ataksi, konuşma bozukluğu, titreme, solunum depresyonu, aritmiler ve konvülsiyonlar gibi sistemik etkilere neden olabilir. Ayrıca, önemli maruziyetlerden sonra koma ve ölüm meydana gelebilir (Dölek, 2014). Toluen çok düşük su çözünürlüğüne sahip olduğundan idrar, ter gibi normal yollardan vücuttan atılamazlar (Şen, 2010).

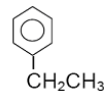
1.3.3. Etilbenzen

Etilbenzen, aromatik bir kokuya sahip ve aynı zamandan renksiz bir sıvıdır (Gençkurt, 2017). Oda sıcaklığında buharlaşan ve kolaylıkla yanan etilbenzen ortamda koku yoluyla algılanabilmektedir (Şen, 2010). Etilbenzen alkol, benzen, karbon tetraklorür ve eterde çözünmekle birlikte suda ise hemen hemen hiç çözünmemektedir (Gençkurt, 2017). Etilbenzenin, fiziksel ve kimyasal yapısı ile ilgili bilgiler Tablo 1.4’de verilmiştir (Özdemir, 2008).

Etilbenzen, benzenin etilenle katalitik alkilasyonu ve petro kimya tesislerinde ksilen üretimi sırasında oluşmaktadır. Özellikle stiren üretimi için kullanılan tolüen plastik malzeme, benzin, boya, mürekkep, zirai ilaçlar, halı yapıştırıcıları, cila ve tütün mamullerinin üretiminde önemli rol oynamaktadır (Şen, 2010).

Etilbenzen çabuk buharlaşan bir yapıya sahip olduğundan toprak ve sudan kolaylıkla havaya karışabilmektedir. Güneş ışığının etkisi ile havada kısa sürede bozunmaktadır. Etilbenzen içme suyu kaynaklarında seyrek rastlanırken atık sahaları ve yeraltı depolama tanklarının çevresindeki kaynaklarda yüksek seviyelerde bulunduğu bilinmektedir (Özdemir, 2008).

Tablo 1.4. Etilbenzenin fiziksel ve kimyasal özellikleri (Özdemir, 2008)

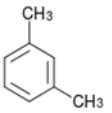
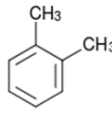
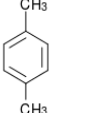
ÖZELLİKLERİ	AÇIKLAMA
Kimyasal ismi	Etilbenzen
Benzerdeşleri	Etilbenzol, feniletan
Kimyasal Formülü	C ₈ H ₁₀
Kimyasal Yapısı	
Molekül Ağırlığı	106,17 g/mol
Renk	Renksiz
Fiziksel Durumu	Sıvı
Erime Noktası	-95°C
Kaynama Noktası	136,2°C
Yoğunluğu (20°C de)	0,8670 g/ml
Koku	Gasolin benzeri
Çözünürlük Su içinde 25 °C	197 mg/L (0° C de)
Henry Kanunu Sabiti	8,43 x 10 ⁻³ atm m ³ /mol
Yanıcılık Sınırı	0,8 vol %- 6,7 vol %

Kısa süreli etilbenzen maruziyeti boğaz tahrişi ve göğüs daralması gibi solunum sistemi rahatsızlıklarına ve ayrıca göz tahrişi ve baş dönmesi gibi nörolojik etkilere neden olmaktadır (Dölek, 2014).

1.3.4. Ksilen

Ksilen, renksiz, yanıcı ve suda çözünmeyen sıvı bir kimyasaldır. Petrolden üretilen sentetik bir kimyasal olmasına rağmen doğal olarak petrol, kömür katranında bulunmakla birlikte az düzeyde de olsa orman yangınları sırasında oluşmaktadır (Dölek,2014; Şen, 2010; Özdemir, 2008). Ksilen benzen halkası üzerine metil gruplarının çeşitli bağlanması ile üç isomeri bulunmaktadır. Karışım olarak bulunan ksilen yaklaşık olarak % 40-65 m-ksilen ve %20 ye kadar o-ksilen ile p-ksilen ve etilbenzen içermektedir. Bu 3 isomer yapının fiziksel, kimyasal yapısı ve özellikleri Tablo 1.5’de verilmiştir (Özdemir, 2008)

Tablo 1.5. Ksilen ve isomerlerinin fiziksel, kimyasal yapısı ve özellikleri (Özdemir, 2008)

ÖZELLİKLERİ	AÇIKLAMA			
Kimyasal ismi	Karışım Ksilen	m- Ksilen	o- Ksilen	p- Ksilen
Benzerdeşleri				
Kimyasal Formülü	C ₈ H ₁₀	C ₈ H ₁₀	C ₈ H ₁₀	C ₈ H ₁₀
Kimyasal Yapısı				
Molekül Ağırlığı	106, 2 g/mol	106, 2 g/mol	106,2 g/mol	106,2g/mol
Renk	Renksiz	Renksiz	Renksiz	Renksiz
Fiziksel Durumu	Sıvı	Sıvı	Sıvı	Sıvı
Erime Noktası	-	-47,8 °C	-25,2 °C	13,2 °C
Kaynama Noktası	137–140 °C	139,1 °C	144,5 °C	138,3 °C
Yoğunluğu (20°C de)	0,864 g/cm ³	0,864 g/cm ³	0,880 g/cm ³	0,861g/cm ³
Koku	Tatlı bir koku	Tatlı bir koku	Tatlı bir koku	Tatlı bir koku
Çözünürlük Su içinde 25 °C	106 mg/L	161 mg/L	178 mg/L	162 mg/L
Henry Kanunu Sabiti	-	7,18x10 ⁻³ atm-m ³ /mol	5,18x10 ⁻³ atm-m ³ /mol	6,90x10 ⁻³ atm-m ³ /mol
Yanıcılık Sınırı	-	1,1-7%	1,1-7%	1,1-7%

Ksilen kolay buharlaşmaya sahip yüksek çözücülüğünden dolayı yüzey kaplama endüstrisinde çok kullanılmaktadır. Mobilya verniklerinde, boyacılıkta, plastik ve deri endüstrilerinde, emaye kaplama maddelerinde, en çok kullanılan solventlerdendir (Gençkurt, 2017; Özdemir, 2008). Ksilen, sentetik koku ve boya gibi ev ürünlerinde yaygın olarak kullanıldığı için iç mekanlarda düşük seviyelerde tespit edilmiştir (Dölek, 2014). Sıvı özelliğe sahip olan ksilen toprağa, alıcı ortam sularına ve yer altı sularına kolaylıkla geçiş yaparak havaya buharlaşır ve güneş ışığının etkisiyle birkaç gün içerisinde daha az zararlı kimyasallara bozunurlar (Şen, 2010).

Ksilenler insan vücuduna solunum ve deri yolu ile nüfuz etmektedir. Ksilenlere kısa süreli maruziyet göz, burun ve boğazda tahrişe, mide rahatsızlıklarına, gözde yanma ve nörolojik etkilere neden olmakla birlikte uzun süreli maruziyet ise baş ağrısı, baş dönmesi, bitkinlik, titreme gibi merkezi sinir sistemi etkilerine neden olmaktadır (Tavşan, 2010).

1.4. BTEX Emisyonu ile ilgili Dünya ve Ulusal Mevzuatlar

Dünya ve ulusal mevzuatlarda BTEX'lerin de dahil olduğu UOB'ler için direktifler hazırlanmıştır. İMMİB AB Mevzuatı'na Uyum Şubesi'nin hazırladığı rapora göre; Avrupa Birliği'nde uçucu organik bileşikler 1999/13/EC sayılı Direktif ile yürütülmektedir. Bahse konu direktif bileşikler için emisyon sınır değerleri belirlemekte, uçucu organik bileşiklerin kullanıldığı tesislere bazı yükümlülükler getirmektedir.

Türkiye'de uçucu organik bileşikler hakkında ilk düzenleme 1986 yılında yürürlüğe giren Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) olup, bu yönetmelik ile havaya salınan organik gaz ve buhar emisyonlarına sınırlama getirilmiş ve bu yönetmelikte yer alan faaliyetleri gösteren tesisler emisyon iznine tabi tutulmuştur.

2004 yılında yayımlanan Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği ile HKKY'de görülen eksiklikler giderilmiş ve çözücü kullanılan ve UOB emisyonlarına neden olan tesislerin kapsamı genişletilmiştir.

3 Temmuz 2009 tarihli ve 27277 sayılı Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (SKHKKY) “İnsan ve çevresinin hava alıcı ortamdaki kirlenmelerden doğacak tehlikelerden koruması” amacıyla tesislerden kaynaklanan emisyonlar ve hava kalitesi sınır değerleri belirlenmiştir. SKHKKY Ek 1’de yer alan organik gaz ve buhar emisyonları sınır değerleri ise 20/12/2014 tarihli ve 29211 sayılı değişikliklerle güncellenmiştir. İlgili sınır değerler BTEX’ ler için üç farklı tehlike grubu mevcuttur. Yönetmelikte sanayi tesislerinin faaliyeti sonucu atmosfere yayılan kirlilik oluşturacak zararlı gazların insana olan olası etkilerinin tespiti ve bu etkilerin engellenmesi hedeflenmiştir. SKHKKY Tablo 1.2.2 de organik buhar ve gaz emisyonları için sınır değerleri ve sınıf listeleri belirlenmiştir. BTEX’ lerden sadece benzen yönetmeliğe göre kanser yapıcı maddelerden 3. Sınıfa girmektedir. SKHKKY ek maddelerinde Tablo 1.3.1. ve Tablo 1.3.2’ de sınır değerleri yer almaktadır. Kanserojen madde sınıfında değerlendirildiği için benzen ve türevlerinin takip edilmesi ve sınır değerlerinin altında tutulması gereklidir.

Aşağıdaki Tablo 1.6’da organik buhar ve gaz emisyonları için sınır değerler ve Tablo 1.7’ de organik buhar ve gazlar sınıf listesi, Tablo 1.8’ de kanserojen maddeler için sınır değerler ve Tablo 1.9’ da kanserojen maddeler listesi verilmiştir.

Tablo 1.6. Organik buhar ve gaz emisyonları için sınır değerleri (SKHKKY, 2009)

I’inci sınıfa giren organik bileşiklerin emisyonu (0,1 kg/saat veya üzerindeki emisyon debileri için)	20 mg/Nm ³
II’inci sınıfa giren organik bileşiklerin emisyonu (2 kg/saat veya üzerindeki emisyon debileri için)	100 mg/Nm ³
III’üncü sınıfa giren organik bileşiklerin emisyonu (3 kg/saat veya üzerindeki emisyon debileri için)	150 mg/Nm ³

Tablo 1.7. Organik buhar ve gazlar sınıf listesi (SKHKKY, 2009)

I. sınıf	II. sınıf	III. sınıf
Asenaften	- Asetik asit	-Aseton
-Asenaften	-Asetik metil esteri (Metil asetat)	- Asetikasit etilesteri
-Akrilikasit	-Asetik vinil esteri (Vinil asetat)	-Asetikasit n-butil esteri
-Akrilikasit etilesteri	-Asetonitril	-Asetik ester
-Akrilikasit metilesteri	-Alkoletilen-oksit-fosfat	-Asetilen
-Akrolein (propenal)	esteri(c12/c14 monomerleri, dimerleri ve trimerlerinin karışımı)	-Alkilalkoller
-Alkillendirilmiş kurşun bileşikleri		-1-Brombütan
-Amino benzen		-Bromklormetan
-Amino etan (etil amin)		-1-Brompropan
-Amino metan (metil amin)		-Ter-bütanol

Tablo 1.7. (Devam) Organik buhar ve gazlar sınıf listesi (SKHKY, 2009)

-sec- amil asetat	-6-Aminoheksanoik asit	-2-Bütanon
-Anilin	(dimer)	-iso-Bütülasetat
-Asetaldehit	-6-Aminoheksanoik asit	-n-Bütülasetat
-Asetik anhidrit	(monomer)	-Bütüls-tearat
-Aziridin (etilen imin)	-6-Aminoheksanoik asit	-
-Benzal klorür	(trimer)	Dekametilsiklopentasiloksan
-Benzilbütülfталat	-i- Amilasetat	(d5)
-Benzilklorür	-n- Amilasetat	-Diasetonalkol
-Benzo(g,h,i)perilen	-Anisol	-Dibütül eter
-Benzotriklorür	-Benzaldehit	-2,2-diklor-1,1,1-trifloreтан
-Bisfenol A	-Benzilalkol	-1,2-diklor-1,1,2-trifloreтан
-2,2 bis(4-hidroksifenil)propan	-Bisiklo(4,4,0)dekan	-1,2-Dikloretilen
-Bromdiklormetan	-Bütanal	-Diklormetan
-Bütülsakrilat	-n- bütanol	-Dodesilmaleat
-1,2 diaminmetan	-i- bütanol	-Dietileter
-2,4-dibromfenol	-2- bütanol	-Diizobüten
- Dietilamin	-sec- bütanol	-Diizopropileter
-Di-izobütülfталat	-bütüldiglikol	-2,3-dimetilbütan
-1,2 diklorbenzen	-3-bütoksi-1-propanol	-Dimetileter
-1,1 dikloretilen	-1-bütoksi-2-etilasetat	-1,2-Etandiol
- Diklorofenoller	-1-bütoksi-2-propanol	-Etanol
- Dimetilamin	-2-bütoksietanol	-Etanolamin
-N,N dimetilanolin	-2-(2-bütoksi-etoksi)-etanol	-Etilasetat
-Dimetilizopropilamin	-2-(2-bütoksi-etoksi)-	-Etilklorür
-Dimetilmerkaptan	etilasetat	-Etilen
-Di(2-metilpropil)ftalat	-Bütül laktat	-Etilenglikol
-1,4-dioksan	-n-bütülsmetakrilat	-Etilformiat
-Dinonilftalat	-Bütül alkol	-Etilmetilketon
-Distearildimetil-amonyum bisülfat	-n-bütülsaldehit	-Etin
-Distearildimetil- amonyum	-Dekalin	-Gliserol
metasülfat	-Di(2-etilheksil)ftalat	-Gilkol
- Etanal	-1,4- Diklorbenzen	-Hekzafloraetan
-Etilakrilat	-1, 1 - Dikloreтан	-Hekzametilsiklo-trisiloksan
-Etilamin	-1,2- diklorpropan	(d3)
-Etilenimin	- Dietanolamin	-Hidrokarbonlar, olefinik
-Etilpropenoat	-Dietilbenzen	-Hidrokarbonlar, parafinik
- Fenol	(1,2-;1,3-;1,4- izomerleri)	-4-Hidroksi-4-metil-2-
-Fenantren	-Dietilkarbonat	pentanon
- Formaldehit	-Dietilenglikol bütileter	-İzobütanol-2-amin
- Formik Asit	-1,1- difloreтан	-İzobüten
- Furaldehit	-Etil-□-hidroksipropionat	-İzobütülen
- Furfürol	-Etilbenzen	-İzobütülsmetilketon
-Glioksal	-Etildiglikol	-İzobütüls-tearat
-Heksafloropropen	-Etilenglikol monoetileter	-İzo-dekanol
-1,6 Hekzandiizosiyanat	-Etilenglikol monometileter	-İzo-propanol
- Hekzametilendiizosiyanat	-Fenoksietanol	-Kloroetan
-İzopropilfenilkarbamat	-Fenoksipropanol	-Sıvı parafin
-Kaproaktam	-Formik asit metilesteri	-MEK (2-bütanon)
-Karbontetraklorür	-Furfürlalkol	-Metanol
-Ketilpridinyumklorür	-Limonen	-3-Metil-2-bütanon
-Klorasetaldehit	-Karbon disülfür	-4-metil-2-pentanon
-Klorasetikasit	- hintyağı etoksilat (15 etilen	-2-metil-2-propanol
-2-kloreтанal	oksit kısımları ile)	-Metilsikloheksan
-Kloroform	-2-Klor-1,3-bütadien	-Metilenklorür
-Klorometan (metil klörür)	-Klorbenzenler	-Metiletilketon
-klor toluen	-2-klörpren	-Metilizobütülsketon
-Krezoller =hidroksi toluen	-2-klörpropan	-Metilizopropilketon

Tablo 1.7. (Devam) Organik buhar ve gazlar sınıf listesi (SKHKY, 2009)

I. sınıf	II. sınıf	III. sınıf
-Merkaptanlar	- Ksilen	-2-metilpropen
-Metil metakrilat	-2,4-Ksenol (2,4- dimetilfenol)	-Metilpropilketon
-Metanal	-Kümen	-n-Metilprolidon
-Metil-(2-metil)-propinoat	-1-metoksi-2-propilasetat	-MIBK (4-metil-2-pentanon)
-Metilakrilat	-2-metoksietanol	-Alifatik hidrokarbonların
-Metilamin	-1,2,3,4-Tetrametilbenzen	karışımı
-2-Metilnilin	-1,2,3,5-Tetrametilbenzen	-Oktaflorpropan
-2-metilbromür	-1,2,4,5-Tetrametilbenzen	-Oktametilsiklo-tetrasiloksan(d4)
-Metilklorür	- Toluen	-Penta-eritrol ve c9-c10 uçucu
-Metiletiketonperoksit	-5-metil-2-hekzanon	asit esterleri
-Metilmetakrilat	-1-metil-3-etilbenzen	-Pentan
-Metilfenoller		
-Metilpropenoat		

Tablo 1.8. Kanserojen maddeler için sınır değerler

I'inci sınıfa giren maddeler (0,5 g/saat ve üzerindeki emisyon debileri için)	0,10 mg/Nm ³
II'nci sınıfa giren maddeler (5 g/saat ve üzerindeki emisyon debileri için)	1 mg/Nm ³
III'üncü sınıfa giren maddeler (25 g/saat ve üzerindeki emisyon debileri için)	5 mg/Nm ³

Tablo 1.9. Kanserojen maddeler listesi

I. sınıf	II. sınıf	III. sınıf
-Benzo(a)antrasen	-3,3'-Dikloro-(1,1'-bifenil)	-Akrilonitril
-Benzo(a)piren	-3,3-Diklorbenzidin (+tuzları)	-Benzen
-Benzo(j)florenten	-Dietyl sülfat	-1,3-bütadien
-Benzo(k)florenten	-Dimetil sülfat	-Bütadien
-Berilyum ve bileşikleri	-1,2-Epoksietan	-1-Klor-2,3-epoksiopropan
-Cr(VI) bileşikleri	-Etenoksit	(Epiklorhidrin)
-Dibenzo(a,h)-antrasen	-Etilenoksit	-Kloreten
-2-Naftilamin (+ tuzları)	-Nikel ve bileşikleri	-1,2-Dibrometan
-2-Nitropropan		-1,2-dikloreten
		-1,2-Epoksiopropan
		-Hidrazin (+tuzları)
		-Propen oksit
		-Propennitril
		-Propilen oksit
		-Vinil klorür

Türkiye de 05.12.2018 tarihli ve 30616 sayılı Remi Gazete'de yayımlanan "Benzin ve Naftanın Depolanması ve Dağıtılmasından Kaynaklanan Uçucu Organik Bileşik Emisyonlarının Kontrolü Yönetmeliği" benzin ve naftanın depolanması, dolumu, bir terminalden diğerine veya bir terminalden akaryakıt istasyonuna nakliyesi ile akaryakıt istasyonlarında motorlu taşıtlara yakıt doldurulması sırasında yapılan / kullanılan işlem, tesis ve tankerlerden salınan uçucu organik bileşiklerin azaltılması

amacıyla hazırlanmıştır. Bu yönetmelik ile söz konusu akaryakıt ürünlerinin depolanması, dolumu, nakliyesi ile akaryakıt istasyonlarında motorlu taşıtlara yakıt doldurulması sırasında yapılan / kullanılan tesis ve tankerlerden salınan benzen, toluen, ksilen vb. organik buhar ve gazların azaltılması hedeflenmektedir. Söz konusu yönetmelik ile birlikte; petrol depolama tesisleri ve akaryakıt istasyonlarında UOB kontrolüne ilişkin ekipmanların kurulumu, kontrolü ve yeterliliğine ilişkin sistem oluşturularak benzin buharının tutulması ve geri kazanılması sonucunda, özellikle kanserojen madde içeriği bulunduğu insan sağlığını, yer seviyesi ozon kirliliğine sebep olarak çevre kalitesini olumsuz etkileyen uçucu organik bileşik emisyonlarının kontrolü ve azaltılması sağlanacaktır (Çevre Bakanlığı, 2018).

Ülkemizde hava kalitesi sınır değerleri 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde (HKDYY) belirlenmiştir. BTEX kirleticileri arasında sadece benzen için sınır değer belirlenmiştir. Ölçümün yapıldığı 2018 yılı için sınır değer $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 2019 yılı için $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tanımlanmıştır. 2021 yılında benzen sınır değeri Avrupa Birliği kriteri olan $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerine ulaşılması hedeflenmektedir.

1.5. Literatür İncelemesi

Son yıllarda sanayinin gelişmesi ve nüfus artışı ile beraber petrol kullanımının yaygınlaşması ile BTEX kirleticilerinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkileri artış göstermiştir. Bu kirleticilerin, seviyelerini öğrenmek amacıyla dünya genelinde ölçüm ağları kurulmuş aynı zamanda etkileri ve kaynakları üzerine yoğun bilimsel çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde de BTEX kirleticilerin seviyelerinin araştırılması için yapılan çalışmalar 2000'li yılların başlarına dayanmaktadır. Asya ve Avrupa ülkelerine nazaran ülkemizdeki çalışmalar az sayıda olsada son yıllarda bu kirleticilerin araştırılması konusunda yapılan bilimsel çalışmalar artmıştır. Her bilimsel çalışmadaki örneklerin alındığı bölgeler, örnekleme süreleri, seçilen örnekleme teknikleri, meteorolojik koşullar, ölçülen parametreler farklılık gösterdiğinden yapılan bu araştırmaların karşılaştırılması çok kolay olmamaktadır.

Ülkemizde ve diğer ülkelerde son yıllarda BTEX kirleticileri ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalardan bazıları aşağıdaki şekildedir.

Civan ve arkadaşları (2011), Bursa şehir atmosferinde organik bileşiklerin seviyelerini ölçmek için yaz ve kış aylarında çalışma yürütmüşlerdir. Örnekler iki farklı dönemi temsil etmek amacıyla haftalık olarak pasif örnekleme yöntemi kullanılarak alınmışlardır. Ekim 2005'te 40 örnekleme noktasında, Nisan 2006'da ise 49 örnekleme noktasından örnekler alınarak 34 organik bileşik konsantrasyonları tespit edilmiştir. Verilere göre alıcı ortam kaynak tahmini modeli ile kaynak tahminleri yapılmıştır. Kaynakları trafik, araç egzozu (benzinli ve dizel motorlu taşıtlar), endüstriyel emisyonlar ve buharlaşıcı emisyonlar olarak saptanmıştır.

Civan ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği diğer bir çalışmada (Civan ve diğ., 2015), petrol rafinerisi, petrokimya kompleksi, demir - çelik tesisleri, hurda demir depolama ve sınıflandırma tesisleri, gaz dolum tesisleri gibi büyük tesislerin bulunduğu İzmir Aliğa'da organik kirleticilerin seviyeleri ölçülmüşlerdir. 55 farklı noktadan 4 farklı dönemde (eylül, aralık, mart ve haziran aylarında) pasif örnekleme metoduyla örnekler alınmıştır. Örnekleme sonunda en yüksek kirletici ortalama $1,456 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyon değeri ile toluen ölçülmüşken bunu $1,116 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyon değeri ile benzen takip etmiştir. Pozitif matris faktörizasyon reseptör modeli (EPA PMF) ile alıcı ortam emisyon kaynaklarını tahmin edilmiştir. Kaynak oluşumunda trafik en fazla katkıda bulunurken bunu Petkim ve Tüpraş emisyonları takip etmiştir. Monte Carlo simülasyonu kullanılarak benzene bağlı kanser riski tahmini yapılmıştır. Aliğa'daki Petkim, Tüpraş ve trafik emisyonları başlıca kanser riski kaynağı olarak tespit edilmiştir.

Pekey ve arkadaşları (2011), önemli bir sanayi şehri olan Kocaeli'deki organik bileşiklerin ortam seviyelerinin ölçülmesi üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Örnekler, Temmuz 2006'da Kocaeli genelinde 49 örnekleme noktasında Chromosorb 106 içeren pasif örnekleyciler kullanılarak toplanmıştır. Örnekler, termal desorpsiyon (TD) ve gaz kromatografisi / alev iyonizasyon dedektörleri (FID) kullanılarak analiz edilmiştir. Toplam BTEX seviyeleri $3,7$ ile $335,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında ölçülmüştür. BTEX seviyeleri arasında $36,87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile m/p-ksilen ve $35,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile toluen en yüksek konsantrasyona sahip kirleticilerdir. Çalışma sonucunda BTEX konsantrasyonlarının mekânsal dağılımları incelendiğinde ana yollar, şehir merkezleri ve endüstriyel tesislerin yakınında yüksek konsantrasyonlar bulunmuştur. Konsantrasyonları kirlilik kaynakları istatistiksel analizler kullanılarak belirlenmiş ve

taşıtların egzoz ve endüstriyel faaliyetlerinin, UOB 'lerin baskın emisyon kaynakları olduğunu göstermiştir.

Tecer ve arkadaşları (2015), atmosferik kirliliğin zamansal ve mekânsal değişkenliğini ortaya koymak amacıyla nüfusu ve endüstrisi hızla gelişen Yalova kentinde organik bileşikler hakkında çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yalova'da BTEX ölçümleri için örnekleme 07.08.2015 – 26.08.2015 tarihleri arasında pasif örnekleme yöntemi ile alınmıştır. Pasif örnekleme için paslanmaz çelikten yapılmış 5,8 mm çapındaki silindirik tüpler (radiello) kullanılmıştır. Örnekleme noktaları sanayi bölgesi, kırsal bölge, yerleşim alanı ve trafiği temsil edecek toplam 40 nokta belirlenip örnekleme tüpleri yerleştirilmiştir. Pasif örnekleme tüplerinde adsorpsiyon yöntemiyle toplanan uçucu organik bileşikler karbon disülfid solventi ile ayrıldıktan sonra Gaz Kromatografi (GK-FID) cihazında analiz edilmiştir. Ortalama BTEX konsantrasyonları $1,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ila $5,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında ölçülmüşken en yüksek konsantrasyona sahip kirletici $5,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyon ile toluen olmuştur. Trafik yoğun olduğu bölgeler, kent merkezi, sanayi ile yakın çevresi ve kırsal kesim olmak üzere farklı kirletici kaynaklara sahip bölgeler ayrı ayrı değerlendirilmiş ve D575 karayolu boyunca ortalama $1,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile benzen konsantrasyonları yüksek bulunmuştur. Bu çalışma sonucunda Yalova merkezinden geçen ve oldukça yoğun olan İzmit-Bursa karayolu boyunca tüm BTEX seviyeleri yüksek bulunmuş ve sanayinin bulunduğu, yoğun yerleşimin olduğu kentin doğusunun, kentin batısına nispeten daha kirli olduğu gözlenmiştir. Sanayi sitesinde yüksek toluen, etilbenzen ve ksilen konsantrasyonlarının ölçülmesi dikkat çekmiştir.

Küçükaçıl ve arkadaşları (2015), Kütahya'da kömür yakıtlı termik santral bölgesinde organik bileşiklerin alansal ve mevsimsel dağılımlarını belirlemek amacıyla Tenax TA adsorbent tüpleri kullanarak pasif örnekleme çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Örnekler, kış ve yaz olmak üzere iki ayrı mevsimde iki haftalık periyotlar da toplanmıştır. Örnekleme alanı gridlere bölünerek 108 noktadan örnekler toplanmıştır. Örneklerin analizleri Termal Desorpsiyon (TD) - Gaz Kromatografi (GC) - Alev İyonlaştırma Dedektörü (FID) sistemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Toplam organik bileşik seviyeleri değerlendirildiğinde, kış mevsiminde ölçülen toplam BTEX seviyeleri ($14,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $27,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) yaz dönemindeki seviyelerden daha yüksek ($6,77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - $25,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$) bulunmuştur. Kirleticilerin alansal dağılımları

değerlendirildiğinde, termik santral yakınlarında, Kütahya şehir merkezinde ve trafik yoğunluğu olan bölgelerde daha yüksek BTEX seviyeleri ölçülmüştür.

Ercan ve arkadaşları (2015), İstanbul'da yer alan Kemberburgaz bölgesindeki yerleşim alanına, araç trafiği ve endüstriyel aktivite etkilerinin araştırılması amacıyla BTEX kirleticilerinin zamansal ve mekânsal dağılımları hakkında çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada 10 farklı noktadan pasif örnekleme metodu ile Mart 2011 – Ağustos 2012 tarihleri arasında numuneler toplanmıştır. Çalışmada Gradko International (İngiltere) tarafından üretilen difüzyon tüpler kullanılmış ve örnekleme sonunda analizler yine aynı laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. En yüksek benzen konsantrasyonu ($9,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) trafiğin en yoğun olduğu örnekleme noktasında görülmüştür. Çalışma sonucunda örnekleme noktalarında tespit edilen benzen, toluen, etil benzen ve ksilen parametrelerinin konsantrasyonları arasındaki Pearson Korelasyon katsayıları hesaplanarak en yüksek değerler etil benzen ile ksilen arasında ($r > 0,78$) bulunmuş ve bu durumda söz konusu kirleticilerin trafik kaynaklı olduklarına işaret etmiştir. Örnekleme noktalarındaki seviye farklılıkları incelendiğinde bölgede çok fazla kamyon trafiğinden kaynaklı kirlilik ve endüstriyel aktivitelerin katkısı olduğu açıklanabilmektedir.

Dinçer ve arkadaşları (2017), Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesindeki farklı endüstrilerden kaynaklanan BTEX bileşiklerinin zamansal ve mekânsal dağılımlarını ortaya koymak amacıyla çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Örnekler, 11 ayrı noktadan bir yıl (Mart 2012 – Şubat 2013) süre zarfında pasif örnekleme metodu kullanılarak toplanmıştır. Çalışmada uzunluğu 90 mm, çapı 6,3 mm olan ve içerisinde Chromosorb 106 adsorbantı bulunan paslanmaz çelikten yapılmış tüpler kullanılmıştır. Sahadan alınan örneklerin analizi GC-MS cihazında gerçekleştirilmiştir. Yıllık ortalama benzen, toluen, etil benzen, (m,p)-ksilen ve o-ksilen konsantrasyonları sırası ile $1,28 \pm 0,37 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $12,98 \pm 4,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $2,81 \pm 3,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $9,27 \pm 14,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve $2,97 \pm 5,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak ölçülmüştür. Çalışma sonucunda BTEX kirleticilerin endüstri tesislerinden ve trafikten kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Bozkurt ve arkadaşları (2018), bu çalışmalarında Düzce kentinde BTEX kirletici seviyelerinin mevsimsel ve alansal dağılımlarının belirlenmesini amaçlamışlardır. Örnekleme mevsimsel değişiklerin incelenmesi için sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz

olmak üzere dört mevsimde iki haftalık periyotlar şeklinde alınmıştır. Örnekleme alanı olarak kentsel 23 adet, endüstriyel 17 adet ve kırsal 10 adet olmak üzere toplam 50 noktadan örnekler toplanmıştır. BTEX örnekleme Tenax TA sorbent tüpleri kullanılarak pasif örnekleme metodu ile toplanmıştır. BTEX analizleri, Termal Desorber (Markes International, Unity 2, UK) - Gaz Kromatografisi (GC) (Agilent, 6890, Paolo Alto, ABD) FID dedektörü kullanılarak yapılmıştır. Analizler sonucunda ortalama BTEX konsantrasyonları kentsel, sanayi ve kırsal olmak üzere sırası ile $9,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $8,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $3,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur. Genel değerlendirme yapıldığında, yaz seviyelerinin diğer mevsimlere göre daha düşük olduğu ve kirleticilerin çoğunun, kış mevsiminde diğer mevsimlere göre en yüksek seviyelerde olduğu gözlemlenmiştir. Kış aylarında kömür yanması ve olumsuz meteorolojik koşullar nedeniyle kirletici seviyelerinde artışa neden olduğu öngörülmektedir.

Bir diğer çalışma sanayi kenti olan Kocaeli'de Türküm (2019) tarafından gerçekleştirilmiştir. Belirlenen 45 noktada yaz ve kış mevsimlerinde birer haftalık pasif ölçümler gerçekleştirilmiştir. Örnekleme noktaları sanayi, trafik, kentsel ve kırsal ölçüm noktası olarak belirlenmiştir. Pozitif Matriks Faktörizasyonu ile kirlilik kaynakları belirlenmiş ve 7 farklı kirlilik kaynağı tespit edilmiştir. Sağlık riski tahminleri için Monte Carlo Simülasyonu kullanılmıştır. Kanseri riski $13,97 \times 10^{-6}$ olarak tahmin edilmiştir (Türküm, 2019).

Kerchich ve arkadaşları (2012), Cezayir'de BTEX kirleticilerini ölçmek için pasif örnekleme metodu kullanarak ilkbahar dönemi boyunca ölçüm yapmışlardır. Örnekler 7 farklı örnekleme noktasından alınmıştır. Örnekler GC-FID ile analizleri gerçekleştirilmiştir. Örnekleme sonuçlarında en yüksek ortalama konsantrasyona toluen sahip olduğunu ve onu benzen takip ettiği görülmüştür.

Abbasi ve arkadaşları (2020), İran'ın en kalabalık beşinci şehri olan Şiraz şehrinde BTEX seviyelerini ölçmek, kaynaklarını belirlemek ve sağlık risk tahmini değerlendirmek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Örnekler pasif örnekleme tüpleri kullanılarak 19 örnekleme istasyonundan toplanmıştır. BTEX'in tanımlanması ve nicelendirilmesi için Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi (GC-MS) kullanılmıştır. BTEX konsantrasyonları incelendiğinde Batı ülkelerinden daha yüksek konsantrasyonlara sahip olduğu bulunmuştur. Örnekleme dönemi

botunca ortalama konsantrasyonları toluen $42,80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ benzen $2,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ölçülmüştür. BTEX'lerin mekânsal dağılım haritaları IDW metodu ile yapılmıştır. Haritalar incelendiğinde şehir merkezinde kirliliğin yoğunlaştığı sonucuna ulaşılmıştır. Monte Carlo simülasyonu ile sağlık etkileri araştırılmıştır. Benzen kanser risk tahmini $6,49 \times 10^{-7}$ - $1,27 \times 10^{-5}$ olarak hesaplanmıştır. BTEX kaynakları trafik ve endüstriyel solvent kullanımı olarak belirlenmiştir.

Zhang ve arkadaşları (2019), Güneybatı Çin'de turistik bir şehir olan Guilin kentinde BTEX'lerinin ilk kez sürekli gözlemlenmesi için çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada 11 örnekleme noktasından 1 Mayıs - 30 Kasım 2018 tarihleri arasında ölçümler yapılmıştır. Numuneler paslanmaz çelik tüpler (6 L, Entech Instruments, Inc.) kullanılarak toplanmıştır. Örnekler gaz kromatografisi (GC, Agilent 6890) ile analiz edilmiştir. Guilin'i diğer şehir türlerinden ayıran özellik tipik bir turizm şehri olmasıdır ve Guilin'deki UOB'lerin temel olarak yakıt buharlaşma ve araç egzoz emisyonlarından kaynaklandığı tespit edilmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Kocaeli, Asya ve Avrupa'yı bir birine bağlayan Marmara Denizi'nin ve Marmara Bölgesinin doğusunda yer alan kara ve deniz yollarının üzerinde ve ülke imalat sanayinde %13'lük paya sahip olan bir şehirdir (KOSANO, 2019). Kocaeli'de toplamda 14 adet organize sanayi bölgesi, 4 adet teknopark ve 2 adet serbest bölge bulunmaktadır (KOSANA, 2019). Bu OSB'lerden TOSB Otomotiv Yan Sanayi İhtisas OSB, Kimyacılar OSB, Makine OSB, Plastikçiler OSB, Kömürçüler OSB'dir. Kocaeli nüfusu 1.906.391 olmakla birlikte İzmit Kocaeli'nin merkez ve 363.416 kişi sayısı ile nüfus yoğunluğu yüksek bir ilçesidir. Kuzeyinde Kandıra, doğusunda Kartepe, güneyinde Başiskele ve Gölcük, güney batısında Karamürsel ve tam batı yönünde Derince yer almaktadır.



Şekil 2.1. Kocaeli haritası (Özbyraktar, 2017)

İzmit bir kıyı şehridir ve İzmit Körfezi'ne ev sahipliği yapmaktadır. Konum olarak 40°-41° kuzey paralelleri ile 29°-31° doğu meridyenleri arasında yer almaktadır. Kent dar ve paralel uzanan bir kıyı şeridinde yerleşmiştir. Bu koşullar kenti birbirinden farklı iki büyük kısma ayırmıştır. Birinci kısım, dar ve yokuşlu sokakların bulunduğu ve genellikle eski mahallelerin yer aldığı kesim; ikinci kısım ise, düzlük alana yayılmış büyük binaların olduğu, kara ve demiryolunun içinden geçtiği, aktif iş merkezlerinin yer aldığı alanlar olmuştur. Diğer bir önemli konu ise kentin birinci derece deprem bölgesi oluşudur (İzmit Belediyesi, 2019). Türkiye dış ticaretinin % 19,7'si Kocaeli'nden gerçekleştirmekle birlikte doğal bir liman olan İzmit Körfezi'nde 35 liman ve iskele bulunmaktadır (KOSANO, 2019).

Kocaeli ilinde pek çok büyük sanayi tesisinin bulunduğu organize sanayi bölgeleri bulunmaktadır. Bu organize sanayi bölgelerinden Asım Kibar OSB ve Alikahya OSB İzmit bölgesinde bulunmakla birlikte verilere göre 8 adet üretim tesisi bulunmaktadır (Kocaeli Valiliği, 2019). Bununla birlikte İzmit ilçe sınırları içerisinde organize sanayi bölgeleri dışında mücavir alan sınırları içerisinde veya dışında, küçük sanayi sitelerinde pek çok farklı üretim konusuna sahip tesis mevcuttur. Çalışma alanı olarak seçilen İzmit ilçesi daha çok yerleşim bölgesi olsa da önemli emisyon kaynaklarına oldukça yakındır. İzmit ilçesinde İZAYDAŞ Tehlikeli ve Klinik Atık Yakma ve Depolama Tesisi, Lastik fabrikaları (Brisa, Goodyear, Prelli), Pakmaya, demir çelik fabrikaları, sunta tesisleri, otomotiv tesisleri, selülözük ürün üretim tesisleri, atık bertaraf tesisleri, limanlar, E5 otoyolu, TEM otoyolu ve benzeri pek çok hava kirliliği oluşturacak emisyon konsantrasyonları mevcuttur.

Kocaeli ilinde önceki yıllarda gerçekleşen çalışmalar hava kirliliğinin önemli çevre sorunlarından birini oluşturduğunu göstermektedir. Kocaeli ve İzmit'te sanayi bölgelerinin çok olması nedeniyle ciddi çevre sorunları yaşaması muhtemeldir (Türküm, 2018). Bölgede yaşayan halkın günlük aktiviteleri sırasında maruz kaldığı kirleticilerin miktarlarının tespit edilmesi ve bu kirleticilerin olası kaynaklarının tahmini; gerek bölge halkının sağlık risklerinin gerekse de gelecekte yapılacak olan planlamaların seyri açısından son derece önemlidir. Bu anlamda bölgede yapılacak hava kirliliği ölçüm ve modelleme çalışmaları ilgili kurum yöneticilerine büyük kolaylıklar sağlayacaktır.

2.2. Çalışmanın Kapsamı

Bu tezde Kocaeli Üniversitesi Teknoloji Transfer Ofisi (TTO) ve Kocaeli Büyükşehir Belediyesi işbirliği ile gerçekleştirilen "İzmit İlçesi, Kentsel Yaşam Kalitesinin Ölçülmesi Çalışması Sonuç Raporu", (KOUTTO- Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Kocaeli. (Gerçek D., Güven İ.T., Civan M., Türkoğlu H., 2019) veri setinden BTEX kirletici konsantrasyonları kullanılmıştır. Bu referans çalışmada veri setlerini oluşturmak için ölçümler 1 hafta yaz mevsiminde, 1 hafta kış mevsimini temsil edecek şekilde gerçekleştirilmiştir. Yaz örnekleme 12-19 Temmuz 2018 tarihleri arasında ve kış mevsimini temsilen 6-13 Aralık 2018 tarihleri arasında tamamlanmıştır.

2.3. Örnek Alma Noktaları

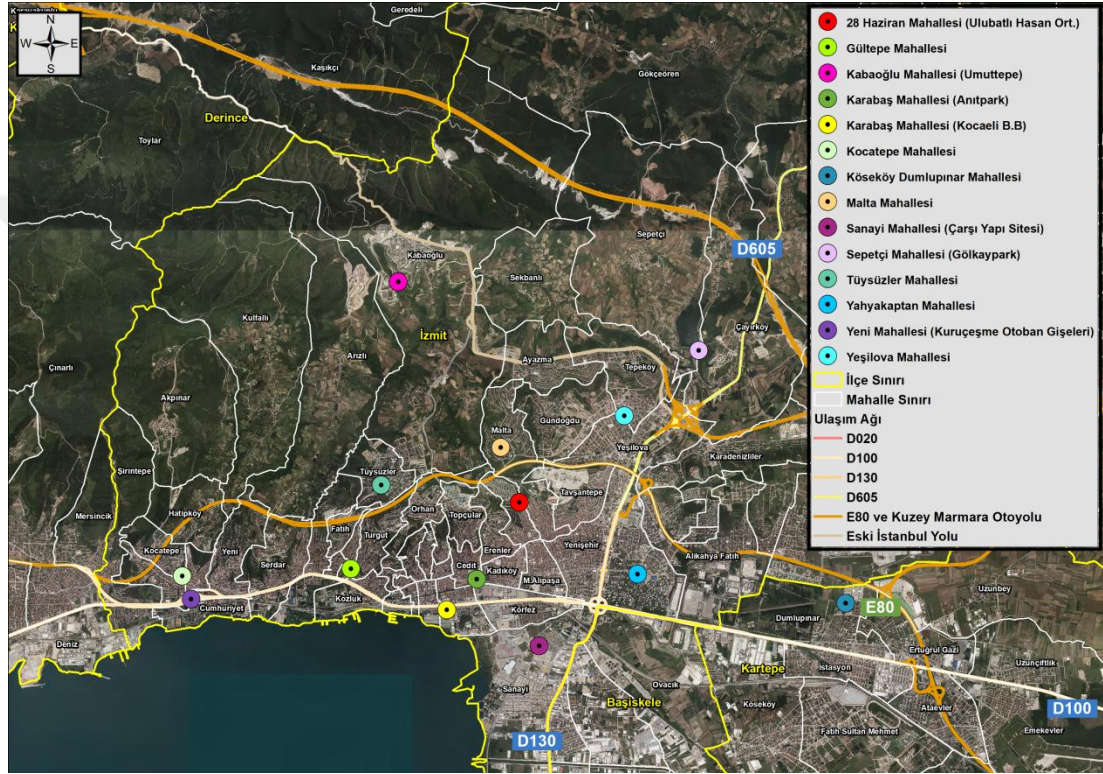
Referans çalışma (Gerçek D., Güven İ.T., Civan M., Türkoğlu H., 2019) kapsamında, BTEX kirleticilerini ölçmek için İzmit bölgesinde örnekleme noktaları seçilmiştir. Ölçüm noktaları, çalışma alanı gridlere ayrılarak belirlenmiştir. Sanayi, trafik gibi potansiyel BTEX kirlilik kaynaklarını göstermek amacıyla bazı noktaların yerlerinde değişiklikler yapılmıştır. Ölçüm lokasyonlarını gösteren nokta verisinin koordinat sistemi "Projected Coordinate System: TUREF_TM30" ve projeksiyonu "Transverse_Mercator" olarak seçilmiştir. Örneklemeye noktaları yakın olduğu kaynağa göre kent, yol ve kırsal olarak gruplandırılmıştır. Örneklemeye noktalarının isimleri, koordinat bilgileri ve özellikleri Tablo 2.1'de sunulmuş, noktaların konumu ise Şekil 2.2'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Örneklemeye noktaları koordinatları ve isimleri

Örnek No	Örneklemeye Bölgesi	Enlem	Boylam
1	Yeşilova Mahallesi	497658.1658	4517663.636
2	Yahyakaptan Mahallesi	497905.8311	4514695.041
3	Karabaş Mahallesi (Anıtpark)	494880.8367	4514600.13
4	Sanayi Mahallesi (Çarşı Yapı Sitesi)	496053.9208	4513351.532
5	Karabaş Mahallesi (Büyükşehir Belediyesi)	494319.3531	4514025.491
6	Köseköy Dumlupınar Mahallesi	501816.8478	4514150.747
7	28 Haziran Mahallesi (Ulubatlı Hasan Ort.)	495681.4079	4516041.152
8	Kabaoğlu Mahallesi (Umuttepe)	493409.224	4520175.398
9	Tüysüzler Mahallesi	493085.3093	4516369.069
10	Malta Mahallesi	495335.5687	4517072.214

Tablo 2.1. (Devam) Örnekleme noktaları koordinatları ve isimleri

Örnek No	Örnekleme Bölgesi	Enlem	Boylam
11	Sepetçi Mahallesi (Gölkaypark)	499052.2448	4518891.598
12	Gültepe Mahallesi	492518.0814	4514797.894
13	Kocatepe Mahallesi	489345.5905	4514658.12
14	Yeni Mahallesi (Kuruçeşme Otoban Gişeleri)	489512.2483	4514225.43



Şekil 2.2. Çalışmada örnekleme yapılan noktaların harita üzerindeki konumları

Çalışma alanının doğusunda kalan alanda yakın mesafede lastik endüstrisi, kuzey doğu kısmında yakma tesisi bulunmaktadır. Güneyinde küçük sanayi, batısında 10 km mesafede rafineri mevcuttur. E-5 otoyolu, TEM otoyolu ve demiryolu İzmit ilçe sınırları içinden geçmektedir. Referans çalışma (Gerçek D., Güven İ. T., Civan M., Türkoğlu H., 2019), kapsamında ölçüm çalışmaları mevsimsel değişimin etkilerini göstermek amacıyla bir yaz ve bir kış olmak üzere iki farklı mevsimde gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı içinde toplam 14 noktada pasif örnekleme yöntemi kullanılarak ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

2.4. BTEX'lerin Örnekleme ve Ölçüm Teknikleri

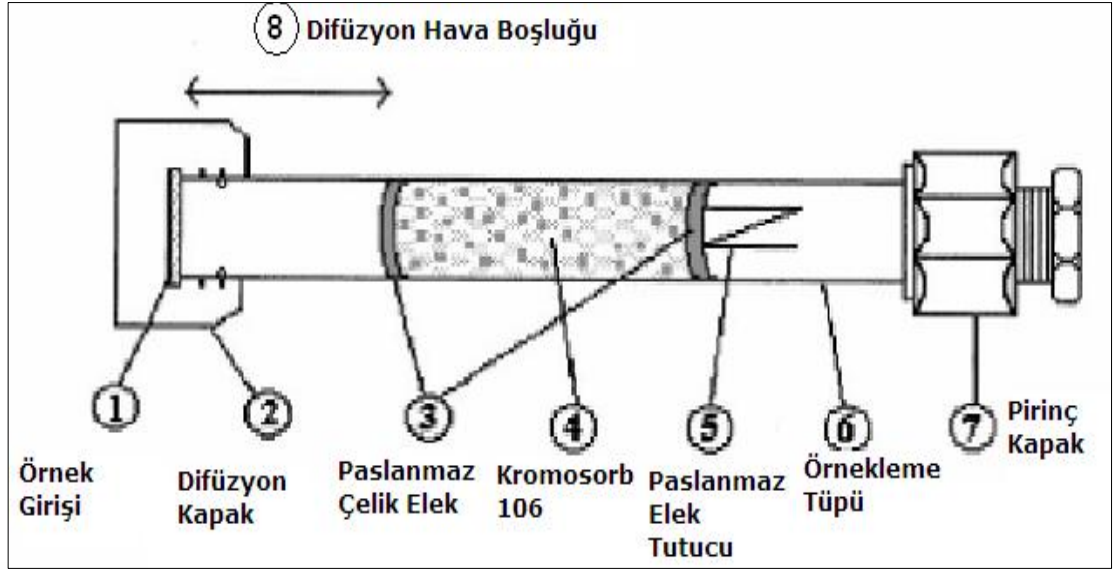
Atmosferdeki hava kirleticileri salınım yaptıktan sonra reaksiyona uğradığından dolayı kaynağa yaklaştıkça yüksek seviyeler uzaklaştıkça düşük seviyeler ölçülmektedir (Türküm, 2018). Bu nedenle kent hava kalitesini belirlemek için sadece bir iki noktadan değil kentin farklı noktalarından ölçümler yapılması gereklidir. Bu amaçla çalışmada BTEX ölçümleri için pasif örnekleme yapılmıştır. Pasif örneklemenin temeli atmosferde gaz veya buhar fazında olan kirleticinin difüzyon ya da membran yoluyla adsorbent üzerine adsorblanması olarak tanımlanır (Türküm, 2018). Pasif örnekleme tekniği, Fick'in Birinci Yasasına göre çalışmaktadır. Pasif örneklemede haftalık veya günlük değerler ölçülerek ortalama sonuçlar ile mekansal dağılım haritaları oluşturulmaktadır. Böylece görsel olarak kirlilik haritaları oluşturulur. Pasif örnekleme tüpleri tek tip olmayacağı gibi farklı boyurlara sahiplerdir. Paslanmaz çelik malzemeden yapılan tüpün içerisine adsorbent eklenmesi ile yapılmaktadır. BTEX pasif örnekleme tüp şeması Şekil 2.3'te verilmiştir.

Difüzyon ile adsorbent üzerinde toplanan kirleticinin konsantrasyonu aşağıda verilen denklem kullanılarak hesaplanmaktadır (Civan ve diğ., 2012; Gorecki ve Namiesnik, 2002):

$$C=(m_s-m_b)Uxt \quad (2.1)$$

Burada :

- C kirleticinin atmosferdeki konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- m_s kirleticinin pasif örnekleme tüp üzerine adsorblanan miktarı (μg)
- m_b kirleticinin arazi şahidi tüpü üzerine adsorblanan miktarı (μg)
- U Tutma sabiti (m^3/saniye)
- t Tüplerin arzide kaldığı süre (örnekleme süresi) (saniye)



Şekil 2.3. BTEX pasif örnekleme tüp şeması (Civan, 2010)

Tüpler örnekleme öncesi şartlandırma fırınında 350 °C'de 3 saat boyunca temizlenmiş ve geri kazanım standardı enjekte edilmiştir. Çalışmada tüplerin hazırlanması ve analizi sırasında EN 13525 standardı takip edilmiştir (EN 13528, 2002). BTEX ölçümleri için tüplerin hazırlanması ve analizi Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bilimsel Endüstriyel ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi (BETUM) tarafından yapılmıştır. Örnekleme hazırlık ve analiz aşamaları kısaca aşağıda değinilmiştir.

Referans çalışmada (Gerçek D., Güven İ.T., Civan M., Türkoğlu H., 2019), örnekleme için tenaks adsorbentli pasif örnekleme tüpleri kullanılmıştır. Şartlandırma işlemi sonrasında geri kazanım standardı eklenen tüpler araç tipi buzdolabı ile örnekleme sahasına götürülmüştür. Örnekleme tüpleri 1 hafta boyunca örnekleme noktalarında koruyucu kafesler içerisinde örnekleme noktalarını tamamlamıştır. Örnekleme işlemi sırasında tüplere doğru örnek toplamak amacıyla difüzyon kapak takılmıştır. Tüplerin örnekleme noktalarındaki durumları Şekil 2.4'de gösterilmiştir. Arazi şahidi için 3 tane tüp kullanılmış ve fakat diğer tüplerden farklı olarak kapakları açılmadan örnekleme boyunca bekletilmiştir. Örnekleme işlemi bitiminde tüplerin kapakları kapatılıp arazi şahitleri ile birlikte araç tipi buzdolabı ile birlikte analiz edilmesi için BETUM laboratuvarına gönderilmiştir. Analizler, Thermo Scientific Dionex Trace marka 1300 model gaz kromatografisi (GC) cihazı ve buna bağlı ISQ QD model kütle spektrometresi (MS) dedektörü ile yapılmıştır. Analiz

öncesinde GC MS cihazının 5 noktalı kalibrasyon eğrisi hazırlanarak ve her bir kirletici için kalibrasyon eğrisi hesaplanmıştır. GC MS cihazını hazırlamak için başlangıç sıcaklığı 40 °C'ye ayarlanmış ve 5 dakika bekletilmiştir. Sonrasında dakikada 50 °C/ artışlarla 195 °C çıkmış ve burada 10 dakika beklemiştir. MS dedektörün iyon kaynağı 250 °C ve quadropil sıcaklığı 150 °C'ye ayarlanmıştır. Arazi şahitleri kalite kontrol için kullanılmış ve BTEX kirleticileri örneklerin ortalama miktarının %6'sı olarak hesaplanmıştır. Bu değer şahit tüplerin örnekleme sırasında farklı bir kaynaktan kirlenmediğinin bir göstergesidir.



Şekil 2.4. Tüplerin arazideki konumlarını gösteren fotoğraflar

2.5. Verilerin Kalite Kontrolü

2.5.1. Şahit örnek analizleri

Referans çalışmada (Gerçek D., Güven İ.T., Civan M., Türkoğlu H., 2019), şahit örneği için 3 adet arazi ve 4 adet laboratuvar şahit örneği toplanmıştır. Laboratuvar şahitleri laboratuvarında soğutucuda bekletilmiştir. Arazi şahitleri ise diğer örnekleme tüpleri ile beraber araç buzdolabı ile örnekleme sahasına götürülerek kapakları kapalı konumda örnekleme boyunca bekletilmiştir. Örnekleme sonunda arazi şahit tüpleri diğer tüplerle birlikte analiz edilmek üzere laboratuvara gönderilmiştir. Şahit örneklerinde ölçülen konsantrasyonlar ile örnekleme alnalarında ölçülen konsantrasyonlar arasındaki fark yüksek olmaması gerekir. Yüksek farklar anlamlı

bir sonuç elde edilmediğinin bir göstergesidir. Laboratuvar ve arazi şahit örneklerindeki BTEX konsantrasyonları Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2. Laboratuvar ve arazi şahit örneklerinde BTEX konsantrasyonları

	Laboratuvar Şahit ng/tüp	N	Arazi Şahit ng/tüp	N
Benzene	0,09 ± 0,07	4	0,12 ± 0,05	3
m+p-Xylene	0,11 ± 0,9	4	0,10 ± 0,8	3
Toluene	0,18 ± 0,14	4	0,19 ± 0,15	3
Ethylbenzene	0,16 ± 0,09	4	0,18 ± 0,11	3
o-Xylene	0,15 ± 0,10	4	0,09 ± 0,05	3

Tablo 2.3’de laboratuvar şahit örnekleri ile arazi şahit örneklerinde ölçülen konsantrasyonların karşılaştırılması verilmiştir. Her iki şahit örnek konsantrasyonları arasında büyük farklar oluşmamıştır.

Tablo 2.3. Laboratuvar şahit değerleriyle alan şahit değerlerinin karşılaştırılması

	LKŞ (ng/tüp)	AKŞ(ng/tüp)	AKŞ/LKŞO
Benzene	0,09	0,10	0,92
Toluene	0,20	0,23	1,15
m+p-Xylene	0,17	0,12	0,70
Ethylbenzene	0,24	0,16	0,66
o-Xylene	0,15	0,09	0,60

2.5.2. Ölçüm yapılan cihazların tayin sınırları

BTEX’lerin tayin sınırları için laboratuvar şahidi kullanılarak belirlenmiştir. Laboratuvar şahitleri ard arda 10 defa analiz edilerek standart sapma değeri ile çarpılmış ve her bir BTEX konsantrasyonu için tayin sınırları belirlenmiştir. Tayin sınır değerleri ve belirleme sınır değerleri Tablo 2.4’de verilmiştir. BTEX’ler için belirleme sınırı (LOD) 0,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 0,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişirken tayin sınırı (LOQ) 0,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 2,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişmektedir.

Tablo 2.4. BTEX’lere ait belirleme sınırları (LOD) ve tayin sınırları (LOQ)

BTEX	LOD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	LOQ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Benzen	0,67	2,02
Toluen	0,22	0,67
Etil benzen	0,26	0,80
m,p-Ksilen	0,41	1,23
o-Ksilen	0,22	0,67

3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

3.1. BTEX Kirleticileri Konsantrasyonları

Referans çalışmada (Gerçek D., Güven İ.T., Civan M., Türkoğlu H., 2019), İzmit yerleşik bölgesinde toplam 14 noktada yapılan pasif örnekleme metodu ile BTEX örnekleme gerçekleştirilmiştir. Yaz dönemi için 12-19 Temmuz 2018 tarihlerinde 14 noktada ve kış dönemi için 6-13 Aralık 2018 tarihlerinde 13 noktada ölçülen BTEX konsantrasyonlarına ait bilgiler Tablo 3.1, 3.2 ve 3.3’de verilmiştir. Tablolar incelendiğinde yaz ve kış dönemleri ölçümleri arasında büyük farklılıklar gözlemlenmiştir. BTEX kirleticilerinden benzen hariç diğer kirleticilerin yaz konsantrasyon değerleri kışa göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Yaz dönemi sonuçlarına göre en yüksek değere sahip kirletici 13,62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyon ile m,p-ksilen; en düşük değere sahip kirletici 1,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyon ile benzendir. Diğer kirletici değerleri ise şöyledir; 12,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile toluen, 6,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile o-ksilen ve 3,45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile etilbenzendir. HKDY 2019 yılı benzen sınır değerleri için değerlendirme yapıldığında benzen 1,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama değeri ile 2019 yılı limit değerinin (7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) altında kalmıştır. Her bir örnekleme noktası benzen için ayrı ayrı değerlendirildiğinde HKDY limit değerlerini aşan bir nokta gözlenmemiştir.

Kış dönemi ortalama değerleri 1,32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 9,32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişiklik göstermektedir. En yüksek kirletici konsantrasyonu (9,32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) tolüene aittir. En düşük konsantrasyon (1,32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ise etilbenzendir. Diğer kirletici değerleri ise şöyledir; 4,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyon ile benzen, 2,51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyon ile m&p ksilen, 1,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyon ile o-ksilendir. Kış dönemi ortalama benzen konsantrasyonu HKDY’ ye göre değerlendirildiğinde 4,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama konsantrasyon ile sınır değerinin altında kalmaktadır.

Tablo 3.1. Yaz örneklemesinde çalışma alanı içinde ölçülen BTEX konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve istatistiksel verileri

Nokta İsmi	Benzen	Toluen	Etilbenzen	m,p- Ksilen	O-ksilen	m&p Ksilen/ Etilbenzen	Toluen/Benzen
Yeşilova Mahallesi	1,16	7,94	2,21	7,59	4,35	1,71	5,81
Yahyakaptan Mahallesi	0,98	7,4	2,48	8,7	3,95	1,75	6,38
Karabaş Mahallesi (Anıtpark)	0,81	6,08	1,74	6,18	2,87	1,77	6,38
Sanayi Mahallesi (Çarşı Yapı Sitesi)	1,11	18,14	5,04	21,6	9,41	2,14	13,81
Karabaş Mahallesi (Büyükşehir Belediyesi)	1,24	11,23	2,64	9,9	4,85	1,88	7,65
Köseköy Dumlupınar Mahallesi	1,3	23,42	5,52	22,18	9,92	2,01	15,28
28 Haziran Mahallesi (Ulubatlı Hasan Ort.)	1,47	14,03	4,27	16,17	7,68	1,61	4,74
Kabaoğlu Mahallesi (Umuttepe)	1,51	8,42	2,24	7,19	3,57	1,98	12,26
Tüysüzler Mahallesi	0,82	11,89	3,7	14,69	6,7	2,2	5,41
Malta Mahallesi	1,15	23,11	6,41	26,58	13,17	2,4	14,81
Sepetçi Mahallesi (Gölkaypark)	0,84	14,69	4,76	22,88	9,52	1,91	7,31
Gültepe Mahallesi	1,48	12,78	4,45	16,97	7,95	1,88	9,74
Kocatepe Mahallesi	0,53	6,1	1,9	7,14	3,04	1,5	4,82
Yeni Mahallesi (Kuruçeşme Otoban Gişeleri)	0,55	3,13	0,99	2,96	1,33	1,89	8,11
Ortalama	1,07	12,03	3,45	13,62	6,31	1,90	8,75
Medyan	1,13	11,56	3,17	12,30	5,78	1,89	7,48
Standart Sapma	0,32	6,22	1,64	7,53	3,41	0,24	3,77
En düşük	0,53	3,13	0,99	2,96	1,33	1,50	4,74
En yüksek	1,51	23,42	6,41	26,58	13,17	2,40	15,28

Tablo 3.2. Kış örneklemesinde çalışma alanı içinde ölçülen BTEX konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve istatistiksel verileri

Nokta İsmi	Benzen	Toluen	Etilbenzen	m,p- Ksilen	O- ksilen	m&p Ksilen/ Etilbenzen	Toluen/Benzen
Yeşilova Mahallesi	4,59	6,81	0,89	1,65	1,24	1,86	1,48
Yahyakaptan Mahallesi	3,74	6,41	1,28	2,5	1,71	1,96	1,72
Karabaş Mahallesi (Anıtpark)	2,85	6,46	1,02	2,01	1,61	1,97	2,27
Sanayi Mahallesi (Çarşı Yapı Sitesi)	8,44	17,95	1,94	4,07	2,73	2,1	2,13
Karabaş Mahallesi (Büyükşehir Belediyesi)	5,88	9,18	1,19	2,44	1,96	2,05	1,56
Köseköy Dumlupınar Mahallesi	6,69	25,16	4,95	8,74	7,16	1,77	3,76
Kabaoğlu Mahallesi (Umuttepe)	4,53	9,51	0,86	1,9	1,44	2,19	2,1
Tüysüzler Mahallesi	3,43	7,28	0,84	1,71	1,16	2,04	2,12
Malta Mahallesi	1,73	3,7	0,54	0,84	0,77	1,56	2,13
Sepetçi Mahallesi (Gölkaypark)	3,53	4,76	0,57	0,9	0,69	1,57	1,35
Gültepe Mahallesi	6,48	8,87	1,36	2,48	1,8	1,83	1,37
Kocatepe Mahallesi	1,89	7,53	0,79	1,54	1,07	1,94	3,98
Yeni Mahallesi (Kuruçeşme Otoban Gişeleri)	2,21	7,55	0,91	1,78	1,38	1,96	3,42
Ortalama	4,31	9,32	1,32	2,51	1,9	1,91	2,26
Medyan	3,74	7,53	0,91	1,9	1,44	1,96	2,12
Standart Sapma	2,06	5,85	1,15	2,04	1,67	0,9	2,06
En düşük	1,73	3,7	0,54	0,84	0,69	1,56	1,35
En yüksek	8,44	25,16	4,95	8,74	7,16	2,19	3,98

Tablo 3.3. Yaz ve kış örnekleme sonuçlarının ortalaması BTEX konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve istatistiksel verileri

Nokta İsmi	Benzen	Toluen	Etilbenzen	m,p-Ksilen	O-ksilen	m&p Ksilen/ Etilbenzen	Toluen/Benzen
Yeşilova Mahallesi	2,48	4,47	0,7	1,26	1,13	1,8	1,8
Yahyakaptan Mahallesi	2,02	4,19	0,93	1,76	1,31	1,89	2,07
Karabaş Mahallesi (Anıtpark)	1,55	4,05	0,71	1,36	1,14	1,92	2,61
Sanayi Mahallesi (Çarşı Yapı Sitesi)	4,4	11,41	1,55	3,29	2,46	2,12	2,59
Karabaş Mahallesi (Kocaeli B.B)	3,14	6,1	0,9	1,8	1,55	2	1,94
Köseköy Dumlupınar Mahallesi	3,55	15,71	3,12	5,66	4,73	1,81	4,43
Kabaoğlu Mahallesi (Umuttepe)	2,5	5,88	0,69	1,37	1,13	1,99	2,35
Tüysüzler Mahallesi	1,85	5,23	0,85	1,71	1,36	2,01	2,83
Malta Mahallesi	0,94	2,26	0,44	0,79	0,59	1,8	2,4
Sepetçi Mahallesi (Gölkaypark)	1,9	4,35	0,84	1,78	1,45	2,12	2,29
Gültepe Mahallesi	3,47	6,14	1,2	2,23	1,82	1,86	1,77
Kocatepe Mahallesi	1,03	4,58	0,62	1,18	0,89	1,9	4,45
Yeni Mahallesi (Kuruçeşme Otoban Gişeleri)	1,19	4,2	0,57	1,07	0,84	1,88	3,53
28 Haziran Mahallesi (Ulubatlı Hasan Ort.)	0,46	3,76	0,99	1,88	1,79	1,9	8,17
<i>Ortalama</i>	2,18	5,88	1,01	1,94	1,59	1,93	3,09
<i>Medayn</i>	1,96	4,53	0,85	1,74	1,34	1,9	2,5
<i>Standart Sapma</i>	1,14	3,51	0,67	1,23	1,02	0,28	0,28
<i>En düşük</i>	0,46	2,26	0,44	0,79	0,59	1,8	1,77
<i>En yüksek</i>	4,4	15,71	3,12	5,66	4,73	2,12	8,17

Referans çalışmada (Gerçek D., Güven İ.T., Civan M., Türkoğlu H., 2019) BTEX sonuçlarını yurtiçi ve yurtdışında yapılan çalışmalar ile karşılaştırması yapılmış ve Tablo 3.4’de sunulmuştur. Çalışmalar incelendiğinde Çorlu, Tekirdağ bölgesindeki (Tecer ve diğ., 2018) çalışmadaki BTEX seviyeleri İzmit deki seviyeler ile hemen hemen aynı olduğu incelenmiştir. Çorlu hızlı nüfus artışı ve sanayileşmenin olduğu Edirne ve İstanbul’u karayolu ile bağlayan özelliklerinden dolayı İzmit ile aynı koşullarda olması BTEX seviyelerinde benzerlik göstermiştir. Tecer ve arkadaşları (2018) tarafından Yalova da yapılan çalışmaya bakıldığında toluen seviyesinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Tolüen seviyesinin Yalova bölgesinde yoğun olması sanayi sitelerinden kaynaklanmıştır. Bu çalışmada ise sanayi bölgelerinde örnekleme yapılmadığından dolayı düşük ölçüm sonuçları elde edilmiştir. BTEX’ ler ile ilgili bir diğer çalışma Bursa ilinde Civan ve arkadaşları (2011) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ile Bursa’daki seviyeler ile kıyaslandığında Bursa’daki seviyelerin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bursa’daki çalışma 40 noktada gerçekleştirilmiş ve sanayi, kırsal, yerleşim bölgesi ve yol gibi pek çok bölgeden örnekleme alınmıştır. Bu çalışmada sanayi bölgesinde örnekleme gerçekleştirmediğinden dolayı sonuçlar düşük seviyelerdedir.

Cezayir’de gerçekleştirilen bir çalışmada (Kerchich ve diğ., 2012) tüm BTEX değerlerinin Referans çalışmada (Gerçek D., Güven İ.T., Civan M., Türkoğlu H., 2019) elde edilen ölçümlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Kerchich ve arkadaşlarının araştırmasında örnekleme bölgesi olarak yol kenarı, kentsel alan ve yarı kırsal alanlar seçilmiştir. Toluene 107,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile en yüksek değere sahiptir. Referans çalışmada (Gerçek D., Güven İ.T., Civan M., Türkoğlu H., 2019) ise toluene değeri 5,88 $\mu\text{g} / \text{m}^3$ ile en yüksek konsantrasyon değerine sahiptir. Çalışma bölgesi olarak benzer yerler olmasına rağmen Cezayir deki BTEX konsantrasyonları daha yüksektir. Bu durumda o bölgede daha çok kirliliğin olduğunun bir göstergesidir. Abbasi ve arkadaşlarının (2020) Şiraz’da gerçekleştirdiği çalışmada benzen konsantrasyonu hariç diğer kirleticilerin yüksek konsantrasyonlara sahip olduğu görülmüştür. En yüksek değer 42,80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile toluendir. Çalışma bölgesi incelendiğinde kentleşme ve sanayileşmenin yüksek oranlarda olduğu görülmüştür.

Tablo 3.4. Ölçülen BTEX kirleticilerin yurt içi ve yurt dışımda gerçekleştirilen çalışmalarda ölçülen değerler ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ile karşılaştırılması

Şehir, Ülke	Nokta Sayıları	Benzen	Toluen	Etilbenzen	m,p-ksilen	o-ksilen	
İzmit, Kocaeli, Türkiye	14	2,18	5,88	1,01	1,94	1,59	Referans çalışma (Gerçek D., Güven İ. T., Civan M., Türkoğlu H., 2019)
Bursa, Türkiye	40	5,2	24	3,6	9,9	1,4	Civan ve diğ., 2011
İzmir, Türkiye	55	1,12	1,46	0,23	0,5	0,18	Civan ve diğ., 2015
Yalova, Türkiye	40	1,56	10,78	1,45	2,99	1,69	Tecer ve diğ., 2015
Kütahya, Türkiye	108	0,46	0,82	0,12	0,36	0,14	Küçükakın ve diğ., 2015
Çerkezköy, İstanbul Türkiye	19	1,28	12,98	2,81	9,27	2,97	Dinçer ve diğ., 2017
Çorlu, Tekirdağ, Türkiye	21	2,47	4,28	1,195	2,43	1,43	Tecer ve diğ., 2018
İstanbul, Türkiye	10	1,45	10,44	2,042	5,3		Ercan ve diğ., 2015
Tarihi Yarımada, İstanbul, Türkiye	50	0,88	6,8	0,4	0,86	0,58	Karaca, 2012
Düzce, Türkiye	50	2,1	3,29	0,61	1,07	0,62	Bozkurt ve diğ., 2018
Kocaeli, Türkiye	49	2,3	35	9,7	37	12	Pekey ve Yılmaz., 2011
Guilin, Çin	11	2,92	4,2	2,85	2,07	-	Zhang ve diğ., 2019
Şiraz, İran	19	2,95	42,80	12,84	38,44	15,77	Abbasi ve diğ., 2020
Cezayir	7	58,9	107,9	12,7	44,1	15,3	Kerchich ve diğ., 2012

BTEX'lerin kaynak tahminleri için kirleticilerin birbirine oranları kaynak tahmini için yardımcı olmaktadır. Literatürde sık olarak kullanılan toluen/benzen (T/B) ve m&p-ksilen/etilbenzen ((m+p)-X/E) oranları bu kirleticilerin emisyon kaynaklarını tahmin etmede kullanılan oranlardır (Yurdakul ve diğ., 2013; Dinçer ve diğ., 2017).

Özellikle, T/B oranı trafik emisyonları ve trafikten kaynaklanmayan emisyonlar için kullanılmaktadır (Pekey ve diğ., 2013; Dinçer ve diğ., 2017). Benzinde önemli

miktarlarda bulunan benzen ve toluen, çoğunlukla motorlu taşıtların egzozlarından atmosfere girmektedir. Bu nedenle, T/B oranı yaygın olarak trafik kaynaklı emisyonların işareti olarak kullanılmaktadır (Civan, 2011). Kentsel alanda yaklaşık 2-4 arasındaki T/B oranı araç emisyonlarının bir göstergesidir (Dinçer ve diğ., 2017). Araç yakıt cinsine bağlı olarak, farklı türdeki yakıtların toluen içeriği benzen'e göre 3-4 kat, benzinde ise 5 kat yüksektir. Bundan dolayı kentsel atmosferde ölçülen T/B oranı <5 olduğu durumda, toluenin ve benzenin ana kaynağının trafik emisyonu olduğu kabul edilmektedir (Hoque ve diğ., 2008; Dinçer ve diğ., 2017).

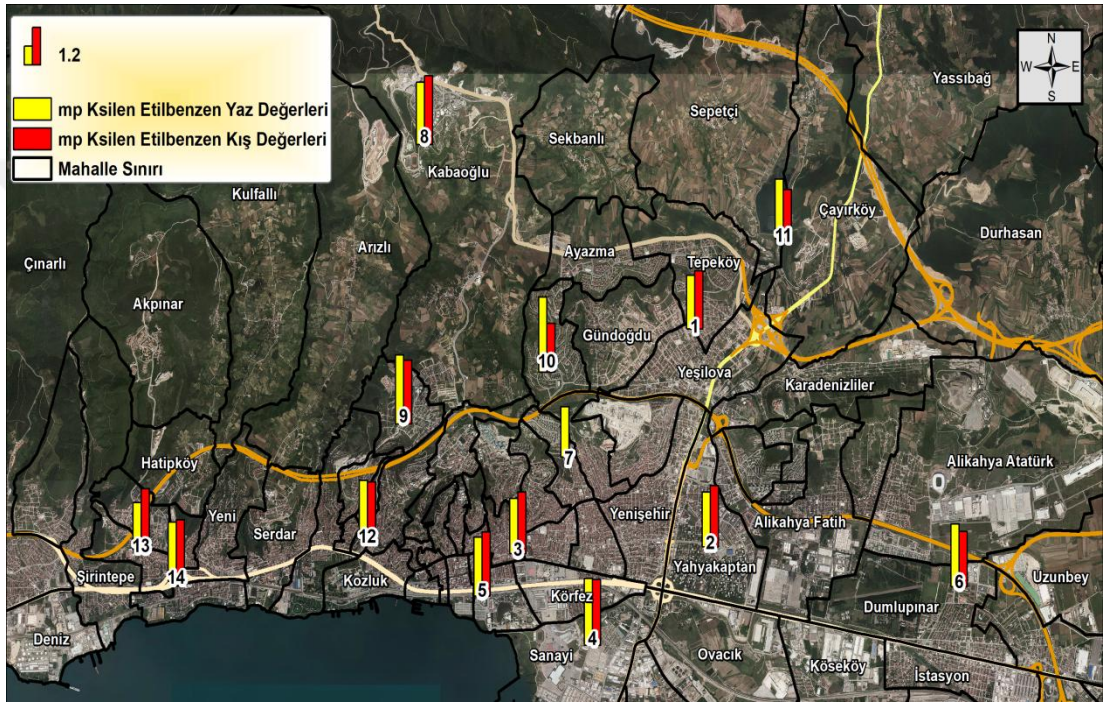
Bir diğer BTEX kirleticilerinden olan m&p-ksilen ile etilbenzen bileşikleri, hava ortamına endüstriyel proseslerden, araç emisyonlarından ve solvent kullanımından yayılmaktadır. Aynı kaynaklardan hava ortamına bırakılan bu kirleticiler ortamda farklı hızlarda OH oksidasyonuna uğradıklarından (m,p)-X/E oranı atmosferdeki fotokimyasal reaktivitenin zamanını ve şiddetini göstermektedir.

Önceki çalışmalar incelendiğinde yüksek (m,p)-X/E oranı ortalama 3,0 olarak raporlanmıştır. 1,0-1,5 arasındaki (m+p)-X/E oranı endüstriyel alanlarda, 2,5-3,5 arasındaki (m+p)-X/E oranı trafik alanlarında görülmüştür (Kuntasal ve diğ., 2013; Dinçer ve diğ., 2017).

İzmit'te sanayi tesisleri yerleşim alanlarına yakın bölgelerde olduğu için örnekleme noktalarından ölçülen BTEX seviyelerine katkı yapan kaynakların endüstri emisyonlarından mı veya kent kaynaklı mı (ulaşım, kent içi aktiviteler gibi) olduğunun ayırımını yapmak zordur. Araç emisyonlarını ayırt edebilmek için örneklemenin yol üzerinde yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada 14 noktadan 3 tanesi yol kenarı (Karabaş Mahallesi (Anıtpark), Karabaş Mahallesi (Kocaeli B.B), Yeni Mahallesi (Kuruçeşme Otoban Gişeleri)) diğerleri ise yerleşim yerlerinde örnekleme yapılmıştır. Bu sebeple T/B ve (m+p) X/E oranları çalışma alanı için olası kaynak katkılarının tespiti için faydalı olacaktır. Tablo 3.1, 3.2 ve 3.3'de yaz, kış ve yaz ile kış ortalamalarının her ölçüm noktası için T/B ve X/E oranları listelenmiştir.

Bu çalışmadaki (m+p)-X/E yaz örnekleme oranları 1,5 ile 2,4 arasında (ortalama 1,9) değişmektedir. En düşük oran 1,5 ile Kocatepe Mahallesi noktasında ve en yüksek oran ise 2,4 ile Malta Mahallesindedir. Kış örneklemesinde ise bu oranlar birbirine yakın 1,56 ile 2,19 arasında (ortalama 1,9) değişim göstermektedir. En

düşük oran Malta Mahallesi'nde iken en yüksek oran Kabaoğlu Mahallesi (Umuttepe) noktasında hesaplanmıştır. X/E oranlarının 1,5 ile 2,4 arasında değişmesi ortamdaki kirlilik kaynağının endüstriyel kaynaklı olduğunun bir göstergesidir. Bu oranın her noktada değişim göstererek düşük olmasının nedeni ise kirlenici emisyonun hava kütleleri ile taşınımı sırasında azaldığını göstermektedir (Dinçer, 2017). Örnekleme noktalarının (m,p)-X/E oranları yaz ve kış mevsimi için Şekil 3.1' de bar grafik olarak sunulmuştur.

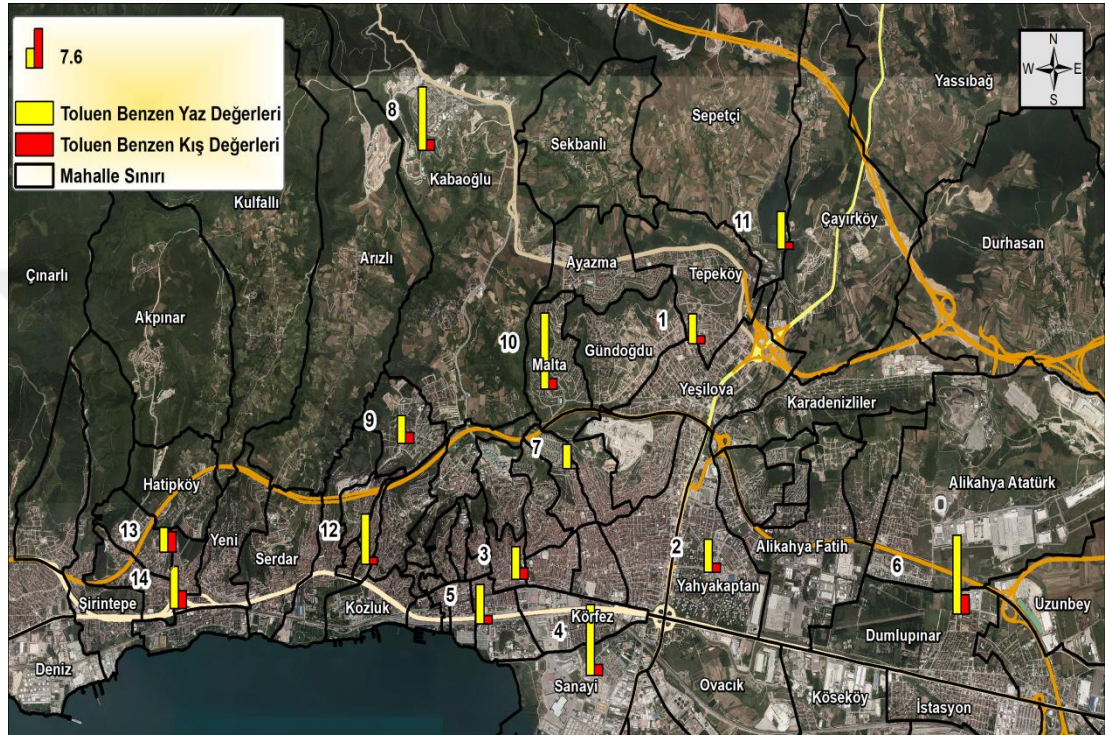


Şekil 3.1. Örnekleme noktalarının (m+p)-X/E yaz ve kış oranları

Örnekleme noktalarındaki (m+p)-X/E yaz ve kış oranları karşılaştırıldığında oranların birbirlerine çok yakın olduğu gözlemlenmektedir. Her mevsimde benzer yaşlanma profiline sahip hava kütleleri hakim olduğundan (m+p)-X/E oranları bir mevsimden diğerine önemli ölçüde değişmezler (Sarısaltık, 2019). Özellikle Sanayi Mahallesi (Çarşı Yapı Sitesi), Gültepe Mahallesi ve Tüysüzler Mahallesi'nde yaz ve kış oranları birbirine çok yakın ve 2,5 oranının altındadır. Bu durumda solvent kaynaklı bir kirlenmenin olduğunun göstergesidir.

Bu çalışmadaki yaz örnekleme için hesaplanan T/B oranlarına bakıldığında 4,74 ile 15,28 arasında (ortalama 8,75) değişmektedir. En düşük oran 4,74 ile 28 Haziran Mahallesi (Ulubatlı Hasan Ort.) noktasında ve en yüksek oran ise 15,28 ile Köseköy

Dumlupınar Mahallesi noktasında hesaplanmıştır. Kış örnekleme T/B oranlarına bakıldığında 1,35 ile 3,98 (ortalama 2,26) arasında değişmektedir. En düşük oran Sepetçi Mahallesi (Gölkaypark) noktasında, en yüksek oran Kocatepe Mahallesi noktasında görülmüştür. T / B oranları kirlilik kaynağından uzaklaştıkça azaldığı görülebilir. Örnekleme noktalarının T/B yaz ve kış oranları Şekil 3.2’ de verilmiştir.



Şekil 3.2. Örnekleme noktalarının T/B yaz ve kış oranları

Örnekleme noktalarındaki yaz T/B ve kış T/B oranları karşılaştırıldığında yaz oranlarının kışa göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle Köseköy Dumlupınar Mahallesi, Kabaoğlu Mahallesi (Umuttepe), Malta Mahallesi ve Sanayi Mahallesi (Çarşı Yapı Sitesi)’ndeki yaz ve kış oranları arasındaki fark yüksek iken Kocatepe Mahallesi’ndeki yaz ve kış oranları birbirlerine çok yakındır. Yüksek yaz T/B oranlarının bulunduğu ölçüm noktalarının konumları incelendiğinde Köseköy Dumlupınar Mahallesi’nde sunta ile lastik fabrikaları bulunmakta ve aynı zamanda otoyollara yakın bir konumdadır. Sanayi Mahallesinde bulunan pekçok sanayi işletmesi toluen içeren solvent kullandığından dolayı T/B oranını yükseltmektedir. Yıllık ortalama T/B oranları değerlendirdiğinde en yüksek 28 Haziran Mahallesi (8,17), Köseköy Dumlupınar Mahallesi (4,43) ve Kocatepe Mahallesi (4,45)’nde ölçülmüştür. Toluen endüstride çok kullanılan bir solvent olmasından dolayı yüksek

oranlarda bulunan noktalarda taşıt emisyonlarına ek olarak endüstriyel tolüen kullanımını olduğu da tahmin edilmektedir. Yeşilova Mahallesiindeki T/B oranı 1,8 ile en düşük oranı göstermektedir bu durum ise T/B <2 olması trafik kaynaklı kirlenmenin doğrudan gerçekleşmediğinin bir göstergesidir. Diğer 10 nokta ise trafik kaynaklı kirlenmeye maruz kalındığı gözlenmektedir. Bu çalışma sonuçları ile farklı şehirlerde yapılan çalışmalarda hesaplanan T/B oranları Tablo 3.5’de sunulmuştur.

Tablo 3.5. Bu referans çalışma sonuçları ile farklı şehirlerde yapılan çalışmalarda hesaplanan T/B oranları

Kent, yerleşim yeri	T/B Oranları	Referans
İzmit /Kocaeli/Türkiye	3,2	Referans çalışma
Kocaeli, Türkiye	1,2-143	Pekey ve Yılmaz (2011)
Bursa, Türkiye	4,875	Civan ve diğ., 2011
Yalova, Türkiye	3,11	Tecer ve diğ.(2015)
İstanbul, Türkiye	9,027	Ercan ve diğ. (2015)
Guilin, Çin	1,43	Zhang ve diğ.(2019)
Pekin, Çin	0,66	Gao ve diğ (2018)
Çorlu, Tekirdağ, Türkiye	1,72	Tecer ve diğ.(2018)
Tarihi Yarımada, İstanbul, Türkiye	7,7	Karaca, 2012
Endüstriyel Bölge		
Bursa, Türkiye	9,55	Civan ve diğ., 2011
Yalova, Türkiye	19,7	Tecer ve diğ.(2015)
Yol kenarları		
İzmit /Kocaeli/Türkiye	2,69	Referans çalışma
Yol kenarları		
Bursa, Türkiye	5,81	Civan ve diğ., 2011
Yalova, Türkiye	3,0057	Tecer ve diğ.(2015)
Çorlu, Tekirdağ, Türkiye	1,75	Tecer ve diğ.(2018)
Kırsal Alan		
Yalova, Türkiye	2	Tecer ve diğ.(2015)
İstanbul, Türkiye	640	Ercan ve diğ. (2015)

3.2. BTEX’lerin Mevsimsel Değişimi

Referans çalışmada, İzmit bölgesindeki BTEX kirleticilerinin mevsimsel farklılıklarını görebilmek için yaz dönemini temsilen 12-19 Temmuz 2018 tarihleri arasında ve kış mevsimini temsilen 6-13 Aralık 2018 tarihleri arasında örneklemeler

yapılmıştır. Şekil 3.3'de BTEX konsantrasyonlarının mevsimsel değişimleri verilmiştir.

BTEX'lerin hava ortamındaki mevsimsel değişimleri etkileyen pek çok etken bulunmaktadır. Hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, karışım yüksekliği gibi mevsimlere bağlı meteorolojik olayların farklılıkları BTEX konsantrasyonlarında değişime neden olabilmektedir. Yaz aylarındaki fotokimyasal parçalanma ile OH radikallerinin bileşikleri daha hızlı olarak parçalayıp uzaklaştırmasıyla, kış aylarında yazı göre daha yüksek BTEX kirliliği ölçülmesine sebep olmaktadır (Dinçer, 2017). Yer seviyesinden yükseğe çıktıkça sıcaklığın ortalama olarak düşmesi ve inildikçe yükselmesi beklenir. Havanın bu şekilde dışarıdan bir müdahale olmadan sıcaklığının değişmesine adiyabatik sıcaklık değişimi adı verilmektedir. Bazı durumlarda adiyabatik sıcaklık değişimi ters olarak yerden yükseltikçe sıcaklık yükselmeye ve belli bir seviyeden sonra tekrar azalmaya başlaması durumuna inversiyon tabakası olarak ifade edilmektedir (Gençkurt, 2017). İversiyon tabakası kararlı hava kütleleri oluşturduğundan hava hareket edemez ve koşullar değişene kadar burada olan kirli hava asılı şekilde dağılmadan kalır. Bu durum hava kalitesini oldukça etkilemektedir. Kış mevsiminde gerçekleşen düşük inversiyon tabakası kirliticilerin daha yüksek konsantrasyonlara ulaşmasını sağlamaktadır (Dinçer, 2017).

Şekil 3.3 incelendiğinde BTEX konsantrasyonlarından benzen hariç diğer kirliticilerin yaz mevsimi değerleri kış mevsimi değerlerine göre daha yüksektir. Literatür incelemesi yapıldığında ısınmadan kaynaklı emisyonların artması, trafikteki araç sayısının artması ve inverziyon tabakasının sıcak hava ile kıyaslandığında daha düşük seviyede olmasından dolayı genellikle kış mevsiminde ölçülen BTEX sonuçlarının yaz mevsiminde ölçülen BTEX sonuçlarına göre daha yüksek olması beklenmektedir. Ancak Miri ve arkadaşlarının (2016) yapmış olduğu çalışmada BTEX konsantrasyonları kış mevsiminde en düşük seviyeleri göstermektedir. Bu durumun en olası nedeni, bu mevsimlerde sıklıkla görülen yağmurlu durum olarak göstermişlerdir. Dinçer ve arkadaşlarının (2017) yapmış olduğu çalışmada benzen hariç toluen, etilbenzen ve ksilenler (TEX) kirliticilerinin ilkbahar ve yaz ayında daha yüksek olduğu ölçülmüştür. Bu durumun nedenini ise çalışma yapılan alanın

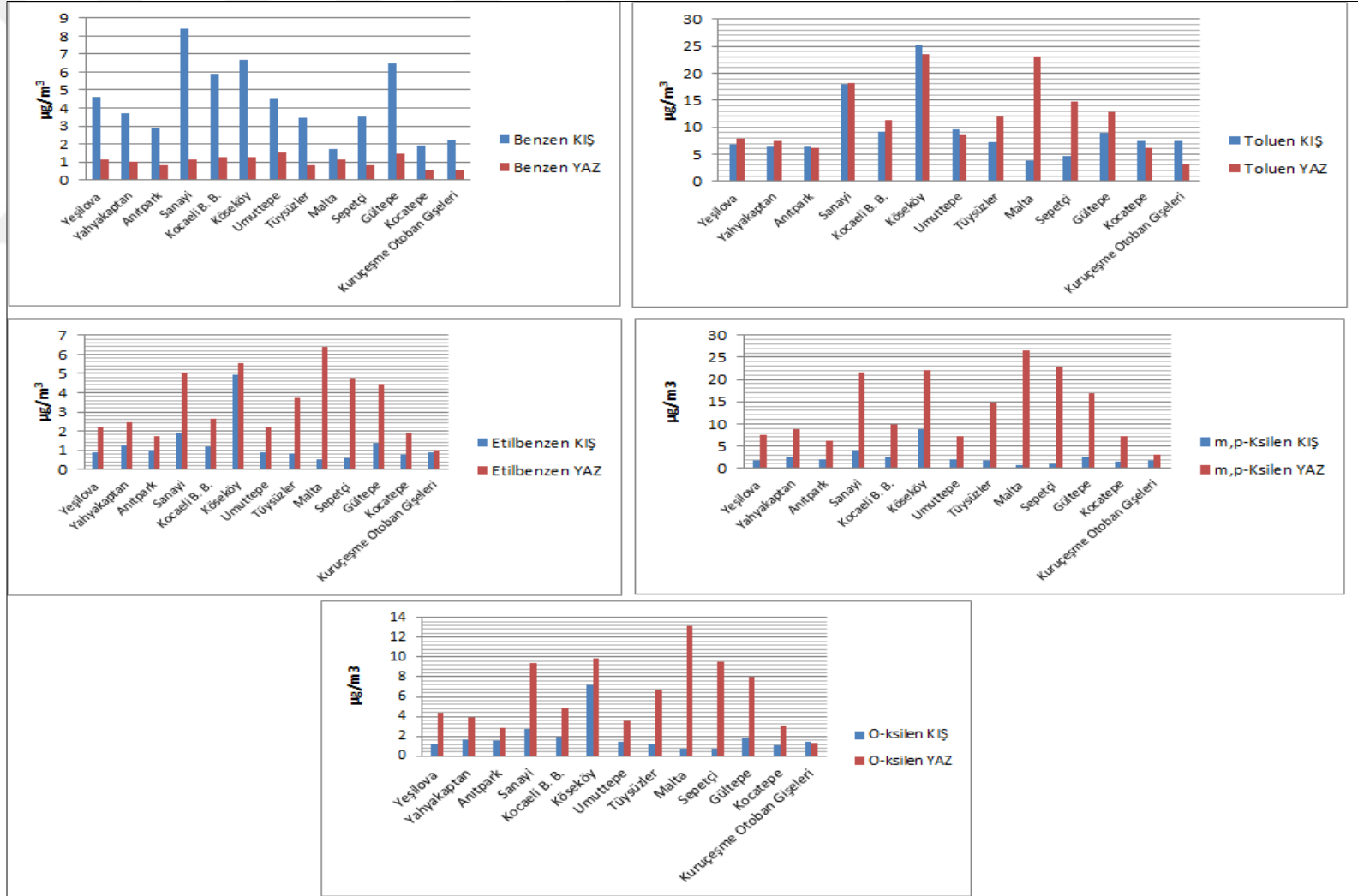
sanayi bölgesi olmasından dolayı fabrikaların faaliyetleri ve solvent kullanımından dolayı buharlaşmanın yaz aylarındaki TEX değerlerini arttırmıştır.

Bu referans çalışmada ortalama benzen konsantrasyonu kış mevsiminde $4,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ yaz mevsiminde ise $1,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ölçülmüştür. Kış mevsiminde daha yüksek sonuç bulunması literatürdeki diğer çalışmalar ile (Dinçer, 2017; Miri ve diğ., 2016) uyumlu olduğu sonucu çıkmaktadır. TEX yaz mevsimindeki ölçümlerde kışa göre daha yüksek sonuçlara sahiptir. Bu konsantrasyonların yaz aylarında yüksek olması daha fazla endüstriyel kaynaklı bir kirlenme ve solvent buharlaşmasının fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca yaz mevsiminde artan tadilat ve inşaat faaliyetlerinden dolayı kullanılan boyalardan kaynaklı solvent buharlaşması ilave kaynak olacaktır. Toluene konsantrasyonunun mevsimsel değişimi incelendiğinde Malta Mahallesi (Nokta 10), Köseköy Mahallesi (Nokta 6) ve Sanayi Mahallesi (Nokta 4)'nde yüksek konsantrasyonlara sahip olduğu görülmüştür. Sanayi Mahallesinde yaz ve kış oranları birbirine yakınken Köseköy Mahallesinde kış toluene değeri yazıya göre biraz daha yüksek bulunmuştur. Toluene yaz ve kış değerlerindeki en büyük fark Malta Mahallesinde görülmektedir. Kış mevsiminde en düşük konsantrasyona sahipken yaz mevsiminde en yüksek konsantrasyona sahiptir. Yerleşim bölgesi olan Malta Mahallesindeki bu büyük kirlilik yaz mevsiminde gerçekleşen tadilat işlemleri sonrası oluşan solvent buharlaşması olan ilave kaynağın göstergesidir. Toluene'in kaynağı solvent buharlaşması olma ihtimali yüksektir (Ho ve diğ., 2004; Qin ve diğ., 2007). Etilbenzen, p-ksilen ve m,p- ksilen mevsimsel değişim grafikleri ölçüm noktalarında benzer şekil oluşturmaktadır. Yaz konsantrasyonları kış konsantrasyonlarına göre her noktada yüksektir.

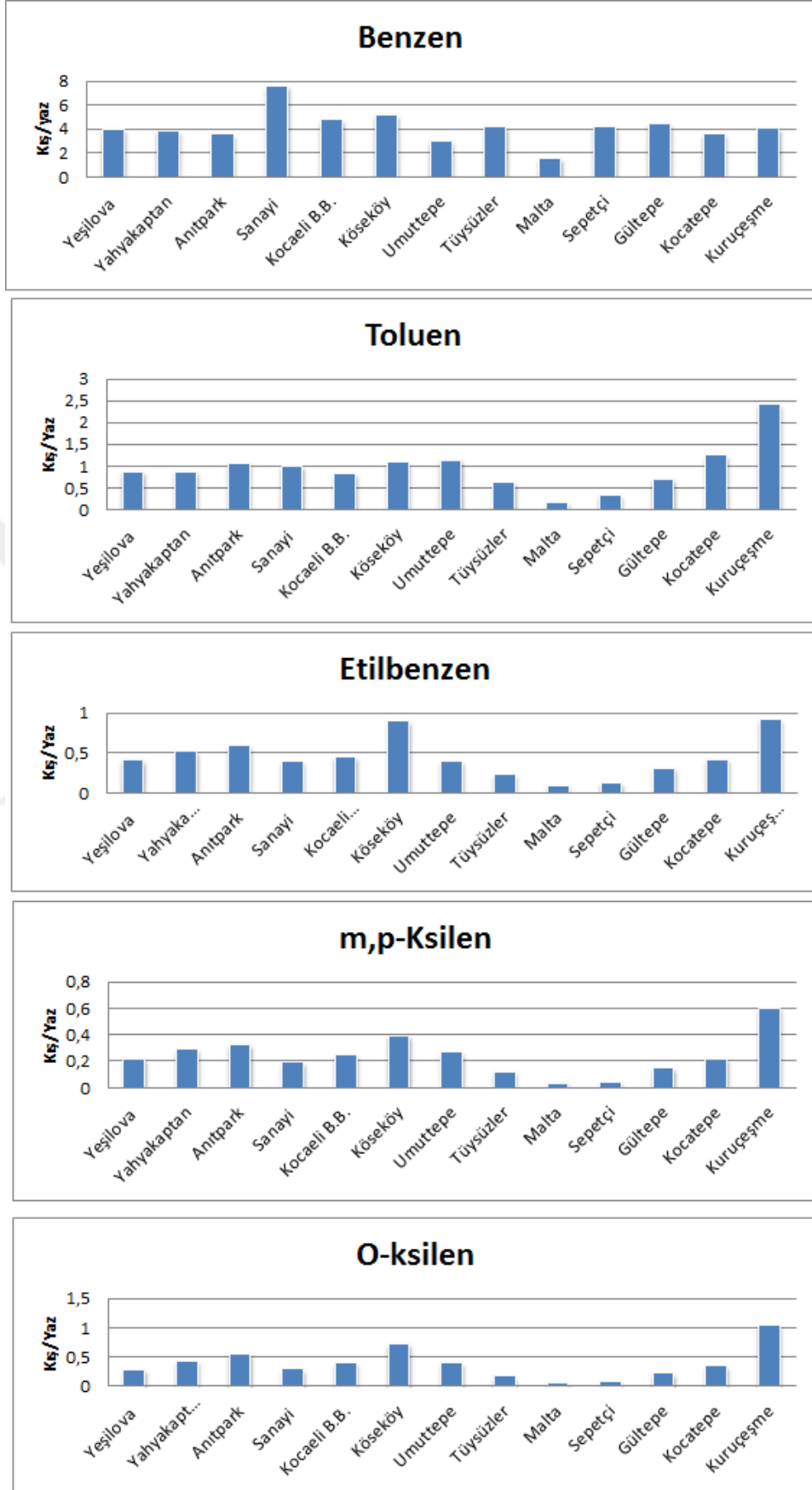
BTEX konsantrasyonlarının kış/yaz (K/Y) oranları Şekil 3.4' de verilmiştir. Ölçülmüş BTEX konsantrasyonlarının kış/yaz (K/Y) ortalama oranları incelendiğinde benzen hariç diğer kirleticilerin birden küçük olduğu görülmektedir. Bu durumda yaz değerlerinin kış değerlerinden daha yüksek olduğunu göstermektedir. TEX yaz değerlerinin kış değerlerinden yüksek olması kirlilik oluşturacak ilave bir kaynağın olduğunun bir göstergesidir. En yüksek K/Y oranı benzen'de tespit edilmiştir. Benzeninin örnekleme noktalarında K/Y oranları incelendiğinde en yüksek Sanayi Mahallesi (Çarşı Yapı Sitesi)(Nokta 4)'nde K/Y oranı 7,6 olarak ölçülmüştür. Daha sonra 5,14 ile Köseköy Dumlupınar Mahallesi

(Nokta 6) ve 4,74 ile Karabaş Mahallesi (Büyükşehir Belediyesi) (Nokta 5) takip etmektedir. Diğer noktalarda ise benzer K/Y oranı 4 ile 1 arasında değişmektedir. Kent merkezlerinde gözlemlenen BTEX'lerin trafik emisyonları ve çözücü buharlaşması olmak üzere iki önemli kaynağı vardır. Çözücü buharlaşması benzer için önemli bir kaynak değildir. Fakat trafik emisyonu benzerin önemli kaynağı olmakla birlikte kış mevsimindeki düşük karışım yüksekliği daha yüksek konsantrasyonların oluşmasına neden olmaktadır.

TEX K/Y ortalama oranları incelendiğinde 1'in altında sonuçlar bulunmuştur. Bu durum ise ölçüm yapılan bölgede yaz aylarında emisyon miktarının arttığını veya tadilat işlemi gibi solvent buharı oluşturmayı sağlayacak ek kaynakların olduğunu bir göstergesidir (Ho ve diğ., 2004; Qin ve diğ., 2007). TEX K/Y oranları noktasal olarak incelendiğinde en yüksek değer Yeni Mahalle (Kuruçeşme Otoban Gişeleri) (Nokta 14) ve onu Köseköy Dumlupınar Mahallesi (Nokta 6) takip etmektedir. Bu gözlem, sanayi tesislerinde solvent kullanımından kaynaklı bir emisyonun olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda yaz mevsiminde evlerde boya badana işlemlerinin daha fazla olması BTEX konsantrasyonlarına önemli katkıda bulunmaktadır.



Şekil 3.3. BTEX konsantrasyonlarının mevsimsel değişimleri



Şekil 3.4. BTEX konsantrasyonlarının kış ve yaz oranları

3.3. BTEX'lerin Mekansal Dağılımı

Bu tez çalışmasında, referans çalışma kapsamında yapılan ölçümler sonucunda elde edilen BTEX konsantrasyonlarının mekânsal dağılım haritaları oluşturulmuştur. Her bir BTEX kirleticisinin mekansal dağılım haritaları yaz ve kış ölçümleri sonuçlarına göre hazırlanmıştır. Dağılım haritaları kirleticilerin mekânsal değişimlerini inceleyebilmeyi kolaylaştıran ve olası kaynakları belirlemeye yarayan görsellerdir.

Her BTEX kirleticileri için interpolasyon (aradeğerleme) tekniği ile dağılım haritaları oluşturulmuştur. Interpolasyon haritaları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tekniği olan ARCGIS 10.5 versiyon programı kullanılarak çizilmiştir. Noktasal ölçüm sonuçlarından yararlanılarak mekânsal temsili olan haritalar elde edilmiştir. Haritalandırma öncesi ölçüm noktaları koordinat sistemi "Projected Coordinate System: TUREF_TM30" ve projeksiyonu "Transverse_Mercator" olarak seçilmiştir. Her bir kirletici için yapılan ölçüm değerleri Ters Mesafe Ağırlıklı (Inverse Distance Weighing - IDW) aradeğerleme ile oluşturulmuştur (Gerçek ve diğ., 2019). Aradeğerleme, bilinen örnek noktalara ait değerlerin, örneklenmeyen konumların değerlerinin kestiriminde kullanılmasıdır. Kolay uygulanan ve deterministik bir yöntem olan IDW ise, ölçüm noktalarının uzaklığı ve değerinin bir fonksiyonudur. Değeri bilinmeyen konumlar için ölçüm noktalarına mesafenin karesi ile ters orantılı olarak azalan ölçüm değerlerin hesaplanması ile elde edilir. IDW yöntemi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Üstüntaş, 2006; Davis, 1996).

$$\hat{Z}_j = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{h_{ij}^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}^\beta}} \quad (3.1)$$

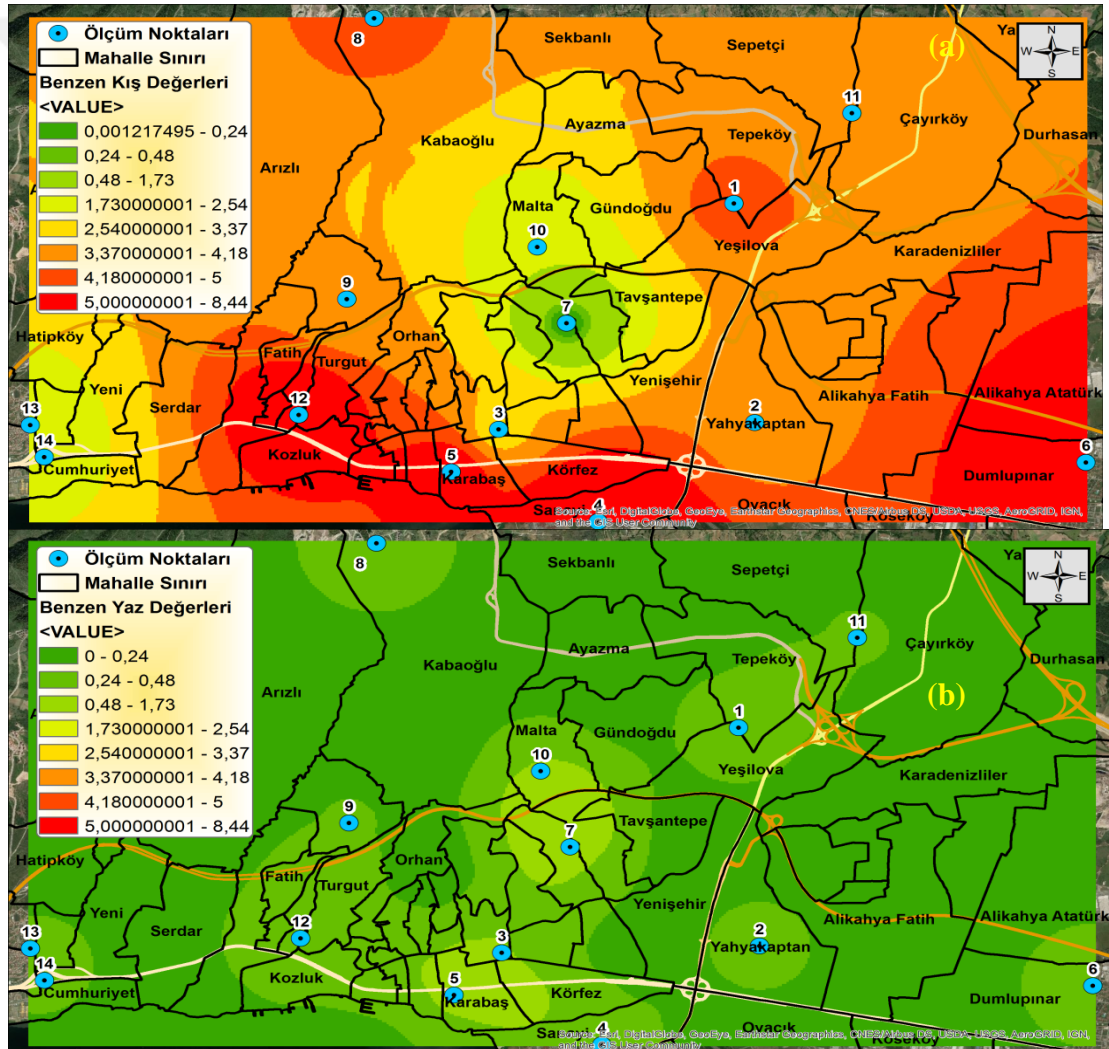
Bu eşitlikte, h , kare ağı noktası j ve oluşturulacak uzaklıktaki komşu noktası i arasındaki mesafedir. (3.1) eşitliğinde yer alan h değeri (3.2) eşitliğinden hesaplanmaktadır.

$$h_{ij} = \sqrt{d_{ij}^2 + \delta^2} \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte, Z_j enterpole edilecek j noktasının değeri, Z_i komşu noktayı, d_{ij} kare ağı arasındaki uzaklığı, β kuvveti ve δ yumuşatma parametresini göstermektedir.

Haritadaki renklendirilmeler konsantrasyon aralıklarına göre yapılmış ve renk ayarları her bir kirletici için yaz ve kış konstanrasyonları arasından skala oluşturularak hazırlanmıştır.

Benzen konsantrasyonlarının kış ve yaz mekansal dağılım haritaları Şekil 3.5’da verilmiştir. Trafikteki araç sayısının servis sayısının artmasından dolayı artması ve fosil yakıtların (kömür, petrol ve odun) yanması ortam havasındaki benzen değerlerini yükselmektedir (Türküm, 2019; Anderson ve diğ., 1974; Lee ve diğ., 2002). Dolayısıyla otabana yakın yoğun trafiğin bulunduğu örnekleme noktalarında yüksek benzen konsantrasyonları ölçülmüştür.



Şekil 3.5. (a) Kış ve (b) yaz örnekleme için benzen kirletici konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mekânsal dağılımı

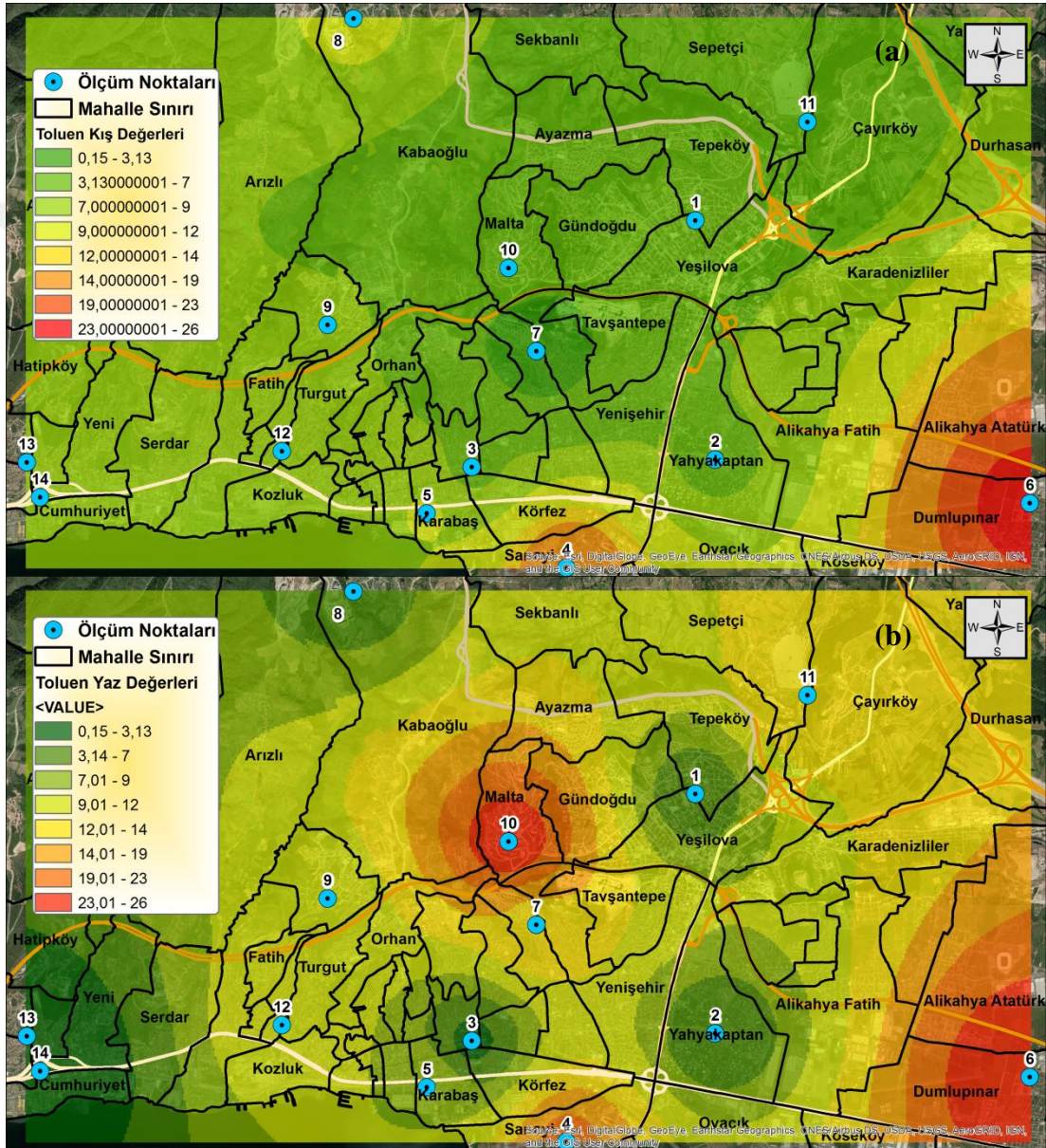
Benzen kış örnekleme dağılım haritası Şekil 3.5a gösterilmektedir. En yüksek konsantrasyonları Sanayi Mahallesi (Çarşı Yapı Sitesi) (Nokta 4) ($8,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Köseköy Dumlupınar Mahallesi (Nokta 6) ($6,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$) noktalarında ölçülmüştür. Malta Mahallesi (Nokta) ($1,73 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Kocatepe Mahallesi (Nokta) ($1,89 \mu\text{g}/\text{m}^3$) noktalarında en düşük değerlere sahiptir. Kentsel alanlarda görülen benzen konsantrasyonu, en fazla araç emisyonlarından aynı zamanda ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtların yanması sonucu oluşmaktadır (Kerbachi ve diğ., 2006; Türküm, 2019). Benzen konsantrasyonunun ana yol boyunca dağılım gösterdiği görülmektedir. Gültepe Mahallesi (Nokta 12), Karabaş Mahallesi (Büyükşehir Belediyesi) (Nokta 5), Sanayi Mahallesi (Çarşı Yapı Sitesi) (Nokta 4) ve Köseköy Dumlupınar Mahallesi (Nokta 6) noktaları anayollara yakın olduğundan benzen seviyeleri yüksek konsantrasyonlar göstermektedir. Kış aylarında daha fazla artış olmasının nedeni bu aylarda daha fazla aracın trafiğe çıktığının bir göstergesidir. Isınmadan kaynaklı fosil yakıtların yanması benzen konsantrasyonlarında artışa neden olur ve Yeşilova Mahallesi(Nokta 1)'ndeki yüksek benzen konsantrasyonlarını açıklamaktadır.

Benzen yaz örnekleme dağılım haritası (Şekil 3.5b) incelendiğinde bölgedeki benzen düzeylerinin $0,53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $1,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değiştiği görülmektedir. En yüksek konsantrasyonları Kabaoğlu Mahallesi (Umuttepe) (Nokta 8) ($1,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Gültepe Mahallesi (Nokta 12) ($1,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$) noktalarında ölçülmüştür. Araç trafiğine yakın olmalarından dolayı buradaki emisyonlardan etkilenmiş olabilmektedirler.

Toluen konsantrasyonlarının kış ve yaz mekansal dağılım haritaları Şekil 3.6'da verilmiştir. Toluen dağılımı benzen ile benzerlik göstermektedir. Bunun nedeni azda olsa toluene araç emisyonlarının etkisidir.

Toluen kış örnekleme mekansal dağılım haritası (Şekil 3.6a) incelendiğinde ölçüm yapılan noktalar arasında Köseköy Dumlupınar Mahallesi (Nokta 6) $25,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Sanayi Mahallesi (Çarşı Yapı Sitesi) (Nokta 4) $17,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile en yüksek değere sahiptir. En düşük konsantrasyona sahip $3,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Malta Mahallesi (Nokta 10)' dir. Toluen yaz örnekleme mekansal dağılım haritası (Şekil 3.6b) incelendiğinde en yüksek değerler $23,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Köseköy Dumlupınar Mahallesi (Nokta 6), $23,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Malta Mahallesi (Nokta 10), $18,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Sanayi Mahallesi (Çarşı Yapı

Sitesi) (Nokta 4) noktalarında gözlemlenmiştir. En düşük değer ise 3,13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Yeni Mahallesi (Kuruçeşme Otoban Gişeleri) noktasında gözlenmiştir. Toluen genellikle solvent buharlaşması, boya işlemlerinden, tiner kullanımından, baskı makinelerinden, tehlikeli atık alanlarından kaynaklanmaktadır (Şen,2010). Genel olarak sonuçlar değerlendirildiğinde yaz mevsimindeki ortalama değer (12,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) kış mevsimindeki ortalama değere (9,32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) göre daha yüksektir.



Şekil 3.6. (a) Kış ve (b) yaz örnekleme için toluen kirletici konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mekânsal dağılımı

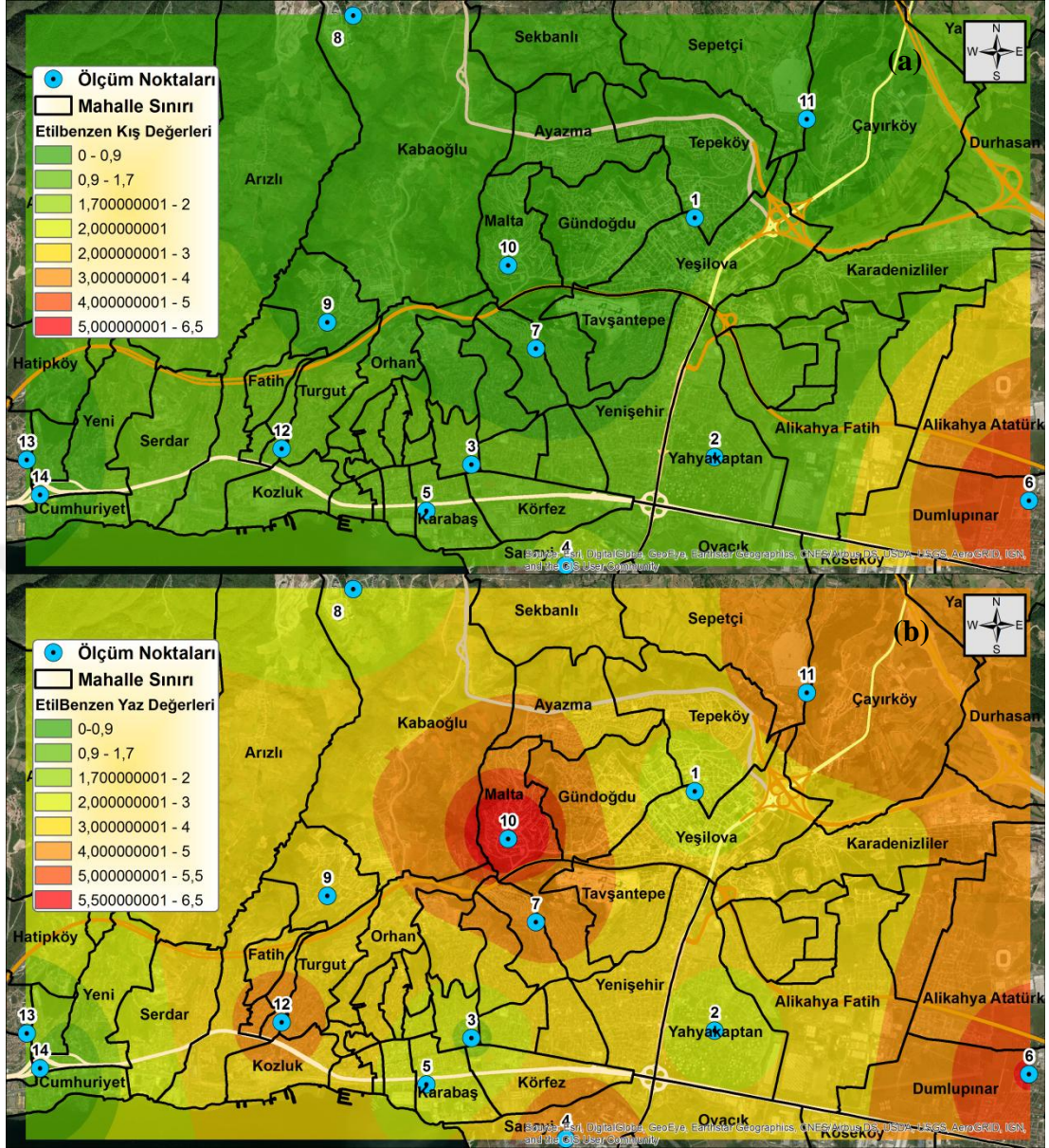
Endüstriyel faaliyetlerin olduğu kentsel ve sanayi bölgelerde sıcaklığın artışıyla dolaylı olarak solvent buharlaşması toluen seviyesini arttırmaktadır. Özellikle değeri yüksek

olan Köseköy Dumlupınar Mahallesi incelendiğinde Türkiye'nin önde gelen sunta fabrikasının olması, yakınlarında yakma tesisi, otomotiv fabrikalarına olan yakın konumdan dolayı salınan solvent emisyonlarından etkilenmiş olabileceği görülmektedir. Sanayi Mahallesi (Çarşı Yapı)'ndeki değerler incelendiğinde yaz değeri kış değerine göre biraz daha yüksektir. Bu bölgede birçok işletme bulunmakla birlikte toluen kaynağı solvent salınımlarından dolayı yüksek seviyede ölçülmüştür. Yaz aylarında ilave bir solvent emisyonu oluşturacak boya işlemi veya endüstriyel faaliyet gerçekleşmiş olabilir. Toluenin oluşmasında diğer önemli kaynak araç emisyonları olsada en fazla katkıyı solvent emisyonları sağlamaktadır.

Yaz örneklemesindeki ikinci yüksek değer Malta Mahallesi ($23,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$)'nde görülmüştür. Örnekleme noktasının bölgesi incelendiğinde 2018 yılında 6318 nüfusa sahip site yerleşim alanının bulunduğu bir bölgedir. Önemli bir emisyon kaynağı olmayan bölgede örnekleme döneminde yakın mesafede boya işlemi yapılan bir ev veya dükkanın olabileceği düşünülmüştür..

Etilbenzen konsantrasyonları Malta Mahallesi (Nokta 10), Sanayi Mahallesi (Çarşı Yapı Sitesi) (Nokta 4) ve Köseköy Mahallesinde (Nokta 6) yaz mevsimi değerlerinin daha yüksek olduğu Şekil 3.7'de görülmektedir. Konsantrasyonlar incelendiğinde sırasıyla $6,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $5,52 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $5,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Malta Mahallesi, Sanayi Mahallesi, Köseköy Mahallesi en yüksek değerlere sahiptir. Yaz ortalama değerleri kış ortalama değerlerine göre daha yüksektir. Etilbenzen boyama işlemi, çözücü kullanımı kaynaklı, solvent buharlaşması sonucu atmosfere yayılmaktadır (Özdemir, 2008). Kış örnekleme sonuçları incelendiğinde en yüksek $4,95 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Köseköy Dumlupınar Mahallesi ve en düşük $0,54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Malta Mahallesinde gözlemlenmiştir. Malta Mahallesi kış örneklemesinde en düşük değere sahipken yaz örneklemesinde en yüksek değere sahiptir. Yaz dönemindeki bu yüksek değer ($6,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Malta mahallesinde olduğu gibi bölgenin yerleşim alanı olması ve yakın zamanda boya badana işlemi veya tadilat işlemlerinin yapıldığının bir göstergesidir.

M,p-ksilen yaz ve kış örnekleme mekânsal dağılım haritaları Şekil 3.8'de verilmiştir. Haritalar incelendiğinde yaz değerlerinin kış değerlerine göre daha fazla kirlilik oluşturduğu görülmektedir.

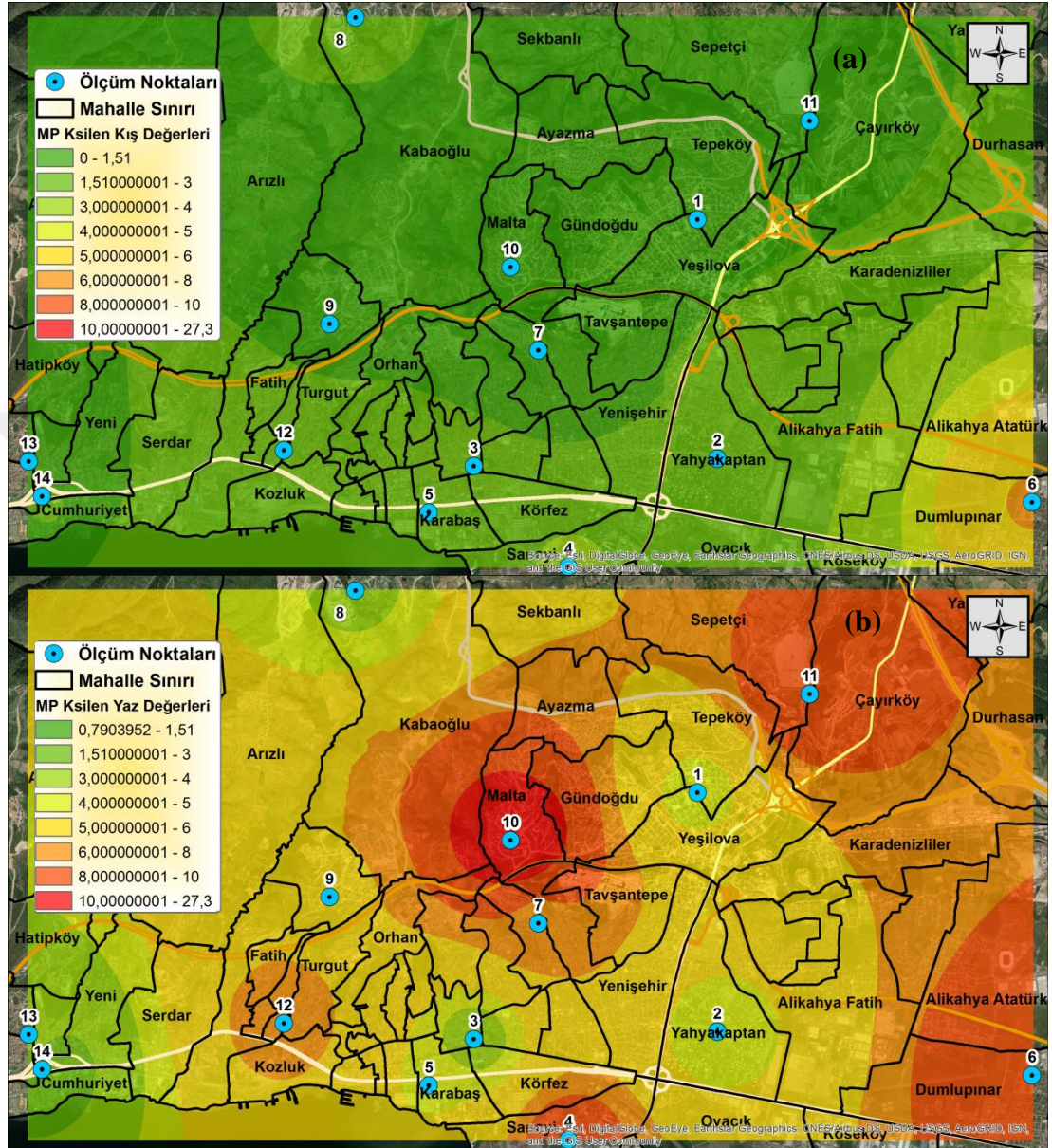


Şekil 3.7. (a) Kış ve (b) yaz örnekleme için etilbenzen kirlenici konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mekânsal dağılımı

Ksilenin isomeri olan m,p-ksilen petrol, boya, elyaf ve kauçuk endüstrisinde kullanılmaktadır (Dinçer, 2017). M,p-ksilen için hazırlanan kış ve yaz mekânsal haritaları genel hatlarıyla o-ksilen kış ve yaz mekânsal haritalarına çok benzemektedir.

M,p-ksilen kış örnekleme değerleri $0,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $8,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığında değişmektedir. En yüksek değerler $8,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Köseköy Dumlupınar Mahallesi (Nokta 6), $4,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Sanayi Mahallesi (Nokta 4) ve $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Yahyakaptan Mahallesi (Nokta 2). En düşük değer ise $0,84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Malta Mahallesi (Nokta

10). Bu ölçüm noktalarındaki yüksek m,p-ksilen konsantrasyonları bölgede gerçekleştirilen endüstriyel faaliyetler ve solvent kullanımından ileri gelmektedir.

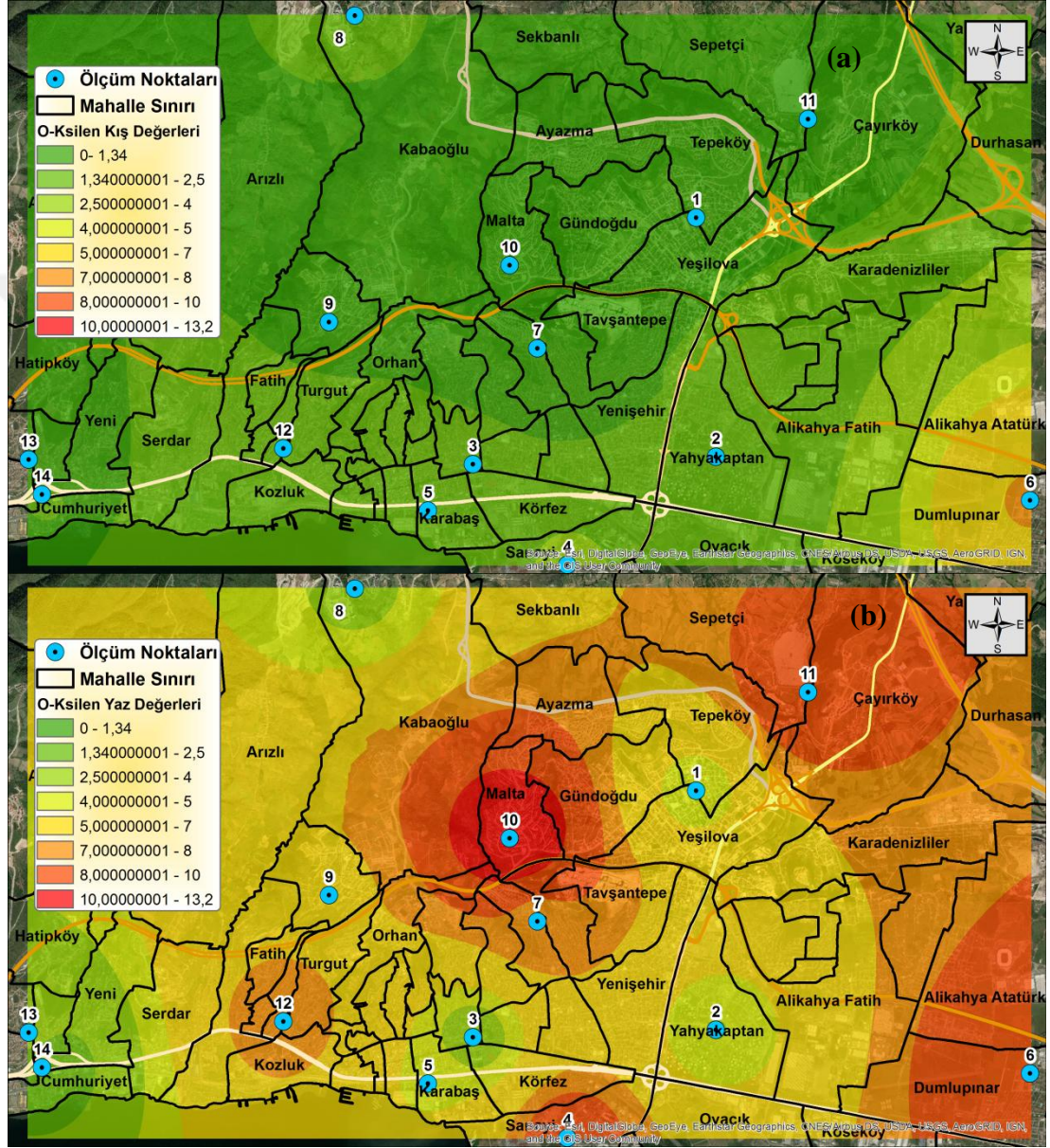


Şekil 3.8. (a) Kış ve (b) yaz örneklemesi için m,p-ksilen kirletici konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mekânsal dağılımı

M,p-ksilen yaz örneklemesi değerleri kış örneklemesi değerlerine göre daha yüksektir. En yüksek değerler Malta Mahallesi ($26,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Sepetçi Mahallesi ($22,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Köseköy Dumlupınar Mahallesi ($22,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Sanayi Mahallesi ($21,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$)'nde görülmektedir. En düşük konsantrasyon ise $2,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Yeni Mahalle de görülmektedir. Malta Mahallesi kış örneklemesinde en düşük değere sahipken yaz örneklemesinde en yüksek değere sahiptir. Bu durum ise yaz örnekleme

zamanında örnekleme noktasında yakınlarında boya işlemi, solvent kullanımı kaynaklı bir emisyon kaynağının olduğunu göstermektedir.

O-ksilen için yaz ve kış konsantrasyon değerleri dağılım haritaları hazırlanmış ve Şekil 3.9’da sunulmuştur.



Şekil 3.9. (a) Kış ve (b) yaz örnekleme için o-ksilen kirletici konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mekânsal dağılımı

O-ksilen için hazırlanan kış ve yaz mekânsal haritaları genel hatlarıyla etilbenzen kış ve yaz mekânsal haritalarına benzemekle beraber bazı farklılıklarda bulunmaktadır. Kış mevsiminde en yüksek o-ksilen konsantrasyonu $7,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Köseköy

Dumlupınar Mahallesi (Nokta 6) ve 2,73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyon ile Sanayi Mahallesi (Nokta 4)'nde ölçülmüştür. En düşük konsantrasyon ise 0,69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Sepetçi Mahallesinde (Nokta 11) ve 0,77 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Malta Mahallesinde (Nokta 10) hesaplanmıştır. Karayolu güzergahı etrafında oluşan yüksek konsantrasyonlar araç emisyonlarından doğrudan etkilendiği gözlenmektedir. Gültepe Mahallesi (Nokta 12), Karabaş Mahallesi (Kocaeli B.B.) (Nokta 5), Yahyakaptan Mahallesi (Nokta 2) ve Karabaş Mahallesi (Anıtpark) (Nokta 3)'ndeki yüksek o-ksilen ölçümlerinin ana kaynağının araç emisyonu olduğu söylenebilir. Fakat Köseköy Dumlupınar Mahallesi (Nokta 6) ve Sanayi Mahallesi (Nokta 4) noktalarında görülen yüksek o-ksilen konsantrasyonları bölgede bulunan solvent buharı açığa çıkaracak sanayi tesislerinden, üretim tesislerinden, yakma, sunta ve otomotiv tesislerinden yapılan salınımlardan kaynaklanmaktadır.

Yaz mevsimi örnekleme sonuçları 1,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 13,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişmektedir. En yüksek Malta Mahallesi (13,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Köseköy Mahallesi (9,92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Sepetçi Mahallesi (9,52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Sanayi Mahallesinde (9,41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) hesaplanmıştır. Bu durum Köseköy Mahallesi ve Sanayi Mahallesinde o-ksilen kaynağının endüstriyel tesislerden kaynaklandığının bir göstergesidir. Malta Mahallesi ve Sepetçi Mahallesi incelendiğinde kış mevsiminde en düşük konsantrasyonu gösterirken yaz mevsiminde en yüksek konsantrasyonları göstermektedirler. Bu durum yaz ayında o-ksilen oluşturacak bir boyama tadilat işleminin, solvent emisyonu oluşturacak bir işlemin yapıldığının göstergesi olabilir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında kullanılan veri setleri "İzmit İlçesi, Kentsel Yaşam Kalitesinin Ölçülmesi Çalışması Sonuç Raporu" (Gerçek D., Güven İ. T., Civan M., Türkoğlu H., 2019) referans çalışmasından alınarak yorumlanmıştır. Bu referans çalışma kapsamında İzmit bölgesinde toplam 14 noktada yaz dönemini temsilen 12-19 Temmuz 2018 tarihleri arasında ve kış mevsimini temsilen 6-13 Aralık 2018 tarihleri arasında pasif örnekleme yöntemi ile BTEX ölçümleri yapılmıştır. Çalışma bölgesindeki ölçümler BTEX'lerin mevsimsel değişimini incelemek ve yıllık ortalama değerler elde etmek için yaz ve kış mevsiminde gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sonucunda toplanan pasif örnekleme tüplerinin GC MS cihazında analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak seçilen 14 noktada yaz ve kış mevsiminin belli bir döneminde yapılan ölçümler bütün yılı temsil ettiği kabul edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre yıllık ortalama toluen değeri $5,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyon ile diğer kirleticilere göre daha yüksek değere sahipken onu $2,18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyon ile benzen takip etmektedir. Benzen yaz örnekleme ortalaması $1,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken kış örnekleme ortalaması ise $4,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ölçülmüştür. Genel olarak yaz ve kış örnekleme sonuçları değerlendirildiğinde benzen hariç toluen, etilbenzen ve ksilenlerin konsantrasyon değerleri yaz aylarında daha yüksek ölçülmüştür. Benzen değerinin kış mevsiminde yüksek olması beklenebilir bir sonuçtur. Kış mevsiminde yaz mevsimine göre daha çok trafik kaynağının bulunması benzen kış ölçümü sonuçlarını etkilemiştir. Yapılan literatür araştırmalarında yaz aylarındaki fotokimyasal parçalanma ile OH radikallerinin bileşikleri daha hızlı olarak parçalayıp uzaklaştırması ile yaz örnekleme düşük kirlilik konsantrasyonları elde edilmektedir. Bu çalışmada örnekleme yapılan noktalarda TEX kirleticilerinin yaz mevsiminde daha yüksek çıkması solvent veya boya işleminin gerçekleştirildiğinin bir göstergesidir. Yaz mevsiminde en yüksek konsantrasyona sahip kirletici $13,62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyon ile m,p-ksilendir ve onu $12,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyon ile toluen takip etmektedir. Kış mevsiminde ise en yüksek konsantrasyona sahip kirleticiler $9,32$

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyon ile toluen ve $4,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyon ile benzendir. T/B oranlarına ve X/E oranlarına bakılarak kirleticilerin kaynağının araç emisyonları ve solvent kullanımı olduğu tahmin edilmiştir. Kirleticilerin mekansal dağılımları incelendiğinde trafik emisyonlarının olduğu bölgelerde ve sanayi tesislerinin olduğu bölgelerde kirleticilerin yoğun olduğu gözlemlenmektedir. Özellikle Sanayi Mahallesi (Nokta 4) ve Köseköy Dumlupınar Mahallesi (Nokta 6) sanayi tesislerinde oluşan buharlaşmadan oldukça etkilenmektedirler. Malta Mahallesiindeki yaz ölçümlerinde TEX değerlerinin en yüksek konsantrasyon değerlerine sahip olduğu görülmüştür. TEX değerlerinin burada yüksek olması boya kullanımı veya solvent kullanımından kaynaklı ilave bir kirletici olduğunun göstergesidir.

Oluşan kirletici konsantrasyonlarını kontrol altında tutmak için kirlilik kaynaklarında iyileştirilmeye gidilmelidir. Kaynaklarda salınımların düşürülmesi için önlemler alınmalıdır

KAYNAKLAR

Abbasi F., Pasalari H., Delgado-Saborit JM., Rafiee A., Abbasi A., Hoseini M., Bir Orta Doğu Şehri Çevre Havasında BTEX'in Karakterizasyonu Ve Risk Değerlendirmesi, *Proses Güvenliği ve Çevre Koruma*, 2020, **139**(3), 98-105.

Ad-Hoc, *Ozone Position Paper*, Working Group On Ozone Directive And Reduction Strategy Development, 1rd ed., European Communities, 1999.

Anderson J., Neff J., Cox B., Tatem, H., Hightower G., Characteristics Of Dispersions And Water-Soluble Extracts Of Crude And Refined Oils And Their Toxicity To Estuarine Crustaceans And Fish, *Mar. Biol.*, 1974, **27**(1), 75–88.

Arslanbaş D., Kocaeli'nde Konut, İşyeri Ve Okullarda Uçucu Organik Bileşiklerin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2008, 233128.

Aydın B., İç Ortam Havasında Uçucu Organik Bileşiklerin Derişimlerinin Belirlenmesi Ve Maruziyet Risklerinin Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2013, 335441.

Badjagbo K., Moore S. ve Sauve S., Real-time Continuous Monitoring Methods For Airborne VOCs, *Trends In Analytical Chemistry*, 2007, **26** (9), 931-940

Baghani A. N., Sorooshian A., Heydari M., Sheikhi R., Golbaz S., Ashournejad Q., Delikhoon M., A Case Study Of BTEX Characteristics And Health Effects By Major Point Sources Of Pollution During Winter In Iran, *Environmental Pollution*, 2019, **247**(3), 607-617.

Başar P., Okyay P., Ergin F., Coşan S., Yıldız A., Aydın İli Kent Merkezinde Hava Kirliliği/1997-2004, *ADÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 2005, **6**(3), 11 – 15.

Batterman S., Hatzivasilis G., Jia C., Yerli Araç Garajlarından Benzin Ve Diğer Buharların Konsantrasyonları ve Emisyonları, *Atmosferik Çevre*, 2006, **40** (10), 1828-1844.

Bayram H., Dörtbudak Z., Fişekçi F., Kargın M., Bülbül B., Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri, Dünyada, Ülkemizde ve Bölgemizde Hava Kirliliği Sorunu Paneli Ardından, *Dicle Tıp Dergisi*, 2006, **33**(2), 105-112.

Bouhamra W. S., BoHamra S.S., Thomson M.S., Determination Of Volatile Organic Compounds In Indoor And Ambient Air Of Residences In Kuwait, *Environment International*, 1997, **23**(2), 197-204.

Bozkurt Z., Üzmez Ö. Ö., Döğeroğlu T., Artun G., Gaga E. O., 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*, 2018, **9**(6), 1146-1156.

Budavari S., O'Neil MJ., Smith A., Benzene, The Merck Index: An Encyclopedia Of Chemicals, Drugs, And Biologicals, *Whitehouse Station*, 2005, **23**, 182-183.

Charlson R.J., Schwartz S.E., Hales J.M., Cass R.D., Conkley Jr. J. A., Hansen J. P., Hoffman D. J., Climate Forcing By Anthropogenic Aerosols, *Science*, 1992, **255**, 423-430.

Civan M.Y., Elbir T., Seyfioglu R., Kuntasal Ö.O., Bayram A., Doğan, G., Pekey, H., Spatial And Temporal Variations In Atmospheric VOCs, NO₂, SO₂, And O₃ Concentrations At A Heavily Industrialized Region In Western Turkey, And Assessment Of The Carcinogenic Risk Levels Of Benzene, *Atmospheric Environment*, 2015, **103**, 102-113.

Civan M.Y., Spatial Distribution of Organic Pollutants in Bursa Atmosphere: Seasonality And Health Effects, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010, 269083.

Civan M.Y., Kuntasal Ö. O., Tuncel G., Source Apportionment Of Ambient Volatile Organic Compounds In Bursa, A Heavily Industrialized City In Turkey, *Environmental Forensics*, 2011, **12**(4), 357-370.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018, <https://cygm.csb.gov.tr/> (Ziyaret Tarihi: 24 Kasım 2019)

Çevre Kanunu, 18132 Resmi Gazete Sayılı, 1983 Resmi Gazete Sayılı Tarihli Kanun.

Çınar Ö., *Çevre Kirliliği ve Kontrolü*, Nobel Yayıncılık, 2, Nobel Yayıncılık, Ankara, 2008.

Davis, John C., *Statistics and Data Analysis in Geology*, John Wiley and Sons, New York, 1996.

Dehghani M., Fazlzadeh M., Sorooshian A., Tabatabaee H. R., Miri M., Baghani A. N., Rashidi M., Characteristics And Health Effects Of BTEX In A Hot Spot For Urban Pollution, *Ecotoxicology And Environmental Safety*, 2018, **155**, 133-143.

Demirel E., Erzurum Kent Atmosferindeki Polislik Aromatik Hidrokarbonların (PAH) Örneklenmesi ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, 2010, 269374.

Derwent R.G., Middleton D.R., Field, R. A., Goldstone, M. E., Lester, J. N., Perry, R., Analysis And Interpretation Of Air Quality Data From An Urban Roadside Location In Central London Over The Period From July 1991 To July 1992, *Atmospheric Environment*, 1995, **29**(8), 923-946.

Dinçer F., Ercan Ö., Ceylan, Ö., Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesinde Pasif Örnekleme Metodu İle BTEX (Benzen, Toluen, Etil Benzen Ve Ksilen) Seviyelerinin Belirlenmesi Ve Değerlendirilmesi, *VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu*, Antalya, Türkiye, 1-3 Kasım 2017.

Dölek G., Evaluation Of Btex Concentrations In Selected Industries Producing And Applying Paint Based On Human Health Risks Through Inhalation, A Thesis Submitted To The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University, July, 2014, 368942.

Durdu B., Tarıma Açık Alanlarda Toprak Kirliliğinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray, 2018, 527405.

Englert N., Fine Particles And Human Health-A Review Of Epidemiological Studies, *Toxicology Letters*, 2004, **149**(1-3), 235-242.

Ercan Ö., Dinçer F., Ceylan Ö., İstanbul Atmosferinde Pasif Örnekleme Metodu Kullanılarak Hava Kalitesi Seviyelerinin Belirlenmesi, *6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu*, İzmir, Türkiye, 7-9 Ekim 2015.

Faiz A., Gelişmekte Olan Ülkelerdeki Otomotiv Emisyonları, Küresel Isınma, Asitlenme Ve Kentsel Hava Kalitesi İçin Göreceli Olarak Ortaya Çıkacakları, Ulaştırma Araştırmaları Bölüm A: Politika ve Uygulama, *Elsevier*, 1993, **27**(3), 167-186.

Forst L., Conroy LM., *Odor and VOC Control Handbook*, McGraw-Hill, New York, 1998.

Gao J., Zhang J., Li H., Li L., Xu L., Zhang Y., Cheng X., Comparative Study Of Volatile Organic Compounds In Ambient Air Using Observed Mixing Ratios And İnitial Mixing Ratios Taking Chemical Loss İnto Account—A Case Study In A Typical Urban Area In Beijing, *Science Of The Total Environment*, 2018, **628**, 791-804.

Gençkurt V., Endüstriyel Faaliyet Gösteren Tesislerin Baca Gazı Emisyonlarında Benzen ve Türevlerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2017, 472681.

Gerçek D., Güven İ.T, Civan M., Türkoğlu H., İzmit İlçesi, Kentsel Yaşam Kalitesinin Ölçülmesi Çalışması Sonuç Raporu, 2019, KOUTTO- Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Kocaeli.

Godish T., *Air Quality*, 3rd ed., Lewis Publishers A CRC Pres Company, Chelsea, 1997.

Goldsmith J. R., *Effects of Air Pollution on Human Health, in Air Pollution*, Academic Press, New York, 1997.

Golfinopoulos S.K., Lekkas T.D., Nikolaou A.D., Comparison Of Methods For Determination Of Volatile Organic Compounds İn Drinking Water, *Chemosphere*, 2001, **45**, 275-284.

Güzel B., Canlı O., Olgun E.Ö., Sularda Bulunan Uçucu Organik Bileşikler Ve Sağlığa Etkileri, *Anadolu Üniversitesi Bilim Ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri Ve Biyoteknoloji*, 2018, **7**(2), 277-290.

Hayman G.D., Jenkin M. E., Pilling M. J., Derwent R. G., Modelling of Tropospheric Ozone Formation, *Defra*, 2002, **85**(3), 112-119.

Ho, K.F., Lee, S.C., Guo, H., Tsai, W.Y., Seasonal And Diurnal Variations Of Volatile Organic Compounds (VOCs) In The Atmosphere Of Hong Kong, *Sci. Total Environment*, 2004, **322**, 155–166.

Hoque, R.R., Khillare, P.S., Agarwal, T., Shridhar, V., Balachandran, S., Spatial And Temporal Variation Of BTEX In The Urban Atmosphere Of Delhi, India, *Science Of The Total Environment*, 2008, **392**, 30-40.

Ilgen E., Karfich N., Levsen K., Angerer J., Schneider P., Heinrich J., Wichmann H. E., Dunemann L., Begerow J., Aromatic Hydrocarbons In The Atmospheric Environment: Part I. Indoor Versus Outdoor Sources, *The Influence Of Traffic, Atmospheric Environment*, 2001, **35**, 1235–1252.

İMMİB AB Mevzuatı'na Uyum Şubesi, Türk Sanayi Sektörünün Ab Çevre Mevzuatına Uyumu, 2012 https://www.gaib.org.tr/sirkuler/srk13072012_1172_2.docx (Ziyaret Tarihi: 24 Kasım 2019)

İzmit Belediyesi, İzmit Coğrafyası, <http://www.izmit.bel.tr/izmit/cografyasi>, Ziyaret Tarihi: 15 Kasım 2019)

Kara G., Konya Kent Atmosferinde Sabit Ve Motorlu Taşıt Kaynaklı Poliaromatik Hidrokarbonlar Ve Bazı Uçucu Organik Bileşiklerin Tayini Ve İzlenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2008, 178295.

Karaca F., İstanbul'un Tarihi Yarımadası'nda BTEK Yüzey Yayılım Profiline Araştırılması, *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 2012, **8**(3), 53 – 65.

Kardeşoğlu E., Yalçın M., Işlak Z., Hava Kirliliği ve Kardiyovasküler Sistem, *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 2011, **10**(1), 15-20.

Kerbachi, R., Boughedaoui, M., Bounoua, L., and Keddad, M., Ambient Air Pollution By Aromatic Hydrocarbons In Algiers, *Atmospheric Environment*, 2006, **40**, 3995–4003.

Kerchich Y., Kerbachi R., Measurement Of BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, And Xylene) Levels At Urban And Semirural Areas Of Algiers City Using Passive Air Samplers, *Journal Of The Air & Waste Management Association*, 2012, **62**(12), 1370-1379.

Kocaeli Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Kocaeli İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2019, **1**, 2-5.

Kocaeli Sanayi Odası, Rakamlarla Kocaeli, <https://kosano.org.tr/rakamlarla-kocaeli/> (Ziyaret Tarihi: 28 Kasım 2019)

Koren H, Bisesi M., *Handbook of Environmental Health and Safety Principles and Practices*, 3 rd ed. Vol. I,II. Lewis Pub. CRC press, 1996.

Krol S., Zabiegała B. ve Namiesnik J., Monitoring VOCs In Atmospheric Air II. Sample Collection And Preparation, *Trends In Analytical Chemistry*, 2010, **29**, 1101-1112.

Kuntasal Ö.O., Temporal Variations and Sources of Organic Pollutants in Two Urban Atmospheres: Ankara and Ottawa, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2005, 167446.

Kuntasal, Ö.O., Kılavuz, S.A., Karman, D., Wang, D., Tuncel, G., Volatile Organic Compounds At Roadside, Residential, And Background Locations In Ankara, Turkey: Temporal And Spatial Variations And Sources, *Journal Of The Air & Waste Management Association*, 2013, **63**, 1148-1162.

Küçükaçıl G., Üzmez Ö.Ö., Akif, A.R.I., Eftade O., Kütahya'daki Termik Santral Bölgesinde Uçucu Organik Bileşiklerin (UOB) Alansal Ve Mevsimsel Dağılımı, 6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, İzmir, Türkiye, 7-9 Ekim 2015.

Lantzy R. J., Mackenzie P. T., Atmospheric Trace Metals: Global Cycles And Assessments Of Man'S Impacts, *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 1979, **43**, 511-525.

Lee S., Chiu M., Ho K., Zou S., Wang X., Volatile Organic Compounds (VOCs) In Urban Atmosphere Of Hong Kong, *Chemosphere*, 2002, **48**, 375–382.

Lee S.C, Lam, S., Fai, H.K., Characterization Of VOCs, Ozone, And PM10 Emissions From Office Equipment In An Environmental Chamber, *Build And Environ*, 2002, **36**, 837-842.

Liu, P.W. G., Yao, Y. C., Tsai, Source Impacts By Volatile Organic Compounds In An Industrial City Of Southern Taiwan, *Science Of The Total Environment*, 2008, **398**(1–3), 154–163.

Liotta, L.F., Catalytic Oxidation Of Volatile Organic Compounds On Supported Noble Metals, *Applied Catalysis B:Environmental*, 2010, **100**, 403-412.

Muezzinoglu A., Odabasi M., Onat L., Volatile Organic Compounds In The Air Of Izmir, Turkey, *Atmospheric Environment*, 2001, **35**(4), 753-760.

Özbay B., Dilovası'nda Yer Seviyesindeki Ozon Konsantrasyonlarının Modellenmesi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2012, 323157.

Özbay B., Veli, S., 2006, İç Ortam Havaında Bulunan Uçucu Organik Bileşikler ve Sağlık Üzerine Etkileri, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2006, **7**, 109-116.

Özbayraktar M., Pekdemir M., Spatial Character Analysis Of Streets As Public Spaces: The Case Of Izmit Hurriyet And Cumhuriyet Street, Turkey, *Materials Science And Engineering*, 2017, **245**(7),19-72.

Özdemir N., Karadeniz Ereğlisi -Zonguldak Arası Sedimentlerinde Tespit Edilen Volatil Aromatik Hidrokarbon Kirliliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008, 238816.

Öztürk N., Ergenekon P., Seçkin G. Ö., Bayır S., Spatial Distribution And Temporal Trends Of VOCs In A Highly Industrialized Town In Turkey, *Bulletin Of Environmental Contamination And Toxicology*, 2015, **94**, 653–660.

Parra M.A., González L., Elustondo D., Garrigó J., Bermejo R., Santamaría J.M., Spatial And Temporal Trends Of Volatile Organic Compounds (VOC) In A Rural Area Of Northern Spain, *Science Of The Total Environment*, 2006, **370**, 157–167.

Parra, M. A., Elustondo, D., Bermejo, R., & Santamaria, J. M., Ambient Air Levels Of Volatile Organic Compounds (VOC) And Nitrogen Dioxide (NO₂) In A Medium Size City In Northern Spain, *Science Of The Total Environment*, 2009, **407**(3), 999-1009.

Pekey B., Özaslan Ü., Spatial Distribution Of SO₂, NO₂, And O₃ Concentrations In An Industrial City Of Turkey Using A Passive Sampling Method, *Clean – Soil, Air, Water*, 2013, **41**(5), 423–428.

Pekey B., Yılmaz H., The Use Of Passive Sampling To Monitor Spatial Trends Of Volatile Organic Compounds (VOCs) At An Industrial City Of Turkey, *Microchemical Journal*, 2011, **97**, 213-219.

Pekey H., Arslanbaş D., The Relationship Between Indoor, Outdoor And Personal VOC Concentrations In Homes, Offices And Schools In The Metropolitan Region Of Kocaeli, Turkey, *Water, Air and Soil Pollution*, 2008, **191**(1-4), 113-129.

Qin, Y., Walk, T., Gary, R., Yao, X., Elles, S., Nonmethane Hydrocarbons Measured In Dallas, USA-Seasonal Trends And Diurnal Characteristics, *Atmos Environ.*, 2007, **41**, 6018–6032.

Roche A., Thevenet T., Jacob V., Kaluzny P., Ferrari C., Baussand P., Foster P., Performance Of A Thermally Desorbable Type-Tube Diffusive Sampler For Very Low Air Concentrations Monitoring, *Atmospheric Environment*, 1999, **33**, 1905-1912.

Sahu L., Yadav R., Pal D., Source Identification Of VOCs At An Urban Site Of Western India: Effect Of Marathon Events And Anthropogenic Emissions, *Journal Of Geophysical Research Atmospheres*, 2016, **121**, 2416–2433.

Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 2009

Schnelle K.B., Brown C.A., *Air Pollution Control Technology Handbook*, Crc Press, Isbn 0-8493-9588-7, Boca Raton, Florida, 2002.

Sittig M., *Handbook Of Toxic And Hazardous Chemicals And Carcinogens*, 2nd Ed., Noyes Publications, Park Ridge, NJ. 1985.

Sloane C.S., Meteorologically Adjusted Air Quality Trends: Visibility, *Atmospheric Environment*, 1967, **18**(6), 1217-1229, 1984.

Stevens L. B., William L. C., Roberts A., *Air Quality Control Handbook*, McGraw-Hill, New York, 1998.

Şen Z., Petrol Kaynaklı Hidrokarbonlardan BTEX Kompleks Gaz Karışımlarının Sınıflandırılması İçin Qcm Gaz Sensör Dizisi Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 2010, 252967.

Tavşan S., Sanayileşmiş Kıyusal Bölgedeki Ortam Havasında Uçucu Organik Bileşik Kirliliği:GYTE Muallimköy Yerleşkesi ve Dilovası Yerleşim Bölgesinde BTEX Ölçümleri, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 2010, 271495.

Tecer L.H., Tağıl Ş., Fıçıcı M., Çorlu (Tekirdağ) Hava Kirliliğinden Etkileniyor Mu?, *European J. Eng. App*, 2018, **8**, 1-8.

Tecer L.H., Tağıl Ş., Fıçıcı M., Yalova Kent Merkezinde BTEX Konsantrasyonlarının Pasif Örnekleme Yöntemiyle Belirlenmesi ve Kirlilik Haritalarının Çıkarılması, *6. Ulusal Hava Kirliliği Ve Kontrolü Sempozyumu*, İzmir, Türkiye, 7-9 Ekim 2015.

Tuğluer M., Çakır M., UFORE Modeli'nin Kent Ekosistemine Hizmet Eden Bileşenlerinin İrdelenmesi, *Mimarlık Bilimleri Ve Uygulamaları Dergisi*, 2019, **4**(2), 193-200.

Türküm A., Kocaeli Atmosferinde Uçucu Organik Bileşiklerin Ve İnorganik Gazların Dağılımları, Kaynakları Ve Sağlık Risklerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2018, 540349.

UNEP, Government Strategies and Polcies for Cleaner Production, Paris: United Nations Publication, 1994.

USEPA, IRIS, Integrated Risk Information System, <https://www.epa.gov/iris>, (Ziyaret tarihi: 18 Kasım,2019)

USEPA, IRIS, Integrated Risk Information System, <https://www.epa.gov/iris>, (Ziyaret tarihi: 18 Kasım 2019)

Üretim Organize Sanayi Bölgelerinde Gerçekleşiyor, <http://www.kocaeli.gov.tr/uretim-organize-sanayi-bolgelerinde-gerceklesiyor> (Ziyaret Tarihi, 28 Kasım 2019)

Üstünbaş T., Sayısal Arazi Modellerinde Bazı Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Selçuk-Teknik Dergisi*, 2006, **5**(2), 41-48.

Williamson S., *Fundamentals Of Air Pollution*, Addison-Wesley, Reading, MA, 1973.

World Health Organization, Air Quality Guidelines For Europe (Second Edition, WHO Regional Publications, European Series, 2000, 91.

Yılmaz H., Kocaeli Kentindeki Uçucu Organik Bileşiklerin Konsantrasyonlarının ve Dağılımının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2009, 259456.

Yurdakul S., Civan M., Tuncel G., Volatile Organic Compounds In Suburban Ankara Atmosphere, Turkey: Sources And Variability, *Atmospheric Research*, 2013, **120–121**, 298-311.

Yücedağ C., Kaya L.G., Hava Kirleticilerin Bitkilere Etkileri, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2016, **1**(1), 67-68.

Zhang X., Yin Y., Wen J., Huang S., Han D., Chen X., Cheng J., Characteristics, Reactivity And Source Apportionment Of Ambient Volatile Organic Compounds (VOCs) In A Typical Tourist City, *Atmospheric Environment*, 2019, **215**, 116-898.

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

Yesildagli B.U., **Emir B.**, Hunc F., Arslanbas D., Yucesoy G., Dillioglugil M. O., Filiz S., Gunlemez A., Yilmaz Civan M., PCB Levels in Maternal Blood Serum, *International Marmara Science and Social Sciences Congress*, Kocaeli, 23-25 November 2018.



ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini Bilecik'te tamamladı. 2011 yılında kazandığı Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünde lisans öğreniminden 2016 yılında mezun olarak aynı yıl Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. 2016 Temmuz ayından beri Enerçev Enerji ve Çevre Danışmanlık firmasında çevre mühendisi olarak görev yapmaktadır.

