

## İSTANBUL ATMOSFERİNDE PASİF ÖRNEKLEME METODU KULLANILARAK HAVA KALİTESİ SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ

Özgen ERCAN(\*), Faruk DİNÇER, Özcan CEYLAN

TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, Gebze/Kocaeli

### ÖZET

Hava kalitesi ölçümlerinde pasif örnekleme metodu kullanılarak kirleticilerin zamansal ve mekânsal dağılımları belirlenebilmektedir. Bu çalışmada Mart 2011 – Ağustos 2012 döneminde İstanbul’da yarı kentsel bir bölgede bulunan 10 farklı noktada benzen, toluen, etil benzen, ksilen (BTEX), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azot dioksit (NO<sub>2</sub>) ve ozon (O<sub>3</sub>) konsantrasyon seviyeleri pasif örnekleme metodu yardımıyla tespit edilmiştir. Kirleticilerin yıllık ve mevsimsel ortalamaları, zamansal ve mekansal dağılımları ve konsantrasyonlarını etkileyen faktörler bulunmuştur. NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonlarında mevsimsel değişimler görüldüğü halde SO<sub>2</sub> ve BTEX konsantrasyonlarında ise mevsimsel salınımlar sınırlı kalmıştır. Ortalama ozon konsantrasyonları kış mevsiminde 33,55 µg m<sup>-3</sup>, yaz sezonunda ise 97,48 µg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Benzer şekilde NO<sub>2</sub> konsantrasyonları da yaz mevsiminde yüksek konsantrasyonlarda, kış mevsiminde ise düşük konsantrasyonlarda bulunmuştur. En yüksek benzen konsantrasyonu (9.25 µg/m<sup>3</sup>) trafiğin en yoğun olduğu örnekleme noktasında belirlenmiştir. Örnekleme noktalarında tespit edilen benzen, toluen, etil benzen ve ksilen parametrelerinin konsantrasyonları arasındaki Pearson Korelasyon katsayıları hesaplanmış ve en yüksek değerler etil benzen ile ksilen arasında (r > 0.78) bulunmuştur. Bu da söz konusu kirleticilerin trafik kökenli olduklarına işaret etmektedir.

### ABSTRACT

The spatial and temporal distribution of air pollution can be determined using passive diffusion tubes. This work presents atmospheric BTEX, sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), and ozone (O<sub>3</sub>) results at ten different sites in Istanbul from March 2011 to August 2012 using passive sampling technique. The annual and seasonal average, the spatial and temporal distribution, and the source and other factors affecting the concentration of these gases are discussed. Seasonal changes were seen for concentrations of NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub>, but fluctuations in concentration of SO<sub>2</sub> and BTEX are limited. An average ozone concentration was found to be 33,55 µg/m<sup>3</sup> in winter season and 97,48 µg/m<sup>3</sup> in summer season. Similarly, high concentrations of NO<sub>2</sub> have been found in the summer season, but low in the winter. The highest benzene concentration (9.25 µg m<sup>-3</sup>) is determined at the sampling point where traffic is most intense. Pearson's correlation coefficients among parameters of benzene, toluene, ethyl benzene, and xylene detected at sampling points were calculated. The highest values (r > 0.78) were obtained for the parameters of xylene and ethyl benzene. This suggests that the pollutants are originated from traffic.

\* ozgen.ercan@tubitak.gov.tr

## ANAHTAR SÖZCÜKLER

Pasif Örnekleme, Kükürt Dioksit, Azot Dioksit, Ozon, BTEX

### 1. GİRİŞ

Asya ile Avrupa kıtalarını birbirinden ayıran İstanbul, 5343 km<sup>2</sup> yerleşim alanı ve yaklaşık 15 milyon nüfusu ile ülkemizin en büyük şehridir. 1950 yıllarından beri, az gelişmiş bölgelerden gelen göçlerle birlikte özellikle 1980'li yıllarda hızlı bir nüfus artışı sağlanmış, kontrolsüz yerleşim ve sanayileşme en büyük sorunları oluşturmuştur. Şehrin konumu gereği ürünlerin diğer ülkelere sevkiyatında yaşanan kolaylıklar sanayileşmenin bu şehir etrafında yoğunlaşmasına katkı sağlamıştır.

Yerleşim alanları trafikteki motorlu araçlar, endüstriyel emisyonlar, petrol rafinasyonu ve depolanması, yüzey kaplama, enerji üretiminde gazlaştırma, tıbbi atıkların yakılması ve evsel atıklar gibi insan kaynaklı kirliliklerden etkilenmektedir. Ayrıca, bu bölgeler birincil ve ikincil kirleticiler tarafından uzun bölgelerden taşınım sonucunda da etkilenmektedir (Bytnerowicz vd., 2002; Guerreiro vd., 2014). Ana kirleticiler arasında yer alan uçucu organik bileşikler doğal kaynaklı ve insan aktiviteleri sonucu atmosfere salınmaktadır (Finlayson-Pitts vd., 1997; Godish, 2004). Öte yandan gelişmiş ve sanayileşmiş kentlerde, yüksek kirlilik seviyelerinin oluşmasına ve dış ortamda insanların maruz kaldığı kirlenici kaynaklarından birisi de trafiktir (Khoder, 2007; Liu vd., 2000; Marc vd., 2014). Bilinen en yaygın uçucu organik bileşikler olan benzen, toluen, etilbenzen ve ksilen tehlikeli hava kirleticileri olarak sınıflandırılmaktadır (USEPA, 2003). Özellikle benzen, ciddi boyutta genotoksik kanserojen olarak bilinmektedir (WHO, 2000; Hellén vd., 2002).

Uçucu organik bileşikler atmosferde güneş ışığı altında azot oksitler ile reaksiyona girerek ozon, organik nitratlar, peroksitler ve karboniller gibi hava kalitesini ve insan sağlığını etkileyen fotokimyasal yükseltgen maddeler oluşturmaktadır (Atkinson, 2000; Warneck, 2000; Burnett vd., 1994; Brocco vd., 1997). Dış ortam ozon konsantrasyonu; güneş ışığı şiddeti, atmosferik konveksiyon, termal inversiyon tabakası yüksekliği ile azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerin konsantrasyonuna bağlıdır. Literatürde çeşitli kentlerdeki dış ortam uçucu organik bileşiklerin konsantrasyonları ve dağılımlarını içeren çok sayıda çalışmalar yer almaktadır (Kume vd., 2008; Çetin vd., 2003; Parra vd., 2009; Gallego vd., 2014; Fanizza vd., 2014).

Kaynaklardan atmosfere salınan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonları, özellikle Doğu Asya, Avrupa, Kuzey Amerika ve dünyanın bazı kesimlerinde asidifikasyona neden olabilmektedir. Asit yağmurları bazı ülkelerde halen önemli bir bölgesel çevre problemleri olarak bilinmektedir (Meng vd., 2008). SO<sub>2</sub> parametresinin ana kaynağı olarak enerji üretim tesislerinde fosil yakıtların yanmasının yanında cevherden metallerin kazanılması gibi diğer endüstriyel aktiviteler ile gemilerde, lokomotiflerde ve motorlu araçlarda yüksek kükürlü yakıtların kullanılması olarak bilinmektedir (WHO, 2005; Streets vd., 2000; Ozkurt vd., 2013). Azot oksitlerin emisyonları doğal ve antropojenik kaynak olarak ifade edilmekte olup, stratosferik azot oksitler, bakteri ve volkanik aktiviteler ve şimşek çakması gibi doğal kaynaklar olarak bilinmektedir. Isıtma ve enerji üretim tesislerindeki yanma prosesi, gemi ve araç motorlarındaki yanma ürünü olarak atmosfere salınan azot oksitler antropojenik kaynaklı emisyonlara örnek olarak verilmektedir (WHO, 2005; Lee vd., 2000).

Bu çalışmada Mart 2011-Ağustos 2012 tarihleri arasında pasif örnekleme metodu yardımıyla 10 noktada BTEX, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonları belirlenmiştir. Sonuçların yıllık ve mevsimsel ortalamaları, mekansal ve zamansal dağılım, kirliliğin kaynağı ve konsantrasyonlarına etki eden faktörler tartışılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Örnekleme noktaları

Örnekleme bölgesi kuzeyde Belgrad Ormanları ve Karadeniz'e yaklaşık 5 km uzaklıkta olan ve İstanbul'un Avrupa Yakası'nda yer almaktadır (Şekil 1). Bölgede 3 adet mahalle bulunmaktadır: Göktürk (çalışma alanının sol tarafı), Kemer Country (çalışma alanının ortası) ve Kemberburgaz (çalışma alanının sağ tarafı). Bölgenin çalışma zamanındaki toplam nüfusu yaklaşık 40.000 civarındadır. Bölgede yaşayan ve İstanbul'un diğer bölgelerinden gelen öğrencilerin yaşadığı yoğun eğitim-öğretim kurumları yer almaktadır.

Çalışma bölgesinde ayrıca İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSKİ) bünyesinde yer alan Hamidiye İçme Suyu gibi bazı dolun tesisleri de bulunmaktadır. Çalışma bölgesinin güney doğu yönünde; evsel, endüstriyel ve tehlikeli atıkların bertaraf edildiği tesis yer almaktadır. Tesis, atık kabul, atık önileme, kimyasal ve biyolojik çamur kurutma, katı atık kurutma, kırma, biriktirme, evaporasyon ve susuzlaştırma, gazlaştırma reaktörü, ileri gaz temizleme, enerji geri kazanım ve enerji üretim ünitelerinden oluşmaktadır ([www.ekolojikenerji.com](http://www.ekolojikenerji.com)). Ayrıca, bölgeye yaklaşık 10 km uzaklıkta İstanbul Büyükşehir Belediyesi bünyesinde yer alan Tıbbi Atık Yakma Tesisi ile Düzenli Evsel Çöp Depolama alanı yer almaktadır.

Örnekleme noktasına ait özellikleri içeren ve uzun süreli taşınımına ait sonuçların değerlendirilmesine yardımcı olabilecek bilgiler Tablo 1'de verilmiştir. Örnekleme Mart 2011-Mart 2012 dönemlerini kapsayacak şekilde farklı 10 noktada yapılmıştır. 1. Örnekleme noktası (SP1); trafik, depolama alanı, Tıbbi Atık Yakma Tesisi, atık bertaraf tesisi gibi etkenlerden etkilenmeyebileceği düşünülerek kontrol noktası olarak belirlenmiştir.

PAH örnekleme için 0.225 m<sup>3</sup>/dk çekiş hızına sahip Andersen marka yüksek hacimli PUF örnekleme cihazları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gaz fazı örnekleri poliüretan köpük (PUF) kartuşlarında, partikül madde örnekleri kuvars filtreler üzerinde toplanmıştır. Ağır metal örnekleme için kuvars filtre üzerine düşük hacimli toz örnekleme cihazları (MCS LVS16) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Filtrelerin ilk ve son tartımları şartlandırma odası koşullarında 48 saat bekletildikten sonra yapılmıştır.

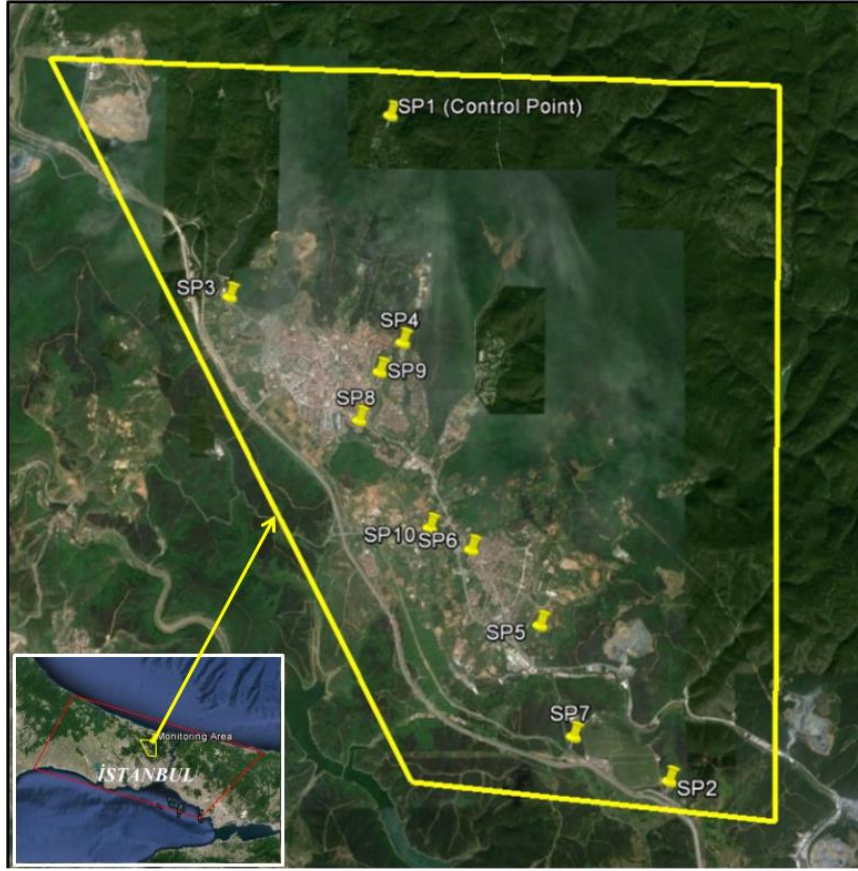
**Tablo 1.** Örnekleme Noktalarına ait bilgiler

Nokta No	Örnekleme Noktası	Özellikleri, kirletici kaynakları	Koordinatlar
1	Kontrol Noktası (SP1)	Orman alanı	N41°12.530; E28°53.905
2	Baz İstasyonu Yanı (SP2)	Kırsal alan, trafik	N41°08.017; E28°56.410
3	Halı Saha (SP3)	Yarı kentsel, ısınma, depolama alanı	N41°11.255; E28°52.469
4	Lale Golf Sahası (SP4)	Kentsel, ısınma	N41°10.944; E28°54.048
5	Askeri Kışla (SP5)	Endüstri, atık bertarafı	N41°09.037; E28°55.285
6	Göktürk SO (SP6)	Yarı kentsel, ısınma	N41°09.542; E28°54.675
7	Kamyon Kantarı (SP7)	Endüstri, atık bertarafı, yoğun trafik	N41°08.309; E28°55.579
8	Kemer Güney (SP8)	Yarı kentsel, ısınma	N41°10.413; E28°53.666
9	Lale Bayırı (SP9)	Yarı kentsel, ısınma	N41°10.742; E28°53.844
10	Pirinçli Yolu (SP10)	Yarı kentsel, ısınma	N41°09.687; E28°54.304

## 2.2. Meteorolojik bilgiler

Bölgeye kirleticilerin etkisinin anlaşılabilmesi, bölgenin iklim şartları ile kısa ve uzun süreli meteorolojik bilgilerin yorumlanması ile mümkün olmaktadır. Örnekleme noktalarına en yakın olan ve Türkiye Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen istasyon bilgileri Tablo 2'de verilmiştir. Örnekleme periyodu boyunca ortalama nem, sıcaklık ve rüzgar hızı değerleri sırasıyla %71,1-95,9; 3,0-26,1 °C; 1,77-3,48 m/s aralığında tespit edilmiştir. Ayrıca aylık toplam yağmur değerleri 0,6-114,0 mm bulunmuştur. Genelde, Mart 2011-Kasım 2011 döneminde kuzeyli rüzgarlar (NW, NE) hakim iken, Aralık 2011-Mayıs 2012 döneminde güneyli rüzgarların hakim olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda, Haziran-Ağustos 2012 döneminde yine kuzeyli rüzgarlar görülmüştür. Tablo 2'de İstanbul'un ana karakteristik özelliği olan kışları soğuk ve yağışlı, yazın ise sıcak ve nemli iklim bilgileri verilmiştir. Ocak ve Şubat en soğuk aylar iken, Temmuz ve Ağustos en sıcak aylar olarak belirlenmiştir. İstanbul Akdeniz ve sıcak iklimler arasında geçiş noktası özelliği göstermektedir (Tayanç, 2000).

6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015  
7-9 Ekim 2015, İZMİR



Şekil 1. Çalışmadaki örnekleme noktaları

Tablo 2. Meteorolojik İstasyon Verileri

Örnekleme Zamanı	Yağmur (mm)	Ortalama Nem (%)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Rüzgar Hızı (ms <sup>-1</sup> )	Hakim Rüzgar Yönü
Mart 2011	35.0	75.8	7.5	3.04	NW
Nisan 2011	102.2	86.2	9.2	2.45	NW
Mayıs 2011	21.4	88.6	14.5	1.80	NW
Haziran 2011	17.8	81.7	20.8	1.81	WNW
Temmuz 2011	0.6	81.9	24.1	1.77	NE
Ağustos 2011	5.6	79.7	23.3	2.22	NE
Eylül 2011	1.8	83.1	22.0	2.31	NE
Ekim 2011	16.6	89.5	14.4	2.93	NE
Kasım 2011	3.2	94.7	8.7	2.79	N
Aralık 2011	2.8	90.8	8.7	3.37	SSE
Ocak 2012	11.0	91.1	4.6	3.48	NW
Şubat 2012	7.2	93.0	3.0	2.85	ESE
Mart 2012	39.8	84.7	6.7	2.77	SE
Nisan 2012	114.0	76.9	14.2	3.03	SSE
Mayıs 2012	53.8	95.9	16.2	1.81	ESE
Haziran 2012	26.4	95.8	22.7	1.91	NE
Temmuz 2012	1.6	82.4	26.1	1.90	NNE
Ağustos 2012	43.0	71.1	24.5	1.94	NNE



### 2.3. Analitik prosedür

Bu çalışmada, İstanbul Kemer Country bölgesindeki mekansal ve zamansal değişimlerin belirlenmesi amacıyla uzun süreli ölçümler için difüzyon örnekleyiciler kullanılmıştır. Dizüzyon örnekleyiciler bilinen pasif örneleyici sınıfındadır. Difüzyon örnekleyici, atmosferden gaz veya buhar fazındaki kirleticilerin örnekleyici boyunca aktif taşınma gerekmeden statik hava akımı yoluyla içerisinde kirleticinin tutulduğu absorban/adsorban malzemeden oluşmaktadır (Berlin vd., 1986).

Analitik malzemeler açısından, pasif örnekleyiciler uygulama esnasında enerji ihtiyacı gerektirmeyen, üretiminin ucuz olması gibi bazı pratik avantajları içeren güvenilir sonuçlar veren temel örnekleme sistemleridir. Bu malzemeler, buhar ve gaz fazındaki kirleticilerin ekosisteme salınımının uzun süreli izlenmesi açısından uygun olduğu görülmektedir (Kirchner vd., 1999; Cox, 2003; Ersekova vd., 2014).

Çalışmada Gradko International (İngiltere) tarafından üretilen pasif örnekleyiciler kullanılmış ve analizler yine aynı laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kirleticilerin sonuçlarının değerlendirilmesi için SPSS 13.0 versiyonu kullanılmıştır. Minimum, maksimum ve ortalama kirletici konsantrasyonları hesaplanmıştır. Ayrıca BTEX parametrelerinin her biri arasındaki Pearson's korelasyon katsayıları hesaplanarak kirletici kaynaklarının farklılıkları belirlenmeye çalışılmıştır.

## 3. SONUÇLAR

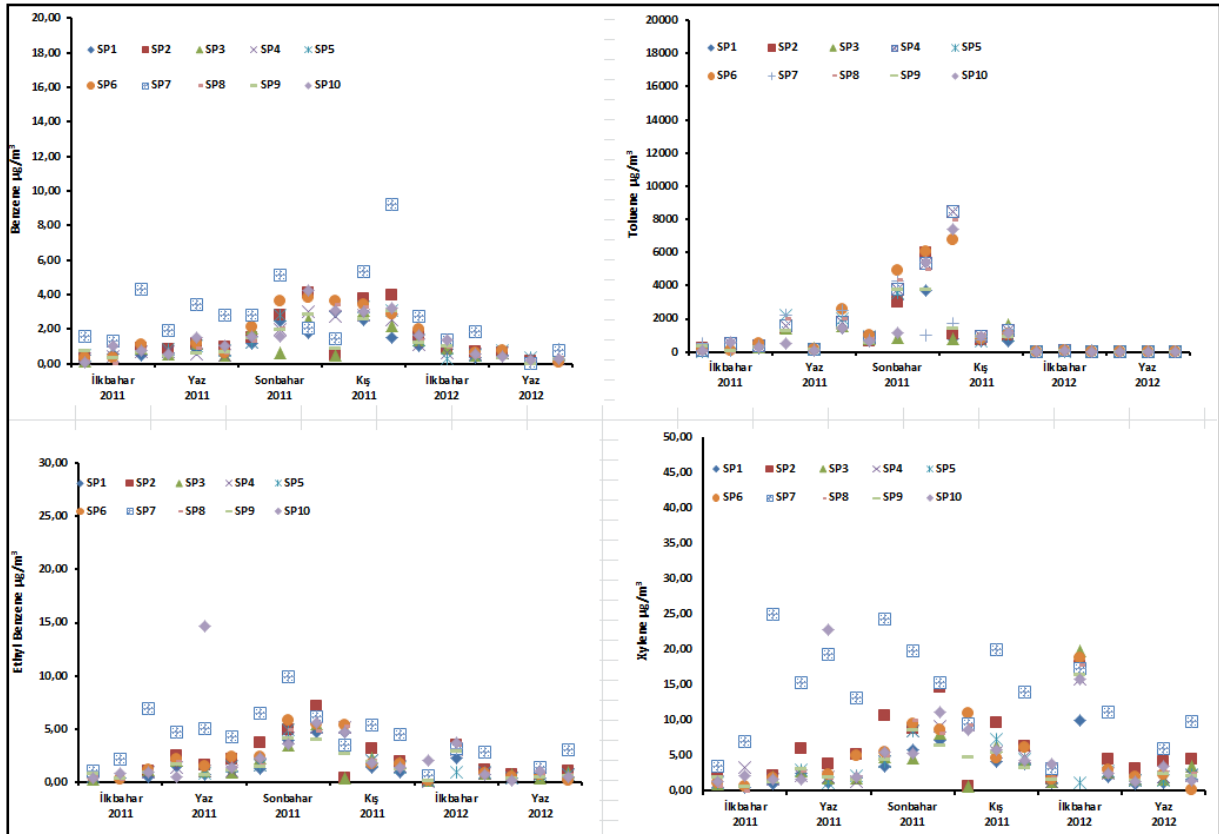
### 3.1. BTEX konsantrasyonunun zamansal/mevsimsel dağılımı

Örnekleme noktalarına ait benzen, toluen, etil benzen ve ksilen parametrelerine ait ortalama, minimum, maksimum konsantrasyon sonuçları Tablo 3'de, zamansal ve mevsimsel dağılım sonuçları ise Şekil 2'de verilmiştir. En yüksek BTEX değeri SP7 noktasında yoğun trafiğin olduğu noktada belirlenirken en düşük değer kontrol noktası olarak seçilen SP1 noktasında tespit edilmiştir.

BTEX arasında benzen kanserojen kimyasallar sınıfında yer almakta olup, kırsal ve kentsel alanlardaki dış ortamda sırasıyla  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve  $5-20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gibi sınır değerler belirlenmiştir (WHO, 2000). Mevsimsel BTEX sonuçları incelendiğinde, esasında mevsimsel meteorolojik ve kaynak değişimleriyle uyumlu olduğu gözlenmektedir. Öyle ki, Mart-Kasım 2011 dönemindeki kuzeyli hakim rüzgarlar yoğun şekilde görülürken Aralık 2011-Mayıs 2012 döneminde güneyli hakim rüzgarların olduğu yine Haziran-Ağustos 2012 döneminde ise kuzeyli rüzgarların olduğu belirlenmiştir. Bunun da esasında bölgenin dönemsel olarak örnekleme noktalarının kuzeyinde yer alan kentsel katı atık depolama alanı ve tıbbi atık yakma tesisi ile güneyinde yer alan gazlaştırma tesislerinden etkilenebileceğini ifade edebilmektedir. Aynı zamanda, D010 Hasdal Kemerburgaz yolundaki yoğun kamyon trafiğinin de kirletici konsantrasyonlarının yükselmesine katkı sağlayacaktır.

**Tablo 3.** Örneklemeye Noktalarına ait BTEX konsantrasyonları ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Örneklemeye Noktası	Benzen ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )			Toluen ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )			Etil benzen ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )			Ksilen ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )		
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
SP1 (N=72)	0.31	3.00	1.11	0.90	3677	733.8	0.14	4.74	1.47	0.43	9.95	3.31
SP2 (N=68)	0.14	4.11	1.51	2.39	5952	966.5	0.09	7.16	2.16	0.57	17.63	6.24
SP3 (N=68)	0.03	3.10	1.09	2.22	5327	831.0	0.14	5.45	1.62	0.66	19.86	4.05
SP4 (N=72)	0.03	3.00	1.16	0.29	8480	1405	0.09	5.17	1.80	1.23	15.88	4.36
SP5 (N=56)	0.28	3.31	1.24	1.07	3599	764.8	0.14	4.99	1.27	1.09	8.48	3.05
SP6 (N=69)	0.07	3.84	1.65	1.65	6744	1420	0.14	5.78	2.01	0.19	18.82	4.94
SP7 (N=68)	0.03	9.25	2.84	5.18	4291	935.7	0.62	9.91	4.18	3.08	24.93	13.72
SP8 (N=72)	0.03	3.45	1.27	1.07	7949	1387	0.19	5.21	1.79	0.05	17.87	4.39
SP9 (N=68)	0.03	3.08	1.16	0.49	3800	894.9	0.19	4.17	1.54	0.66	16.40	4.01
SP10 (N=72)	0.07	4.22	1.46	1.23	7406	1103	0.19	14.69	2.58	1.28	22.80	5.59



**Şekil 2.** BTEX sonuçlarının mevsimsel dağılımı

### 3.2. BTEX parametreleri için Pearson's korelasyon

Kirleticilerin muhtemel kaynaklarının belirlenmesi amacıyla pek çok çalışma yapılmıştır (Müezzinoğlu vd., 2001; Vardoulakis vd., 2005; Gallego vd., 2014). Türler arasındaki iyi bir korelasyon kirliliğin aynı kaynaktan olabileceğine işaret edebilmektedir. Benzen parametresine ait kirliliğin trafik kaynaklı olduğu ağırlık kazanırken TEX türlerinin kirlilik kaynağı ise trafik emisyonları ile boya sektörü ve endüstriyel çözücülerden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, etilbenzen ve ksilen arasında oluşan korelasyonun, bu kirleticilerin kaynağının benzinli araçlar ile istasyonlardan olabileceği belirtilmektedir. Türler arasındaki korelasyon katsayısının düşük olması ise BTEX kirleticilerinin farklı zaman ve kaynaklardan veya temizleme işlemleri esnasında farklı çözücülerin kullanması gibi faktörler ifade edilmektedir (Pekey vd., 2011; Zhu vd., 2008).

Tablo 4'de farklı örnekleme noktalarındaki BTEX türlerinin her biri arasındaki Pearson's korelasyon katsayıları verilmiştir. Bütün örnekleme noktalarında en yüksek katsayı ( $r > 0,78$ ) etilbenzen ile ksilen arasında tespit edilmiş olup, bu örnekleme noktalarının benzinli araçlardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Diğer taraftan, BTEX türleri içinde benzenin diğer türler ile katsayısının SP1 ve SP2 örnekleme noktaları hariç düşük ( $r < 0,7$ ) olduğu belirlenmiştir. Bunun da esasında örnekleme noktalarının, tek bir kaynaktan olmayıp yakın bölgede yer alan katı atık depolama, tıbbi atık yakma ve atık endüstriyel çözücülerin kullanıldığı gazlaştırma tesislerine işaret etmektedir.

### 3.3. SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> seviyeleri ve mevsimsel değişimleri

Çalışmada elde edilen minimum, maksimum ve ortalama SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> konsantrasyon seviyeleri Tablo 5'de ve mevsimsel değişimleri de Şekil 3'de gösterilmiştir. SP7 noktasında SO<sub>2</sub> konsantrasyonları diğer noktalardan daha yüksek bulunmuştur (Ortalama 5,63 µg/m<sup>3</sup>, maksimum 48,30 µg/m<sup>3</sup>). Sonuçlar irdelendiğinde konsantrasyonların benzer eğilimde oldukları, mevsimsel farklılıkların fazla olmadığı görülmektedir. Elde edilen SO<sub>2</sub> sonuçları Dünya Sağlık Örgütü'nün vermiş olduğu 50 µg/m<sup>3</sup>, ekosistemin korunması için Avrupa Birliği'nin vermiş olduğu 20 µg/m<sup>3</sup> ve EPA'nın vermiş olduğu 80 µg/m<sup>3</sup> sınır değerlerinin altındadır.

Bu çalışmada bulunan SO<sub>2</sub> konsantrasyon değerleri literatürde verilen diğer konsantrasyon seviyeleri ile benzerlik göstermektedir. Carmichael ve arkadaşları (2003) bazı Asya, Afrika, Güney Amerika şehirlerinde yapmış oldukları çalışmada SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarını 0,2 -37,3 µg/m<sup>3</sup> olarak rapor etmişlerdir. Eskişehir'de yapılmış olan bir çalışmada SO<sub>2</sub> seviyeleri 47,1 µg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur (Özden vd., 2008).

Ortalama NO<sub>2</sub> seviyeleri 11,87 – 32,51 µg/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Maksimum NO<sub>2</sub> konsantrasyonu SP7 noktasında Aralık 2011 döneminde ölçülmüştür (55,69 µg/m<sup>3</sup>). Elde edilen değerler Dünya Sağlık Örgütü'nün ve Avrupa Birliği'nin vermiş olduğu 40 µg/m<sup>3</sup> ve EPA'nın vermiş olduğu 50 µg/m<sup>3</sup> sınır değerlerinin altındadır. Özden ve arkadaşlarının (2008) Eskişehir'de yapmış oldukları çalışmada yıllık NO<sub>2</sub> konsantrasyonunu 22,6 µg/m<sup>3</sup> olarak rapor etmişler. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar da benzer seviyelerdedir. NO<sub>2</sub>'nin mevsimsel değişimlerine bakıldığında özellikle 2012 yılı sonbahar ve kış dönemlerinde konsantrasyonların daha yüksek oldukları görülmektedir. Bu değişim evsel ısınmadan kaynaklı yakıt kullanımı ile açıklanabilir.



### 3.4. O<sub>3</sub> seviyeleri ve mevsimsel değişimleri

Ortalama O<sub>3</sub> konsantrasyonları arasında hem tersel hem de zamansal olarak önemli bir farklılık bulunamamıştır (Şekil 4). Ortalama O<sub>3</sub> seviyeleri 63,74 – 84,01 µg/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Maksimum konsantrasyon SP7 noktasında Nisan 2011 döneminde (139.12 µg/m<sup>3</sup>) ölçülmüştür. Bu çalışmada bulunan O<sub>3</sub> konsantrasyon değerleri literatürde verilen diğer konsantrasyon seviyeleri ile benzerlik göstermektedir. Carmichael ve arkadaşları (2003) bazı Asya, Afrika, Güney Amerika şehirlerinde yapmış oldukları çalışmada O<sub>3</sub> konsantrasyonlarını 11,6 – 72,2 µg/m<sup>3</sup> olarak rapor etmişlerdir.

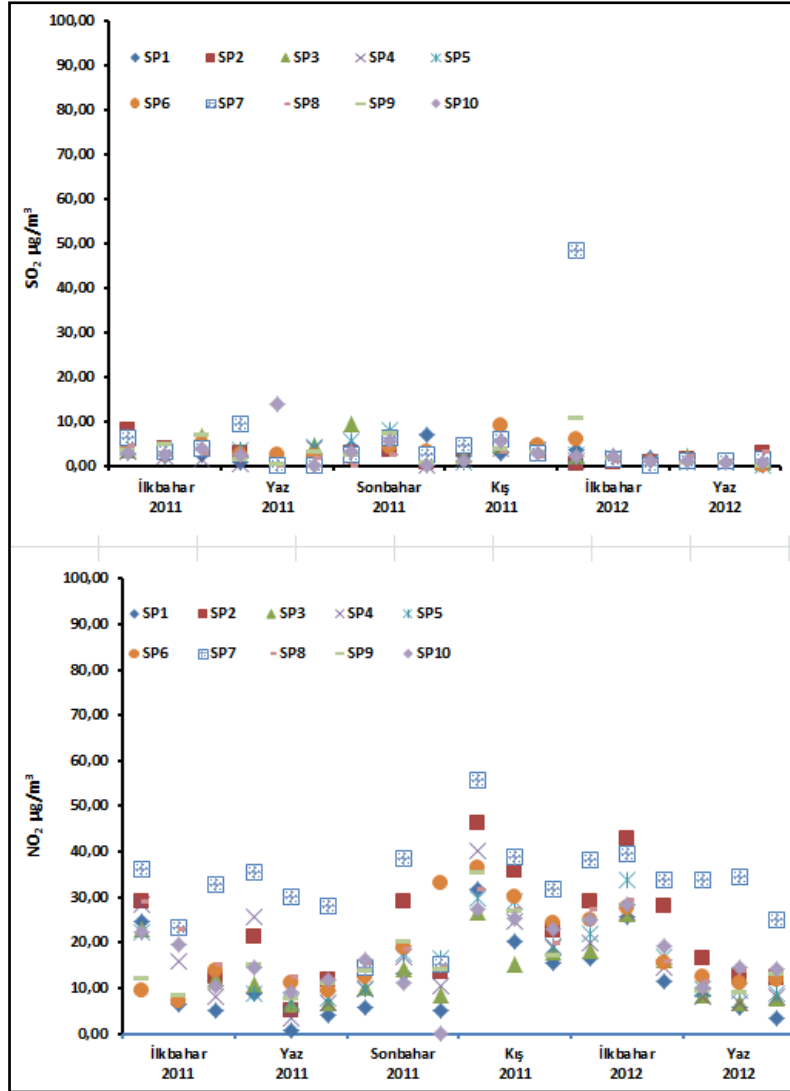
**Tablo 4.** BTEX için Pearson Korelasyon Katsayıları

	SP1 (N=72)				SP2 (N=68)				SP3 (N=68)				SP4 (N=72)			
	B	T	E	X	B	T	E	X	B	T	E	X	B	T	E	X
B	1				1				1				1			
T	0.51	1			0.59	1			0.56	1			0.58	1		
E	<b>0.77</b>	<b>0.76</b>	1		<b>0.71</b>	<b>0.80</b>	1		0.67	<b>0.78</b>	1		0.68	<b>0.77</b>	1	
X	0.67	0.44	<b>0.84</b>	1	0.57	0.45	<b>0.83</b>	1	0.49	0.36	<b>0.78</b>	1	0.49	0.38	<b>0.78</b>	1
	SP5 (N=56)				SP6 (N=69)				SP7 (N=68)				SP8 (N=72)			
	B	T	E	X	B	T	E	X	B	T	E	X	B	T	E	X
B	1				1				1				1			
T	0.56	1			0.61	1			0.47	1			0.49	1		
E	0.66	<b>0.78</b>	1		0.69	<b>0.81</b>	1		0.68	0.67	1		0.68	0.68	1	
X	0.51	0.40	<b>0.79</b>	1	0.51	0.43	<b>0.79</b>	1	0.59	0.30	<b>0.84</b>	1	0.58	0.30	<b>0.84</b>	1
	SP9 (N=68)				SP10 (N=72)											
	B	T	E	X	B	T	E	X								
B	1				1											
T	0.49	1			0.51	1										
E	0.68	0.69	1		0.61	0.59	1									
X	0.57	0.31	<b>0.84</b>	1	0.55	0.29	<b>0.83</b>	1								

\*Correlation is significant at the 0.05 level

**Tablo 5.** Örnekleme Noktalarına ait SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> Konsantrasyonları (µg/m<sup>3</sup>)

Sampling Sites	SO <sub>2</sub> (µg m <sup>-3</sup> )			NO <sub>2</sub> (µg m <sup>-3</sup> )			O <sub>3</sub> (µg m <sup>-3</sup> )		
	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean	Min.	Max.	Mean
SP1 (N=72)	0.03	6.97	2.63	0.81	31.93	11.87	38.73	112.69	83.94
SP2 (N=68)	0.03	8.06	2.55	5.21	46.33	22.53	39.62	112.43	75.92
SP3 (N=68)	0.03	9.30	3.44	6.41	26.77	13.86	36.05	123.27	80.81
SP4 (N=72)	0.03	4.42	1.90	3.46	40.22	16.32	3.32	123.14	84.01
SP5 (N=56)	0.03	7.97	2.86	7.00	33.86	16.81	30.70	99.38	72.70
SP6 (N=69)	0.09	9.19	3.18	7.30	36.65	18.33	0.11	90.81	65.08
SP7 (N=68)	0.03	48.30	5.63	14.52	55.69	32.51	28.02	139.12	67.27
SP8 (N=72)	0.03	4.49	1.94	11.49	31.81	19.23	32.03	97.63	71.72
SP9 (N=68)	0.09	10.99	3.23	7.70	35.42	16.39	30.70	113.44	82.87
SP10 (N=72)	0.03	13.88	2.95	0.02	28.34	16.80	27.07	98.09	63.74



Şekil 3. SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> sonuçlarının mevsimsel dağılımı

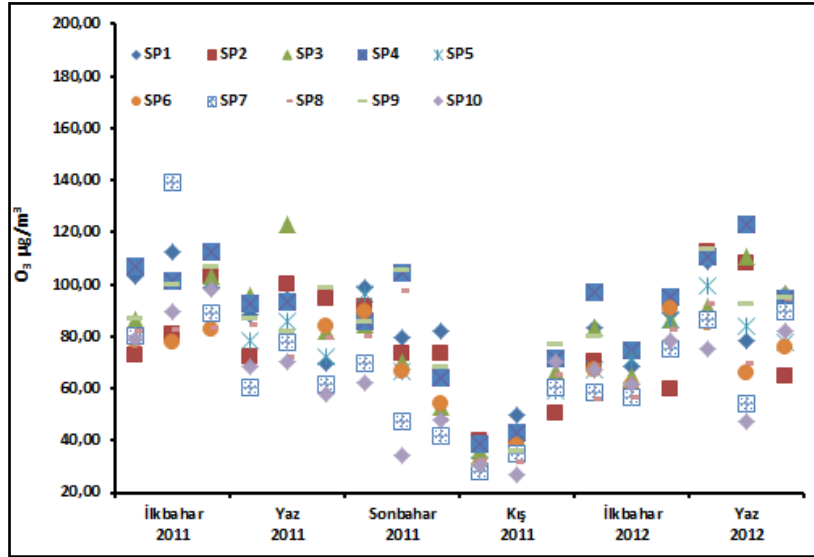
#### 4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada İstanbul'da yer alan Kemerburgaz bölgesindeki yerleşim alanına, araç trafiği ile endüstriyel aktivitelerin etkileri araştırılmıştır. 2011 ve 2012 yıllarında uzun süreli 10 noktada pasif örnekleme yöntemi kullanılarak BTEX, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonları tespit edilmiştir. BTEX türlerinin kendi aralarındaki Pearson's korelasyon katsayıları hesaplanarak kirliliğin kaynağı tespit edilmeye çalışılmış ve önemli bir korelasyonun olmadığı belirlenmiştir. Bunun da esasında bu türler için tespit edilen konsantrasyonların tek bir kaynak yerine bölgedeki endüstriyel aktiviteler ve trafik emisyonlarına işaret ettiği düşünülmektedir.

Meteorolojik şartların hava kalitesine ciddi bir etkisi olduğu bilinmekte ve hakim rüzgarların kirlilik kaynaklarının değişmesine neden olmaktadır. Çalışmada SO<sub>2</sub> parametresi için mevsimsel değişimin olmadığı görülürken NO<sub>2</sub> parametresinde yaz döneminde minimum kış döneminde ise maksimum değerlerin olduğu görülmektedir. Bu mevsimsel değişim esasında kış döneminde ısınmadan kaynaklı emisyonlardan yaz döneminde ise fotokimyasal

## 6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015 7-9 Ekim 2015, İZMİR

reaksiyonların etkisi ile açıklanabilmektedir. Mevsimsel ortalama ozon konsantrasyonu kış aylarında  $33,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  iken yaz döneminde  $97,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak belirlenmiştir. Yaz dönemindeki yüksek değerlere yüksek BTEX ve  $\text{NO}_2$  değerlerinin etkisi olmaktadır. Örneklem noktalarındaki konsantrasyon farklılıkları dikkate alındığında esasında bölgeye yoğun kamyon trafiğinden kaynaklı emisyonların ve endüstriyel aktivitelerin katkısı olduğu açıklanabilmektedir.



Şekil 4. O<sub>3</sub> sonuçlarının mevsimsel dağılımı

### KAYNAKLAR

Atkinson, R., 2000. Atmospheric chemistry of VOCs and  $\text{NO}_x$ . *Atmospheric Environment* 34, 2063–2101.

Berlin, R., Brown, R.H., Saunders, K.J. (Ed.) Diffusive sampling. An alternative approach to workplace air monitoring. Symposium, Luxembourg, September 22-26, 1986, Royal Society of Chemistry, London.

Brocco, D., Fratarcangelli, R., Lepore, L., Petricca, M. and Ventrone, I., 1997. Determination of aromatic hydrocarbons in urban air of Rome. *Atmospheric Environment* 31, 557–566.

Burnett, R.T., Dales, R.E., Raizene, M.E., Krewski, D., Summers, P.W., & Roberts, G.R., 1994. Effects of low ambient levels of ozone and sulfates on the frequency of respiratory admission to Ontario hospitals. *Environmental Research* 65, 172-194.

Bytnerowicz, A., Tausz, M., Alonso, R., Jones, D., Johnson, R., & Grulke, N., 2002b. Summer-time distribution of air pollutants in Sequoia National Park, California. *Environmental Pollution* 188, 187-203.

Carmichael G.R., Fern M., Thongboonchoo N., 2003. Measurement of sulfur dioxide, ozone and ammonia concentrations in Asia, Africa, and South America using passive samplers. *Atmospheric Environment* 37, 1293-1308.

- Cox, R.M., 2003. The use of passive sampling to monitor forest exposure to O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub>: a review and some case studies. *Environmental Pollution* 126, 301-311.
- Çetin, E., Odabasi, M., & Seyfioglu, R. (2003). Ambient volatile organic compound (VOC) concentrations around a petrochemical complex and a petroleum refinery. *Science of total Environment* 312, 103-112.
- Edward, R.D., Jurvelin, J., Saarela, K., & Jantunen, M., 2001. VOC concentrations measured in personal samples and residential indoor, outdoor and workplace microenvironments in EXPOLIS-Helsinki Finland. *Atmospheric Environment* 35, 4531-4543.
- Ersekova, A., Hillscherova, K., Klanova, J., Giesy, J.P., Novak, J., 2014. Effect-based assessment of passive air samples from four countries in Eastern Europe. *Environmental Monitoring Assessment* 186(6), 3905-3916.
- Fanizza, C., Incoronata, F., Baiguera, S., Schiro, R., & Brocco, D., 2014. Volatile organic compound levels at one site in Rome urban air. *Atmospheric Pollution Research* 5, 303-314.
- Finlayson-Pitts, B.J., & Pitts, J.N., 1997. Tropospheric air pollution: ozone, airborne toxics, polycyclic aromatic hydrocarbons, and particles. *Science* 276, 1045-1052.
- Gallego, E., Perales, J.F., Roca, F.J., & Guardino, X., 2014. Surface emission determination of volatile organic compounds (VOC) from a closed industrial waste landfill using a self-designed static flux chamber. *Science of total Environment* 470, 587-599.
- Godish, T., 2004. *Air quality, 4th ed.*, Lewis Publisher, Boca Raton.
- Guerreiro, C.B.B, Foltescu, V., Leeuw, F., 2014. Air quality status and trends in Europe. *Atmospheric Environment* 98, 376-384.
- Hellén, H., Hakola, H., Laurila, T., Hiltunen, V., & Koskentalo, T., 2002. Aromatic hydrocarbon and methyl tert-butyl ether measurements in ambient air of Helsinki (Finland) using diffusive samplers. *Science of total Environment* 298, 5-64.
- Khoder, M.I., 2007. Ambient levels of volatile organic compounds in the atmosphere of Greater Cairo. *Atmospheric Environment* 41, 554-566.
- Kirchner, M., Braeutigam, S., Ferm, M., Haas, M., Hangartner, M., & Hofschreuder, P., 1999. Field intercomparison of diffusive samplers for measuring ammonia. *Journal of Environmental Monitoring* 1, 259-265.
- Kume, K., Ohura, T., Amagai, T., & Fusaya, M., 2008. Field monitoring of volatile organic compounds using passive air samplers in an industrial city in Japan. *Environmental Pollution* 153, 649-657.

## 6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015 7-9 Ekim 2015, İZMİR

- Lee, D.S., Köhler, I., Grobler, E., Rohrer, F., Sausen, R., & Gallardo-Klenner, L., 2000. Estimations of global NO<sub>x</sub> emissions and their uncertainties. *Atmospheric Environment* 31, 1735-1749.
- Liu, Ch., Xu, Z., Du, Y., & Guo, H., 2000. Analyses of volatile organic compounds concentrations and variation trends in the air of Changchun, the northeast of China. *Atmospheric Environment* 34, 4459-4466.
- Marc, M., Zabiegala, B., Simeonov, V., & Namiesnik, J., 2014. The relationships between BTEX, NO<sub>x</sub>, and O<sub>3</sub> concentrations in urban air in Gdansk and Gdynia, Poland. *Clean Soil Air, Water* 42(10), 1326-1336.
- Meng, Z.Y., Ding, G.A., Xu, X.B., Xu, X.D., Yu, H.Q., & Wang, S.F., 2008. Vertical distributions of SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> in the lower atmosphere in Beijing urban areas, China. *Science of total Environment* 390, 457-466.
- Muezzinoglu, A., Odabasi, M., & Onat, L., 2001. Volatile organic compounds in the air of İzmir Turkey. *Atmospheric Environment* 35, 753-760.
- Ozkurt, N., Sari, D., Akalin, N. and Hilmioglu, B., 2013. Evaluation of the impact of SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> emissions on the ambient air-quality in the Çan-Bayramiç region of northwest Turkey during 2007-2008. *Science of total Environment* 456, 254-266.
- Özden, Ö., Döğeroğlu, T., & Kara, S., 2008. Assessment of ambient air quality in Eskişehir, Turkey. *Environmental International* 34, 678-687.
- Parra, M.A., Elustondo, D., Bermejo, R., & Santamana, J.M., 2009. Ambient air levels of volatile organic compounds (VOC) and nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) in a medium size city in Northern Spain. *Science of total Environment* 407, 999-1009.
- Pekey, B., & Yılmaz, H., 2011. The use of passive sampling to monitor spatial trends of volatile organic compounds (VOCs) at an industrial city of Turkey. *Microchemical Journal* 97, 213-219.
- Streets, D.G., Tsai, N.Y., Akimoto, H., & Oka, K., 2000. Sulfur dioxide emissions in Asia in the period 1985-1997. *Atmospheric Environment* 34, 4413-4424.
- Tayanç, M., 2000. An assessment of spatial and temporal variation of sulfur dioxide levels over Istanbul, Turkey. *Environmental Pollution* 107, 61-69.
- USEPA., 2003. National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants, Office of Air Quality Planning and Standards, Report 68/FR/2227, Washington, DC.
- Vardoulakis, S., Gonzalez-Fleska, N., Fisher, B.E.A., & Pericleous, K., 2005. Spatial variability of air pollution in the vicinity of a permanent monitoring station in central Paris. *Atmospheric Environment* 39, 2725-2736.
- Warneck, P., 2000. *Chemistry of the natural atmosphere*, Academic Press, San Diego.



## 6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu-2015 7-9 Ekim 2015, İZMİR

WHO., 2005. Air Quality Guidelines, Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

WHO., 2000. Air quality guidelines for Europe. 2nd edition. Copenhagen: WHO Regional Publications, European Series, No. 91.

Zhu, J., Newhook, R., Marro, L., & Chan, C.C., 2005. Selected volatile organic compounds in residential air in the city of Ottawa Canada. *Environmental Science and Technology* 39, 3964-3971.

Zhu, X., Fan, Z., Wu, X., Meng, Q., Wang, S., & Tang, X., 2008. Spatial variation of volatile organic compounds in a “Hot Spot” for air pollution. *Atmospheric Environment* 42, 7329-7338.