

ÇERKEZKÖY ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİNDE PASİF ÖRNEKLEME METODU İLE BTEX (BENZEN, TOLUEN, ETİL BENZEN VE KSİLEN) SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Faruk DİNÇER^{1(*)}, Özgen ERCAN¹, Özcan CEYLAN¹

¹ TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, Gebze/Kocaeli

ÖZET

Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesi, farklı alanlarda faaliyet gösteren çok sayıda tesisi nedeniyle hava kirliliği problemleri yaşamaktadır. BTEX bileşiklerinin Bölge ve Bölge çevresindeki zamansal ve mekânsal dağılımları 11 noktada bir yıl (Mart 2012 – Şubat 2013) süre ile ölçülerek incelenmiştir. Çalışma kapsamında ölçümler pasif örnekleme metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yıllık ortalama benzen, toluen, etil benzen, (m,p)-ksilen ve o-ksilen konsantrasyonları sırası ile $1.28 \pm 0.37 \mu\text{g m}^{-3}$, $12.98 \pm 4.16 \mu\text{g m}^{-3}$, $2.81 \pm 3.98 \mu\text{g m}^{-3}$, $9.27 \pm 14.25 \mu\text{g m}^{-3}$ ve $2.97 \pm 5.80 \mu\text{g m}^{-3}$ olarak ölçülmüştür. Ortalama benzen konsantrasyonu Avrupa Birliği tarafından belirlenmiş olan $5 \mu\text{g m}^{-3}$ sınır değerden daha düşüktür. BTEX kaynaklarını belirlemek amacıyla türler arasındaki oranlar [toluen/benzen (T/B), (m,p)-ksilen/etil benzen ((m,p)-X/B)] ve korelasyonlar da hesaplanmıştır. Sonuçlar söz konusu kirleticilerin endüstri tesislerinden ve trafikten kaynaklandığını göstermektedir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

BTEX, pasif örnekleme, tür oranları, emisyon kaynakları

ABSTRACT

Air pollution has become a major concern in Çerkezköy Organized Industrial Zone (ÇOIZ) because of diverse nature of its facilities. The temporal and spatial distributions of BTEX compounds in the Region and the surrounding areas were investigated by measuring the pollutants at 11 sampling points throughout the year (between March 2012 - February 2013). In the scope of the study, measurements were carried out using passive sampling method. The annual average concentrations of benzene, toluene, ethyl benzene, (m, p) -xylene and o-xylene were $1.28 \pm 0.37 \mu\text{g m}^{-3}$, $12.98 \pm 4.16 \mu\text{g m}^{-3}$, $2.81 \pm 3.98 \mu\text{g m}^{-3}$, $9.27 \pm 14.25 \mu\text{g m}^{-3}$ ve $2.97 \pm 5.80 \mu\text{g m}^{-3}$, respectively. The average concentration of benzene is lower than the $5 \mu\text{g m}^{-3}$ limit set by the European Union. The inter-species ratios of toluene to benzene (T/B), (m, p)-xylene to ethyl benzene ((m, p)-X/B) and correlations were also calculated to identify BTEX sources. The results show that pollutants originate from industrial facilities and vehicle traffic in ÇOIZ.

KEYWORDS

BTEX, passive sampling, inter-species ratios, emission sources

(*) faruk.dincer@tubitak.gov.tr

1. GİRİŞ

Uçucu Organik Bileşikler (UOB'ler), tüm kentsel ve endüstriyel alanlarda atmosferde yer seviyesinde bulunan önemli hava kirletici bileşenlerdir. UOB'ler, oda sıcaklığında tamamen buhar fazında olan, 25 °C'de > 10 Pa buhar basıncına sahip ve standart atmosfer basıncında kaynama noktası < 260 °C olan organik bileşikler olarak tanımlanmaktadır (Koppmann, 2007, Özden Üzmez vd., 2013).

Uçucu organik bileşiklerin (VOC) stratosferdeki ozon tabakasının incelenmesi, yer seviyesinde fotokimyasal ozon oluşumu, ikincil parçacık oluşumu, insan sağlığına toksik veya kanserojen etkisi, küresel sera etkisi ve doğada birikimi ile atmosfer kimyası üzerinde önemli bir etkisi vardır. Uçucu organik bileşiklerin atmosferde pek çok değişik kaynağı olmakla birlikte, benzin, dizel ve gaz yakıtlarla çalışan araçlar en önemli VOC kaynağıdır. Boyalarda, laboratuvarlarda ve basım endüstrisinde kullanılan solventler, katı, sıvı ve özellikle gaz yakıtların yanması, endüstriyel prosesler de trafik dışında kalan kaynaklardan bazılarıdır (Derwent, 1995). UOB'ler azot oksitler (NO_x) ile fotokimyasal tepkimelere girerek, başta ozon olmak üzere bazı aldehitler ve peroksiasetil nitratlar (PAN) gibi birincil fotokimyasal yükseltgen bileşikleri de oluşturmaktadır (Ad-Hoc, 1999).

En yaygın gözlenenleri BTEX olarak adlandırılan benzen, toluen, etilbenzen ve ksilenler'dir ve bu bileşikler şehir atmosferinde metan dışı UOB'lerin yaklaşık %60'ını oluşturmaktadır (Hoque vd., 2008). Bu bileşiklerin içinde seviyesi yüksek olduğunda insan üzerinde kanserojen olarak kabul edildiği için önem arz eden bileşik benzendir (IARC, 1982).

Ülkemizde ve dünyanın diğer ülkelerinde BTEX'lerin hava kalitesine etkilerinin belirlenmesine yönelik çok fazla çalışma yapılmıştır (Elbir vd., 2007; Pekey ve Yılmaz, 2011; Yurdakul vd., 2013; Kuntasal vd., 2013; Civan vd., 2011; Dumanoglu vd., 2014; Bowman vd., 1995; Skov vd., 2001; Ho vd., 2004; Song vd., 2007; Barletta vd., 2008). Bu çalışmalar BTEX'lerin konsantrasyon seviyeleri, yersel ve zamansal dağılımları ile ilgili bilgiler sağlamakla birlikte, toluen/benzen ve etilbenzen/m-p-ksilen gibi oranlar da bu bileşiklerin atmosferik fotokimyasal aktivitelerinin ve emisyon kaynaklarının belirlenmesinde kullanılan göstergelerdir (Roberts et al., 1984; Elbir vd., 2007; Yurdakul vd., 2013).

Özellikle, toluen/benzen oranı (T/B oranı) trafik emisyonları ve trafikten kaynaklanmayan emisyonlar için bir belirteç olarak kullanılmaktadır (Buczynska vd., 2009; Hoque vd., 2008; Pekey ve Özaslan, 2013). Benzen ve toluen, benzinin bileşenlerindedir. Atmosfere motorlu taşıtların emisyonlarından yayılır. Dünya çapında pek çok kentsel alanda yaklaşık 1.5-4 arasında belirlenen T/B oranı araç emisyonlarını gösteren bir karakteristiktir. Hidroksil radikaline karşı (m,p)-ksilen ve etilbenzen farklı reaktivitelere sahip olduğundan, (m,p)-ksilen, etilbenzen oranı ((m,p)-X/E oranı) UOB'lerin atmosferde bulunma süreleri için bir gösterge olarak kullanılmaktadır (Zhang vd., 2008). m,p-ksilen, etilbenzenden daha reaktif olduğu için UOB'lerin atmosferde bulunma süresi arttıkça bu oran küçülür. (m,p)-ksilenin ve etilbenzenin atmosferik yaşam süreleri, sırasıyla, 3 ve 8 saattir. Bunun anlamı, UOB içeren hava kütlesi hareket ettiğinde m,p-ksilen, etilbenzenden daha hızlı reaksiyona girecek ve kaynağından uzaklık arttıkça (m,p)-X/E oranı azalacaktır (Yurdakul vd., 2013).

Hava kalitesi izleme çalışmalarında metodoloji seçimi büyük ölçüde kirletici kaynaklara, meteorolojik verilere ve insanların maruz kalma sürelerine bağlıdır (Noll vd., 1977). Hava kirleticilerin azaltılması ve kontrol stratejisi geliştirmek için bu kirletici seviyelerinin mekânsal dağılımına ilişkin veriler gereklidir. Çevre araştırmacıları, politika yapıcılar ve epidemiyologlar hava kirliliği deseninin belirlenmesi, trend analizi ve maruziyet değerlendirmesinde hava kalitesi haritalarına ihtiyaç duymaktadır. BTEX'lerin örneklenmesinde kullanılan en yaygın örnekleme yöntemlerinden biri de pasif örneklemedir. Pasif örnekleme yöntemleri boyutunun küçük ve kullanımının kolay olması, ucuz olması, işletiminin kolay olması, herhangi bir güç kaynağına ihtiyaç duyulmaması, yoğun insan gücü gerektirmemesi, zaman ağırlıklı derişimlerin elde edilmesi (hava hacminin önemi yoktur), uzun süreli ve çok sayıda farklı noktalarda eş zamanlı örnekleme çalışmalarının gerçekleştirilebilmesi gibi çok sayıda avantaja sahiptir (Buffoni, 2002; Krol vd., 2010).

Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesi; Çerkezköy ve Kapaklı olmak üzere iki belediye sınırı içerisinde kalan yaklaşık 1234 ha alanı ile Türkiye'nin en büyük ve en köklü sanayi bölgelerinden biridir. Bölge dâhilinde toplam 361 sanayi parseli bulunmakta olup, bu parsellerden 284'ü üretim, inşaat ve proje aşamasındadır. Bölge firmaları; tekstil, kimya, plastik, demir dışı metaller, demir ve çelik, lastik sanayi, elektrikli makineler, gıda sanayi, petrol ürünleri, orman sanayi, cam sanayi, elektronik sanayi, kâğıt sanayi, deri ve deri mamulleri sanayi, içki sanayi, tarım aletleri ve makineleri sanayi sektörlerinde faaliyetlerine devam etmektedirler.

Yukarıda belirtilen Organize Sanayi Bölgesinde ve Bölgenin etki alanında toplam 11 noktada Mart 2012-Şubat 2013 döneminde aylık olarak pasif örnekleme metodu ile BTEX ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı örneklemeleri gerçekleştirilen kirleticilerin dış ortam havasındaki seviyelerinin, mekansal ve zamansal değişimlerinin ve olası kaynaklarının belirlenmesidir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Örnekleme noktaları

Örnekleme noktaları Çerkezköy OSB içinde ve etki alanında belirlenmiş olan 11 farklı noktada Mart 2012-Şubat 2013 döneminde aylık olarak gerçekleştirilmiştir. Örnekleme ve analiz çalışmaları gerçekleştirilen noktalara ait bilgiler Tablo 1 ve Şekil 1'de verilmiştir.

2.2. Analitik prosedür

Çalışma için, uzunluğu 90 mm, çapı 6.3 mm olan paslanmaz çelikten yapılmış tüpler içinde Chromosorb 106 adsorbanı ile birlikte Gradko International (Hampshire, İngiltere) firmasından temin edilmiştir. Pasif tüplerin örneklemeye hazırlanması ve örnekleme süresince EN13528-2 standart yöntemi takip edilmiştir. Çalışmada kullanılan pasif tüpler sahaya konmadan önce laboratuvarımızda bulunan termal desorber cihazında 220 °C'de ve 30 dk boyunca içerisinde azot gazı geçirilerek (100 ml dak⁻¹) temizlenmişlerdir.

Sahadan alınan tüpler Gradko firmasına analiz için tekrar gönderilmiş ve kendilerinde bulunan GC-FID veya GC-MS cihazında analizleri gerçekleştirilmiştir. BTEX bileşenleri için deteksiyon limiti ve ölçüm belirsizliği sırasıyla 5 ng ve ±%9.6 olarak raporlarda verilmiştir.

Tablo 1. Pasif Örnekleme Noktalarına Ait Bilgiler

Nokta No	Nokta Adı	Koordinatlar
1	Kapaklı Kırsal Alan	41° 18.874' K; 27° 59.864' D
2	Kızılçam 1 Sitesi	41° 19.078' K; 27° 58.489' D
5	8. Sokak	41° 18.099' K; 27° 57.670' D
7	13. Sokak	41° 17.164' K; 27° 57.403' D
8	Göztepe Sokak	41° 17.355' K; 27° 57.911' D
10	BŞH Caddesi	41° 16.517' K; 27° 58.239' D
13	Karaağaç	41° 17.557' K; 27° 57.220' D
15	Gaffar Okkan Caddesi	41° 17.726' K; 27° 58.984' D
16	1. Sokak	41° 18.554' K; 27° 58.475' D
17	Fatih Bulvarı	41° 17.684' K; 27° 58.090' D
19	Ulusoy Caddesi	41° 17.978' K; 27° 58.674' D



Şekil 1. BTEX örnekleme noktaları

3. SONUÇLAR

3.1. BTEX konsantrasyon seviyeleri

Çerkezköy OSB içinde ve etki alanında farklı zamanlarda 11 noktada pasif örnekleme sonucunda ölçülen BTEX konsantrasyonlarına ait bilgiler Tablo 2’de verilmiştir. Toluen ve (m,p)-ksilen BTEX bileşikleri arasında en yüksek konsantrasyona sahiptir. Ortalama benzen konsantrasyonları $0.89-2.02 \mu\text{g m}^{-3}$ aralığında, toluen konsantrasyonları $7.94-19.44 \mu\text{g m}^{-3}$ aralığında, etilbenzen konsantrasyonları $0.84-14.70 \mu\text{g m}^{-3}$ aralığında, (m,p)-ksilen $2.44-51.74 \mu\text{g m}^{-3}$ aralığında, o-ksilen konsantrasyonları $0.44-20.23 \mu\text{g m}^{-3}$ aralığında, toplam BTEX konsantrasyonları $13.10-104.71 \mu\text{g m}^{-3}$ aralığında bulunmuştur.

En yüksek toplam BTEX konsantrasyonu “15” numaralı noktada ölçülmüştür. Bu noktadaki değere en büyük katkıyı ksilen parametresini vermektedir. Ksilen renksiz, kolayca alevlenebilen ve zehirli olan bir sıvıdır. Başlıca kaynağı, kömür katranı ve petroldür. Ksilenler uçak yakıtlarının bileşiminde yer alırlar. Boya, elyaf ve kauçuk endüstrisinde kullanılırlar. Bu noktada yüksek ksilen konsantrasyonlarının görülmesi, noktanın yakınında bulunan, lastik ve petrol ürünleri sanayi sektörlerinde faaliyet gösteren tesislerden kaynaklanmaktadır. “1”, “2” ve “13” nolu toplam BTEX konsantrasyonları diğer noktalara göre daha düşük bulunmuştur. Bu noktalar OSB’nin etki alanında ve kırsal olarak nitelendirilebilecek olan noktalardır.

Tablo 2. BTEX konsantrasyon seviyeleri

Nokta Kodu	Benzen (B)	Toluen (T)	Etilbenzen (EB)	(m,p)-Ksilen (m,p)-X	o-Ksilen (o-X)	Toplam BTEX
1	0,89	8,20	1,01	2,56	0,44	13,10
2	1,10	8,65	0,84	2,44	0,44	13,47
5	0,98	18,15	2,59	8,40	1,10	31,23
7	1,11	9,62	1,66	4,05	0,71	17,15
8	1,05	11,70	1,96	6,08	0,97	21,76
10	1,33	14,55	1,30	4,02	1,06	22,26
13	1,53	7,94	1,26	3,58	1,55	15,86
15	1,28	16,76	14,70	51,74	20,23	104,71
16	1,82	12,11	1,53	5,06	2,08	22,59
17	2,02	19,44	2,41	9,05	3,53	36,45
19	0,94	15,67	1,61	5,01	0,57	23,81
Ortalama	1,28	12,98	2,81	9,27	2,97	29,31
Stdev	0,37	4,16	3,98	14,25	5,80	26,01
Min (n=128)	0,06	0,73	0,22	0,40	0,09	1,50
Max (n=128)	5,07	86,39	31,18	106,66	25,44	254,74

Yıllık ortalama benzen konsantrasyonlarına bakıldığında ölçüm sonuçlarının Avrupa Birliği tarafından verilmiş olan $5 \mu\text{g m}^{-3}$ sınır değerinin (AB, 2000) altında olduğu görülmektedir. Tüm ölçüm sonuçlarına dikkate alınarak değerlendirme yapıldığında en düşük benzen konsantrasyonunun “10” numaralı noktada Mayıs 2012 ayında, en yüksek benzen konsantrasyonunun

“17” numaralı noktada Mart 2012 ayında ölçüldüğü görülmüştür. “17” numaralı noktada Mart 2012 ayındaki ölçüm sonucu $5 \mu\text{g m}^{-3}$ sınır değerini aşmaktadır. Bu noktadaki yüksek benzen konsantrasyonu noktanın yakınında bulunan ve kömür kullanan tesislerden kaynaklanmaktadır.

Çalışmada elde edilen sonuçlar ile dünyada yapılmış benzer çalışmalardan elde edilen sonuçlar Tablo 3’te özet olarak verilmiştir. Tablo 3’te verilen ölçüm sonuçları incelendiğinde Çerkezköy OSB dış hava ortamında yapılan BTEX ölçüm sonuçları yapılan diğer çalışmalarda bulunan konsantrasyon seviyelerine benzerlik göstermektedir. Endüstri bölgelerinde yapılan çalışmalara bakıldığında benzen ve toluen konsantrasyonlarının Fiji-Japonya’da yapılan çalışmadan daha düşük, etil benzen ve ksilen konsantrasyonlarının ise daha yüksek, BTEX konsantrasyonlarının Hong Kong’da yapılan çalışmadan daha düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Kentsel ve endüstriyel bölgelerde yapılan ölçüm sonuçlarında farklılıklar görülmektedir. Kentsel alanlarda ölçülen konsantrasyonların endüstriyel alanlarda ölçülen konsantrasyonlardan daha düşük olduğu görülmektedir. Çalışmalar arasındaki konsantrasyon farklılıkları araç yakıt formülasyonları, trafik kompozisyonu, endüstrilerin türü ve sayısı, sabit emisyon kaynakları, meteorolojik koşullar ve örnekleme stratejisi farklılıklarıyla açıklanabilir.

Tablo 3. BTEX konsantrasyonların ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) diğer çalışmalar ile karşılaştırılması

Yer	B	T	EB	(m,p)-X	o-X	Referans
Çerkezköy (endüstri)	1,28	12,98	2,81	9,27	2,97	Bu çalışma
Bursa (kentsel, endüstri, trafik)	2,40	12,54	2,1	5,09	0,84	Civan vd., 2011
Kocaeli (kentsel, endüstri, trafik)	2,26	35,51	9,72	36,87	12,46	Pekey ve Yılmaz, 2011
İzmir (kentsel, endüstri, trafik)	3,31	15,39	3,65	7,5 ^a	5,74 ^b	Elbir vd., 2007
Ankara (yarı-kırsal)	2,18	7,89	0,85	2,21	0,41	Yurdakul vd., 2013
Cezayir (kentsel)	1,94	4,57	1,2	1,07	0,55	Kerchich ve Kerbach, 2012
Fuji (endüstri)	2,06	14,0	1,52	1,83	0,62	Kume vd., 2008
Hong Kong (endüstri)	15,07	139,4	24,68	27,88	13,39	Lee vd., 2002
Helsinki (kentsel-kırsal)	1,4	3,7	0,8	2,43	1,06	Edward vd., 2001

^a p-ksilen

^b (o,m)-ksilen

Benzen yanma prosesi (araç egzoz emisyonları, kömür yanması, biyokütle yangını) ile atmosfere atılırken, toluen bunlara ek olarak yanma sistemlerinden, yakıtların buharlaşmasından, toluen içeren her tür solventin üretimi, kullanımı ve depolanmasından da (sanayi tesisleri, boya uygulaması, petrol istasyonları vb.) kaynaklanabilmektedir (White et al., 2009). Toluene/benzen (T/B) oranı trafik emisyonlarının bölgede etkinliğinin değerlendirilmesinde kullanılan bir

indikatördür. Yakıt türüne bağlı olarak, farklı türdeki motorlu araç yakıtlarının toluen içeriği benzen'e göre 3-4 kat, benzin için ise 5 kat daha yüksektir. Bu nedenle, tüm dünyada şehir atmosferinde ölçülen T/B oranı <5 olduğu durumda, toluen'in ve benzen'in ana kaynağının trafik emisyonları olduğu kabul edilmektedir (Hoque et al., 2008).

(m,p)-ksilen ve o-ksilen bileşikleri ile etilbenzen, atmosfere endüstriyel kaynaklardan, araç egzoz emisyonlarından ve kullanılan solventlerin buharlaşması yoluyla atılmaktadır. Aynı kaynaktan atmosfere atıldıkları fakat atmosferde farklı hızlarda OH oksidasyonuna uğradıkları için (m,p)-ksilen/Etilbenzen ((m,p)-X/EB) oranı atmosferik fotokimyasal reaktivitenin şiddetini ve süresini, kısaca "atmosfer kütlelerinin fotokimyasal yaşını" gösteren bir parametredir (Nelson and Quigley, 1983). Yüksek (m,p)-ksilen/EB oranı genellikle 3.0 olarak rapor edilmiştir. Önceki çalışmalara bakıldığında düşük (m,p)-ksilen/EB oranları (1.0-1.5 arasında) endüstriyel alanlarda, yüksek oranlar (2.5-3.5) trafik alanlarında tespit edilmiştir (Kuntasal vd., 2013; Hsieh et al., 2011).

Bu çalışmada elde edilen T/B ve (m,p)-X/EB oranları Tablo 4'de verilmektedir. T/B oranları 5.19 ile 18.45 arasında değişmektedir. Tüm ölçüm noktalarında T/B oranı 5'den büyüktür. Bu sonuçlar tüm noktaların trafik dışında başka kaynaklardan da etkilendiği göstermektedir. Özellikle OSB içinde bulunan tekstil boya, baskı, apre yapan tesisler ile çeşitli sektörler için kimyasal üretimi yapan tesisler etrafında T/B oranı daha yüksektir ("5", "15" ve "19" nolu ölçüm noktalarında). "13" ve "16" numaralı ölçüm noktalarında T/B oranı diğer noktalara kıyasla daha düşüktür. Bu durum noktaların yakınında bulunan ve kömür kullanan tekstil firmalarının etkisi ile açıklanabilir. Özellikle kış döneminde çoğu noktada T/B oranı 5'in altına düşmektedir. Bu durum kış mevsiminde trafiğin kirliliğe daha fazla etkisinin olduğunu göstermektedir.

Çerkezköy OSB'de ve etki alanında gözlenen ortalama (m,p)-X/EB oranı 3.08, değişim aralığı ise 2.43-3.75'dir. Tüm noktalarda bulunan yüksek oranlar taze emisyonun havaya salındığını ve trafik ve solvent içeren uygulamalardan kaynaklandığını göstermektedir.

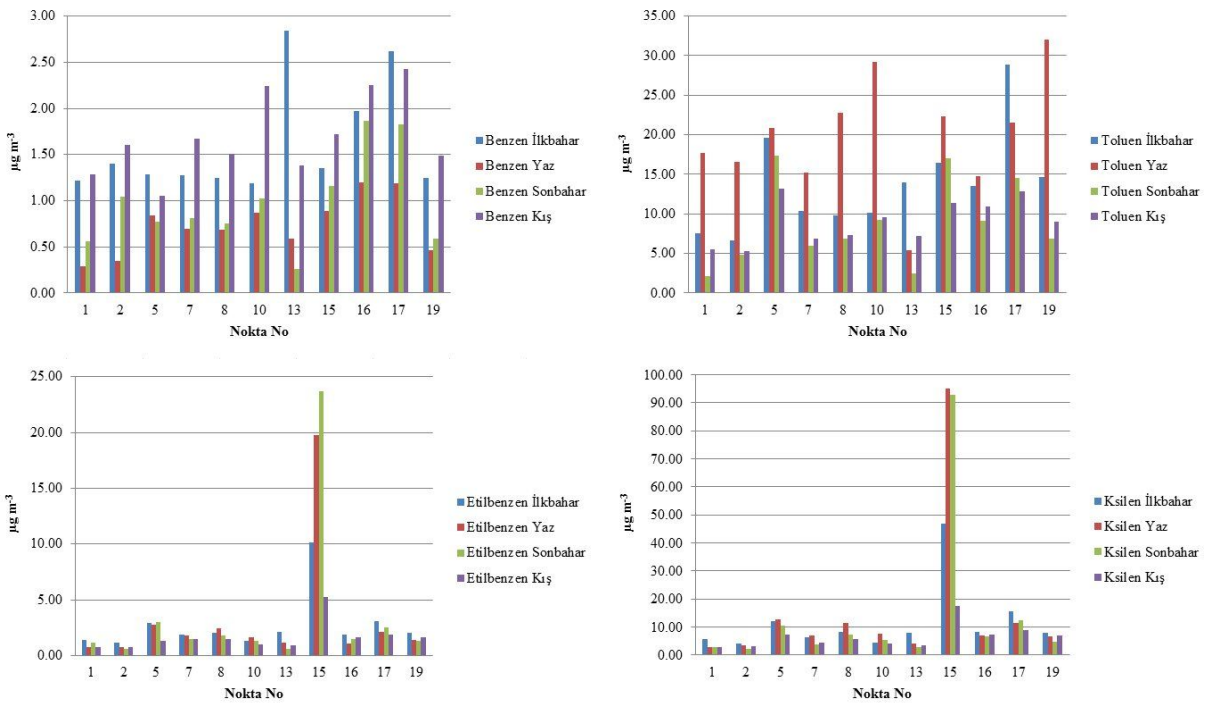
Tablo 4. T/B ve (m,p)-X/EB oranları

Nokta Kodu	Toluen/Benzen (T/B)	(m+p) Ksilen/Etilbenzen ((m+p)/E)
1	9.23	2.54
2	7.85	2.92
5	18.45	3.24
7	8.64	2.43
8	11.17	3.10
10	10.92	3.10
13	5.19	2.85
15	13.09	3.52
16	6.64	3.31
17	9.63	3.75
19	16.58	3.11

3.2. Mevsimsel değişim

BTEX konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi Şekil 2’de gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi, benzen dışında kalan toluen, etil benzen ve ksilen (TEX) konsantrasyonları ilkbahar ve yaz mevsiminde daha yüksektir. Dünyanın farklı şehirlerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde kış mevsiminde daha yüksek BTEX konsantrasyonlarının tespit edildiği rapor edilmiştir (Lee vd., 2002; Hoque vd., 2008; Lakestani ve Güllü, 2015; Jiang vd., 2017). Fakat Miri ve arkadaşlarının (2016) yapmış olduğu çalışmada minimum BTEX konsantrasyonları kış mevsiminde, maksimum konsantrasyonlar ise yaz mevsiminde ölçülmüştür.

BTEX’lerin atmosferdeki mevsimsel düzeyi belirleyen pek çok faktör bulunmaktadır. Sonbahar ve kış mevsiminde sıklıkla gözlenen yağışların atmosferdeki kirleticileri yıkaması, yaz aylarında fotokimyasal parçalanmanın daha etkin gerçekleşmesi ve OH radikallerinin kimyasalları daha hızlı parçalayarak uzaklaştırması nedeniyle, yaz aylarında kışa göre daha düşük UOB kirliliği gözlenmektedir. Kış aylarında gözlenen düşük inversiyon tabakası kirleticilerin daha yüksek konsantrasyonlara ulaşmasında da önemli bir etken oluşturmaktadır.



Şekil 2. Mevsimsel BTEX konsantrasyonları

Bu çalışmada benzen konsantrasyonları kış mevsiminde daha yüksek bulunmuştur. Bu konsantrasyon seviyeleri literatür ile uyumludur. TEX konsantrasyonları ise ilkbahar ve yaz mevsimlerinde daha yüksektir. Yaz aylarında fotokimyasal aktivitelerin daha etkin gerçekleşmesi ve OH radikalleri nedeniyle kimyasalların daha hızlı parçalanarak uzaklaşması kirleticilerin havadaki konsantrasyonlarını azalttığı bilinmektedir fakat çalışma yapılan OSB’de bulunan tekstil, kimya, plastik, lastik sanayi ve petrol ürünleri sanayi sektörlerinde faaliyet

gösteren tesislerin faaliyetlerinden ve solvent kullanımlarından dolayı TEX konsantrasyonları ilkbahar ve yaz mevsiminde daha yüksek bulunmuştur.

4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesinde ve Bölgenin etki alanında hava kirliliğinin zamansal ve mekânsal dağılımı dış hava ortamında BTEX konsantrasyonlarının ölçülmesi ile incelenmiştir. BTEX konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla on bir farklı noktada Mart 2012 – Şubat 2013 döneminde pasif örnekleme metodolojisi kullanılarak periyodik örnekleme gerçekleştirilmiştir. Toplam BTEX konsantrasyonları 13.10-104.71 $\mu\text{g m}^{-3}$ aralığında bulunmuştur. Ortalama BTEX konsantrasyonları literatürde bulunan diğer çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Çalışma sonuçlarına göre, benzen dışında kalan diğer kirleticilerin (TEX) konsantrasyonları yaz mevsiminde daha yüksek ölçülmüştür.

Örnekleme noktalarında elde edilen T/B oranları 5'den büyük, (m,p)-X/EB oranı değişim aralığı 2.43-3.75 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar benzen ve toluen parametrelerinin trafik dışında başka kaynaklara da sahip olduğunu göstermektedir. Kış mevsiminde trafiğin ve fosil yakıtların yanmasının kirliliğe daha fazla katkıda bulunduğu belirlenmiştir. Tüm noktalarda bulunan yüksek (m,p)-X/EB oranları taze emisyonun havaya salındığını ve OSB içinde solvent kullanan tesislerden ve trafikten kaynaklandığını göstermektedir. Tüm sonuçlar irdelendiğinde ölçülen BTEX kaynaklarının fosil yakıtların yanması, solvent içeren uygulamalar ve trafik gibi karışık emisyon kaynakları olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmanın devamı olarak, kirleticilerin uzun süreli ölçümleri ile kanser riski analizlerinin yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Ad-Hoc Working Group on Ozone Directive and Reduction Strategy Development, 1999. Ozone Position Paper, European Communities, sf. 22.
- Avrupa Birliği, 2000. Directive 2000/69/EC of the European Parliament and of the Council relating to limit values for benzene and carbon monoxide in ambient air, sf 12-21.
- Barletta, B., Meinardi, S., Simpson, I.J., Zou, S.C., Rowland, F.S., Blake, D.R., 2008. Ambient mixing ratios of nonmethane hydrocarbons (NMHCs) in two major urban centers of the Pearl River Delta (PRD) region: Guangzhou and Dongguan. *Atmospheric Environment* 42, 4393-4408.
- Bowman, F.M., Pilinis, C., Seinfeld, J.H., 1995. Ozone and aerosol productivity of reactive organics. *Atmospheric Environment* 29, 579-589.
- Buczynska, A.J., Krata, A., Stranger, M., Godoi, A.F.L., Kontozova-Deutsch, V., Bencs, L., Naveau, I., Roekens, E., Van Grieken, R., 2009. Atmospheric BTEX concentrations in an area with intensive street traffic. *Atmospheric Environment* 43, 311-318.

- Buffoni, A., 2002. Ozone and nitrogen dioxide measurements in the framework of the National Integrated Programme for the Control of Forest Ecosystems (CONECOFOR). *Journal of Limnology* 61, 69-76.
- Civan, M.Y., Kuntasal, Ö.O., Tuncel, G., 2011. Source Apportionment of Ambient Volatile Organic Compounds in Bursa, a Heavily Industrialized City in Turkey, *Environmental Forensics* 12, 357-370
- Derwent, R.G., 1995. Sources, distributions, and fates of VOCs in the atmosphere. Volatile Organic Compounds in the Atmosphere. In R.M. Harrison and R.E. Hester (Eds), Volatile Organic Compounds in the Atmosphere, Cambridge: The Royal Society of Chemistry, pp 1-15.
- Dumanoglu, Y., Kara, M., Altioek, H., Odabasi, M., Elbir, T., Bayram, A., 2014. Spatial and seasonal variation and source apportionment of volatile organic compounds (VOCs) in a heavily industrialized region. *Atmospheric Environment* 98, 168-178.
- 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.
- Elbir, T., Çetin, B., Çetin, E., Bayram, A., Odabasi, M., 2007. Characterization of Volatile Organic Compounds (VOCs) and Their Sources in the Air of Izmir, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 133, 149-160.
- Hsieh L.T., Wang Y.F., Yang H.H., Mi H.H., 2011. Measurements and Correlations of MTBE and BETX in Traffic Tunnels. *Aerosol and Air Quality Research* 11, 763– 775.
- Ho, K.F., Lee, S.C., Guo, H., Tsai, W.Y., 2004. Seasonal and diurnal variations of volatile organic compounds (VOCs) in the atmosphere of Hong Kong. *Science of the Total Environment* 322, 155-166.
- Hoque, R.R., Khillare, P.S., Agarwal, T., Shridhar, V., Balachandran, S., 2008. Spatial and temporal variation of BTEX in the urban atmosphere of Delhi, India. *Science of the Total Environment* 392, 30-40.
- International Agency for Research on Cancer (IARC), 1982. Evaluations of carcinogenicity risk to humans. IARC Monographs 29, sf. 93.
- Kerchich, Y., Kerbaeci, R., 2012. Measurement of BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene) levels at urban and semirural areas of Algiers City using passive air samplers. *Journal of Air & Waste Management Association* 62, 1370-1379.

- Koppmann, R., 2007. Volatile Organic Compounds in the Atmosphere, Blackwell Publishing Ltd., UK.
- Krol, S., Zabiegała, B. ve Namiesnik, J., 2010. Monitoring VOCs in atmospheric air II. Sample collection and preparation. *Trends in Analytical Chemistry* 29, 1101-1112.
- 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.
- Kuntasal, Ö.O., Kılavuz, S.A., Karman, D., Wang, D., Tuncel, G., 2013. C5–C12 volatile organic compounds at roadside, residential, and background locations in Ankara, Turkey: Temporal and spatial variations and sources. *Journal of the Air & Waste Management Association* 63, 1148-1162.
- Lee, S.C., Chiu, M.Y., Ho, K.F., Zou, S.C., Wang, X., 2002. Volatile organic compounds (VOCs) in urban atmosphere of Hong Kong. *Chemosphere* 48, 375-382.
- Nelson, P.F., Quigley, S.M., 1983. The m, p-xylene: ethylbenzene ratio, a technique for estimating hydrocarbon age in ambient atmosphere. *Atmospheric Environment* 17, 659–662.
- Noll, K.E., Miller, T.L., Narco, J.E., Raufer, R.K., 1977. An objective air monitoring site selection methodology for large point sources. *Atmospheric Environment* 11, 1051-1059.
- Özden Üzmez, Ö., Gaga, E.O., Döğeroğlu, T., 2013. Atmosferik Uçucu Organik Bileşiklerin Ölçümü İçin Pasif Örnekleyici Geliştirilmesi ve Saha Koşullarında Validasyonu. *Uluslararası Katılımlı V. Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu (HKK2013)*, 18-20 Eylül 2013, Eskişehir, Türkiye.
- 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.
- Pekey, B., Özaslan, Ü., 2013. Spatial Distribution of SO₂, NO₂, and O₃ Concentrations in an Industrial City of Turkey Using a Passive Sampling Method. *CLEAN – Soil, Air, Water* 41, 423-428.
- Roberts, J.M., Fehsenfeld, F.C., Liu, S.C., Bollinger, M.J., Hahn, C., Albritton, D.L., 1984. Measurements of aromatic hydrocarbon ratios and NO_x concentrations in the rural troposphere: observation of air mass photochemical aging and NO_x removal. *Atmospheric Environment* 18, 2421-2432.



VII. ULUSAL HAVA KİRLİLİĞİ VE KONTROLÜ SEMPOZYUMU
Hava Kirlenmesi Araştırmaları ve Denetimi Türk Milli Komitesi
Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
1-3 Kasım 2017-Antalya



- Skov, H., Hansen, A.B., Lorenzen, G., Andersen, H.V., Lffstrfm, P., Christensen, C.S., 2001. Benzene exposure and the effect of traffic pollution in Copenhagen, Denmark. *Atmospheric Environment* 35, 2463-2471.
- Song, Y., Shao, M., Liu, Y., Lu, S.H., Kuster, W., Goldan, P., 2007. Source apportionment of ambient volatile organic compounds in Beijing. *Environmental Science and Technology* 41 (12), 4348-4353.
- White M. L., Russo R. S., Zhou Y., Ambrose J. L., Haase K., Frinak E. K., Varner R. K., Wingenter O. W., Mao H., Talbot R., Sive B. C., 2009. Are biogenic emissions a significant source of summertime atmospheric toluene in the rural Northeastern United States. *Atmospheric Chemistry and Physics* 9, 81–92.
- Yurdakul, S., Civan, M., Tuncel G., 2013. Volatile organic compounds in suburban Ankara atmosphere, Turkey: Sources and variability. *Atmospheric Research* 120-121, 298-311.
- Zhang, J., Wang, T., Chameides, W., Cardelino, C., Blake, D., Streets, D., 2008. Source characteristics of volatile organic compounds during high ozone episodes in Hong Kong, Southern China. *Atmospheric Chemistry and Physics* 8, 4983-4996.