

## ÇOKLU DOĞRUSAL ANALİZ YÖNTEMİYLE UÇUCU ORGANİK BİLEŞİKLERİN ATMOSFERDEKİ KONSANTRASYONLARINA ETKİ EDEN METEOROLOJİK FAKTÖRLERİN İNCELENMESİ

Sema YURDAKUL<sup>1(\*)</sup>, Mihriban CİVAN<sup>2</sup>, Gürdal TUNCEL<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Merkez/Isparta

<sup>2</sup>Kocaeli Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmit/Kocaeli

<sup>3</sup>Çevre Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çankaya/Ankara

### ÖZET

Bu çalışmada hem Bursa atmosferinde ölçülen 74 adet Uçucu Organik Bileşiğin (UOB) hemde Metan Olmayan Toplam Uçucu Organik Bileşik (NMTVOC) konsantrasyonunun değişik meteorolojik değişkenlerle (ışınım şiddeti, sıcaklık, rüzgar yönü, rüzgar hızı, karışım yüksekliği ve ventilasyon sabiti) değişimi Çoklu Doğrusal Analiz Yöntemiyle (MLR) incelenmiştir. Bu çalışma için Bursa atmosferinden saatlik olarak toplanmış 1607 adet örnek kullanılmıştır. Yöntemin sonuçlarına göre ışınım şiddetinin NMTVOC konsantrasyonları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığı ( $p > .05$ ) görülmüştür. Karışım yüksekliği, rüzgar hızı ve rüzgar yönünün ise NMTVOC konsantrasyonlarını azalttığı ( $p < .05$ ) buna karşın sıcaklığın ve ventilasyon sabitinin ise konsantrasyonları arttırdığı ( $p < .05$ ) görülmüştür. Ölçülen UOBler kaynaklarına göre gruplandırıldığında ise meteorolojik parametrelerin ölçülen UOB konsantrasyonları üzerindeki etkisinin farklılık gösterdiği görülmektedir. Trafik kaynaklı kirleticilerin (örneğin benzen, 1,3-butadien, asetilen, etilen) konsantrasyonları çoğunlukla sıcaklık, karışım yüksekliği, rüzgar hızı ve rüzgar yönüyle azalırken ( $p < .05$ ), ışınım şiddeti ile artış göstermişlerdir ( $p < .05$ ). Buna karşın solvent kaynaklı kirleticiler (örneğin n-hegzan, stiren, toluen ve m,p-klorotoluen) ise çoğunlukla sıcaklıktan pozitif yönde ( $p < .05$ ) etkilenmişlerdir.

### ANAHTAR SÖZCÜKLER

UOBler, Meteoroloji, Çoklu Doğrusal Analiz, Solvent Emisyonları, Trafik Emisyonları

### ABSTRACT

In this study, the variation of both 74 Volatile Organic Compounds (VOCs) and the non-methane Total Volatile Organic Compound (NMTVOCs) measured in Bursa atmosphere were examined with Multiple Linear Analysis method (MLR) under different meteorological variables (solar radiation, temperature, wind direction, wind speed, mixing height and ventilation coefficient). For this study 1607 samples hourly collected in Bursa atmosphere were used. According to the method, there is not any statistical significant ( $p > .05$ ) relation between solar intensity and NMTVOC concentrations. It was observed that mixing height, wind speed and wind direction were decreased the NMTVOC concentrations ( $p < .05$ ) while the temperature and the ventilation constant ( $p < .05$ ) were increased the concentrations. When

\* semayurdakul@sdu.edu.tr

measured VOCs have been grouped according to their sources, the effect of meteorological parameters show a variation.

The concentrations of traffic originated pollutants (e.g. benzene, 1,3-butadiene, acetylene, ethylene) usually decreased with temperature, the mixing height, wind speed and wind direction ( $p < .05$ ) on the other hand increased with the solar intensity ( $p < .05$ ). However, solvent originated compounds (e.g. n-hexane, styrene, toluene, and m, p-chlorotoluene) were mostly positively ( $p < .05$ ) affected from temperature.

## KEYWORDS

VOCs, Meteorology, Multiple Linear Regression, Solvent Emissions, Traffic Emissions

## 1. GİRİŞ

Uçucu Organik Bileşikler (UOBs) troposfer kimyasının en önemli bileşenlerinden biridir. Atmosferdeki OH radikallerinin konsantrasyonlarını kontrol etmenin yanısıra, troposferde gerçekleşen çoğu reaksiyonu da kontrol ederler (Jacob, 1991; Field et al, 1992).

UOBlerin atmosferde azot dioksitler ile reaksiyona girmesi sonucu yan ürün olarak ozon, peroksiasil nitratlar, karbon monoksit ve ikincil aerosoller oluşur. Yakacak odun kullanımı ve çayırılık alanlardaki yangınlardan sonra trafik, gazolin, atık bertarafı ve kauçuk üretimi atmosferdeki UOBlerin en büyük kaynağıdır (Reynolds, 1993).

Literatürde UOBlerin atmosferdeki konsantrasyonlarını belirlemeye yönelik, farklı şehirlerde gerçekleştirilmiş birçok çalışma mevcuttur (Guo et al., 2007; Hoque et al., 2008; Parra et al., 2009). Bu çalışmalara göre, araç egzosu, gazolin kaynaklı buharlaşma, evsel ısınma, biyokütle yanması, endüstriyel emisyonlar, solvent kullanımı, kuru temizleme ve asfaltlama işleri kent atmosferlerindeki UOBlerin ana kaynaklarını oluşturmaktadır.

Literatürdeki mevcut çalışmalara göre bazı UOBlere maruziyetin insanlar ve hayvanlar üzerinde kanserojen ve kanserojen olmayan etkileri bulunmaktadır (Smith et al., 2011; Yang et al., 2012). Örneğin, benzen yetişkinlerde myeloid lösemiye neden olmaktadır. Ayrıca benzenin çocukluk dönemi lösemi ve kronik lymphocytic lösemi gibi çeşitli kronik hastalıklarla da bağlantılı olduğu bulunmuştur. Hatta, çok düşük benzen konsantrasyonuna maruziyetin bile lösemi riskini arttırdığı görülmüştür (Vincenti et al., 2012). UOBlerin ayrıca solunum, sindirim ve merkezi sinir sistemi üzerinde de etkileri bulunmaktadır (Ayers et al., 2002).

Atmosferdeki UOBlerin konsantrasyonları zamansal ve mekansal dağılım göstermektedir. Meteoroloji ve kimyasal rekasiyonlar atmosferdeki UOBlerin konsantrasyonları üzerinde etkili olmaktadır. Atmosferdeki kimyasal ya da fotokimyasal reaksiyonlar ortam havasının sıcaklık, rüzgar hızı yada atmosferin kararlılığı gibi meteorolojik şartlarına bağlıdır ve bütün bu atmosferik özelliklerin atmosferdeki kirleticilerin dağılımları ve seyrelmeleri üzerinde etkili oldukları bilinmektedir. Ayrıca, atmosferdeki kimyasal rekasiyon hızları çok hızlıdan çok yavaşa doğru değişim göstermektedir. Hızlı reaksiyonlar lokal emisyonlar üzerinde direkt etkilidir ve atmosferin karışımından oldukça fazla etkilenirler. Buna karşın, yavaş reaksiyonlar yerel karışımlara daha az hassastır ve bölgesel veya global olarak daha

etkilidirler. Sonuç olarak, kirleticiler atmosferde kaldığı sürece dağılır, seyrelir ve kimyasal ya da fotokimyasal reaksiyonlara maruz kalırlar (Mayer, 1999). Bu nedenle atmosferde bir kirleticinin emisyonu ile konsantrasyonu arasındaki ilişkinin kurulması bir hayli güçtür (Fenger, 1999).

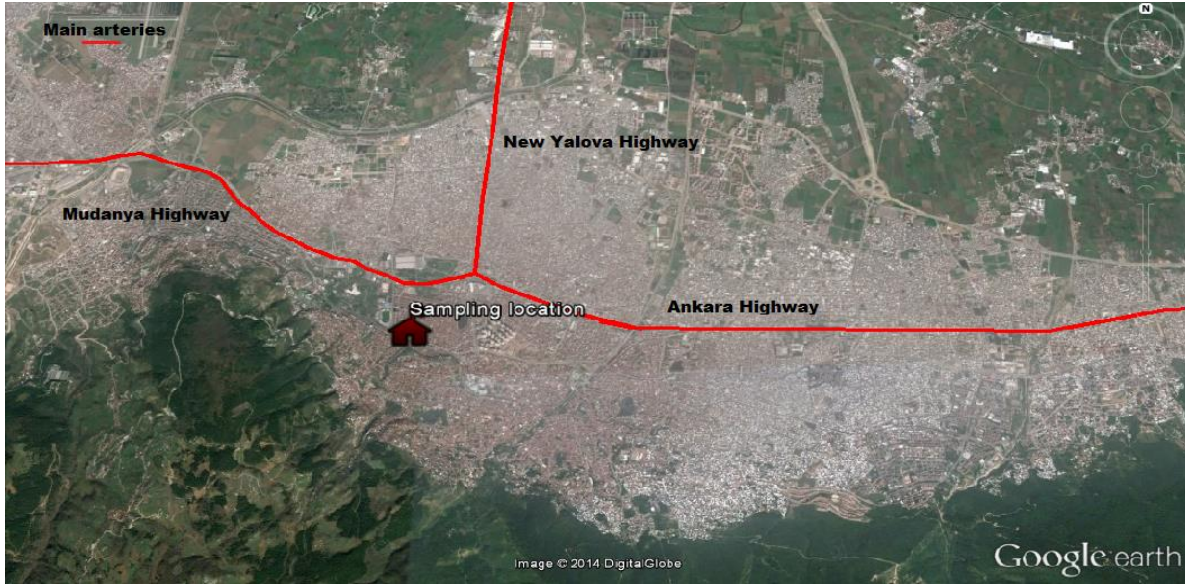
Bu çalışmada Bursa atmosferinde saatlik olarak ölçülen UOB konsantrasyonlarının meteorolojik parametrelerden (ışınım şiddeti, sıcaklık, rüzgar yönü, rüzgar hızı, karışım yüksekliği ve ventilasyon sabiti) ne şekilde etkilendiği incelenmiş ve ölçülen UOB konsantrasyonlarının bu meteorolojik parametrelerle olan değişimi Çoklu Doğrusal Analiz Yöntemiyle (MLR) incelenmiştir.

## 2.MATERYAL VE METOD

Gerçekleştirilen bu çalışmada Bursa Hıfzısıha Enstitüsüne yerleştirilen on-line Gaz Kromatografi GK-FID sistemiyle Bursa atmosferindeki karbon sayıları 2 ile 12 arasında değişen 112 tane UOB'in konsantrasyonu saatlik olarak ölçülmüştür. Örneklemeye noktasının yeri Şekil 1'de verilmiştir. Çalışma 2 ayrı örneklemeye kampanyası halinde gerçekleştirilmiştir. Birinci örneklemeye kampanyası (Sonbahar kampanyası) Eylül 14 ve Ekim 28, 2005 tarihleri arasında, ikinci örneklemeye kampanyası (İlkbahar kampanyası) ise Mart 17 ve Mayıs 12, 2006 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda 1607 adet kromatogram elde edilmiştir.

Toplanan hava örnekleri Gaz Kromatografi (Agilent 6890 Model) ve Unity Isısal Desorpsiyon cihazında analiz edilmiştir. Her bir örnek için 450 ml dış ortam havası 45 dakika boyunca 10 ml/min flowla soğuk bir kapanın (Ozone precursor) üzerinde -15 °C toplanmış ve örneklemeye işleminin tamamlanmasından sonra soğuk kapan kısa bir süre içerisinde 300 °C'ye çıkarılarak toplanan kirleticilerin Gaz Kromatografi cihazına gitmesi sağlanmıştır. Çalışmada kullanılan GK/FID sisteminin 2 kolonu ve 2 dedektörü bulunmaktadır. Hidrokarbonların belirlenmesi için uygun olan kapilary kolon DB-1 (% 100 Dimetilpolisiloxane, Çalışma aralığı; 60 - 325 °C, Boyutları; 60m x 0.25 mm x 1µm film kalınlığı ) ve hafif hidrokarbonların belirlenmesi için uygun olan alumina plot kolon HP-AI/S (HP-PLOT/AI<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Sodyum sülfat-deaktive edilmiş, Çalışma aralığı; -60 - 200 °C, Boyutları; 50m x 0.32 mm x 8µm film kalınlığı) kullanılmıştır. Bu sayede aynı örnek içerisindeki hafif ve ağır olan hidrokarbonlar tek bir sistemle belirlenmiştir. Çalışmada GK cihazının fırın programı başlangıçta 40 °C'de 5 dakika bekleme ve 5 °C/dakika artış ile 195 °C fırın son sıcaklığında 10 dakika bekleme olarak seçilmiştir.

Kullanılan sistemin kalibrasyonunda Kanada Çevre-Hava Kalitesi ve Analizi Bölümünden temin edilen, 148 adet UOB (C2-C12) içeren bir gaz karışımı kullanılmıştır. Bu gaz karışımı konsantrasyonu 2 ile 20 ppb arasında değişen aromatik ve halojenli hidrokarbonları içermektedir. Her bir bileşik için kalibrasyon gazının kullanıldığı altı noktalı (100ml, 200ml, 300ml, 400ml, 500ml, 600ml ve 700 ml) eğrileri hazırlanmıştır. Her bir örneklemeye döneminden önce kalibrasyonlar yenilenmiş ve örneklemeye dönemi süresince de kalibrasyon eğrisindeki orta noktanın (300 ml) kullanıldığı injeksiyonlarla da kalibrasyonlardaki sapmalar kontrol edilmiştir.



Şekil 1. Örnekleme noktası

Çalışmadaki tespit limitleri  $0,021 \mu\text{g m}^{-3}$  (n-propilbenzen) ile  $0,29 \mu\text{g m}^{-3}$  (dodekan) arasında değişmiştir. Örnekleme sisteminin hassasiyetini belirlemek amacıyla kalibrasyon eğrisindeki en düşük nokta (100 ml) kullanılmış ve her bir bileşiğin relatif standart sapması %15'ten düşük bulunmuştur.

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

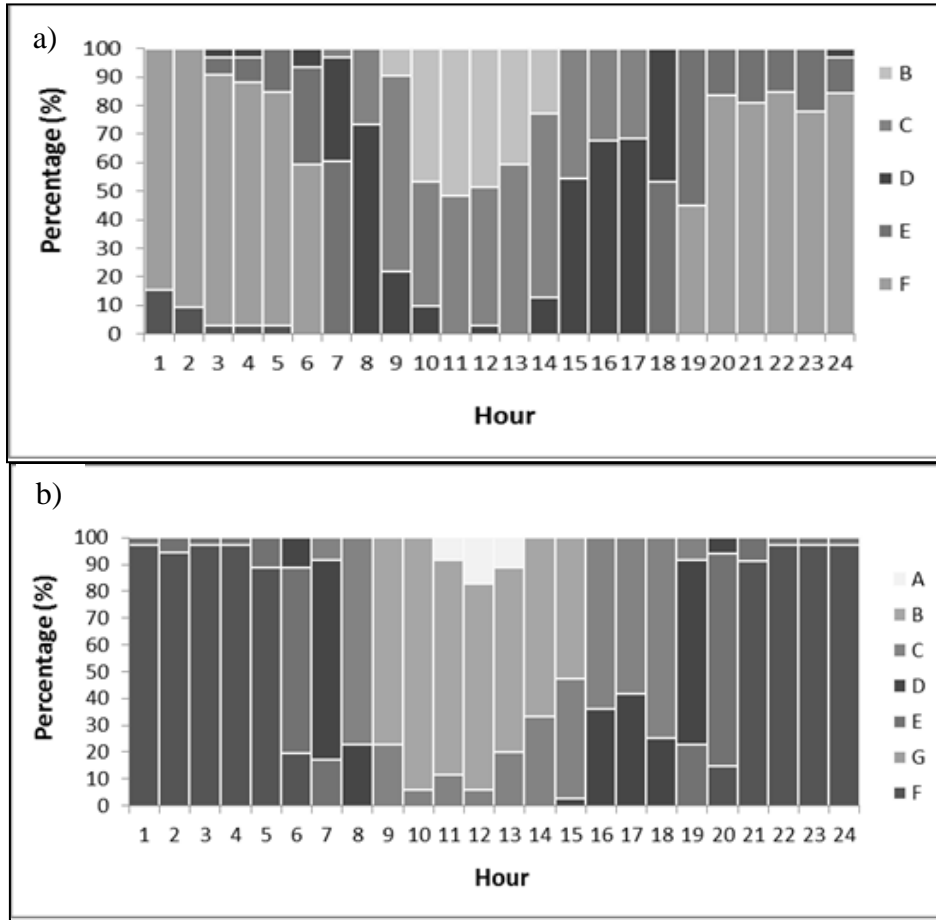
#### 3.1. Örnekleme dönemindeki meteorolojik koşullar

Bu çalışmada örnekleme dönemini kapsayan ve Devlet Meteoroloji İşlerinin Bursa Yunuseli istasyonuna ait olan saatlik veriler kullanılmıştır. Bursada ortalama en düşük sıcaklık şubat ayında  $1.7^{\circ}\text{C}$  ve ortalama en yüksek sıcaklık ise haziran ayında  $30.6^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir. Şehir merkezindeki ortalama yıllık sıcaklık ise  $14.4^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir (DMİ, 2010). Bursada ortalama sıcaklığın sıfırın altına düştüğü ay ise bulunmamaktadır. Şehirdeki dominant rüzgar yönü Kuzey Doğudur (KD) (49.3%). Yerel topoğrafyanın şehirdeki rüzgar karakterleri üzerinde güçlü etkisi bulunmaktadır (Öztürk, 2010).

Birinci ve ikinci örnekleme döneminde ortalama rüzgar hızı sırasıyla 1.3 and 1.8 m/s olarak kaydedilmiştir. Kısacası her iki örnekleme döneminde ortalama rüzgar hızı 3 m/s den düşük yavaş esen rüzgarların dominant olduğu görülmüştür (Caliskan et al., 2013). Örnekleme dönemlerinde yağış oldukça düşük gerçekleşmiştir. Toplam yağış sonbahar döneminde 65 mm ve ilkbahar döneminde 25 mmdir. Ayrıca yağış ve ölçülen kirletici konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki ( $p>0.5$ ) bulunmamıştır. Bu yüzden çalışmada yağışın ölçülmüş kirletici konsantrasyonları üzerindeki etkisi incelenmemiştir. En yüksek sıcaklık nisan ayında ( $30^{\circ}\text{C}$ ) kaydedilmesine rağmen eylül ayında çoğu gündüz sıcaklıkları nisan ayından daha yüksek olarak ölçülmüştür. En düşük sıcaklık ise mart ayında ( $-0.9^{\circ}\text{C}$ ) kaydedilmiştir. Birinci örnekleme kampanyasında Doğu-Kuzeydoğu (DKD) dominant rüzgar yönüdür. DKD'den sonar en yüksek frekansa sahip rüzgar yönlerinin ise Batı-Güneybatı (BGB) ve Doğu-Güneydoğu (DGD) olduğu görülmüştür. İkinci örnekleme kampanyasında ise BGB yönü dominant olmuştur. Bununla birlikte her iki örnekleme döneminde kuzey yönlü



rüzgarlar sıklıkla gözlenmişlerdir. Çalışmada PCRAMMET programı ile örnekleme dönemindeki atmosferin dispersiyon kalitesinin gün içerisindeki dağılımı incelenmiştir (Şekil 2). Bu program yedi tane dispersiyon sınıfını tanımlamaktadır. A'dan G'ye kadar olan bu sınıflarda "A" en kararsız yani en iyi dispersiyonu ifade ederken "F" en stabil atmosferik koşulu ifade etmektedir. "G" ise yüzeyde gerçekleşen inverziyonu tanımlamada kullanılmaktadır. Buna göre her iki örnekleme döneminde de gün içerisinde dispersiyonun geceye kıyaslan daha iyi olduğu görülmektedir. Yinede her iki örnekleme döneminde stabil koşulların uzunluğu dikkat çekicidir. Şekil ikiden de görüldüğü üzere sadece öğle vakitlerinde ve oldukça kısıtlı sürelerde atmosferin asimilasyon kapasitesi en iyi seviyesine ulaşmaktadır.



Şekil 2. Bursa atmosferinin dispersiyon kalitesinin gün içerisindeki dağılımı a) Birinci b) İkinci örnekleme dönemi

### 3.2. Meteorolojik koşulların UOBler üzerindeki etkileri

Birinci örnekleme döneminde ölçülen UOBlerin çoğu (%70) sıcaklıkla ters orantılı ( $p < 0.05$ ) olarak bulunmuştur. Ancak 3-metilhegzan, 2,2,3-trimetilbutan+2,3-dimetilpentan, m,p-klorotoluen, 1,2,4-triklorobenzen, 1,2-dietilbenzen, undekan ve n-dekan konsantrasyonları sıcaklıkla pozitif korelasyon göstermiştir. Diğer taraftan n-hegzan, metilsiklopentan+2,4-dimetilpentan, siklohegzan+ siklohegzan, toluen, 1-okten, oktan, 2,2,5-tri-m-hegzan, klorobenzen, etilbenzen, m,p-xilen, 1-nonen, o-xilen, n-nonan, 4-etiltoluen, 1,4-dietilbenzen, 1,2,3,5-tetra-metil-benzen, 1,2,4,5-tetra-metil-benzen gibi kimi kirleticiler ile sıcaklık arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. İkinci örnekleme döneminde de

ölçülen UOBlerin çoğu (63%) sıcaklıkla ters orantılı ( $p < 0.05$ ) olarak değişim göstermiştir. Ancak 3-metilhegzan, 2,2,3-trimetillbutan+2,3,-dimetilpentan, n-butilbenzen, 1,2-dietilbenzen, undekan ve n-dekan sıcaklıkla pozitif olarak değişmiştir. n-hegzan,metilsiklopentan+2,4-dimetilpentan, siklohegzan+ siklohegzan, toluen, 1-okten, oktan, 2,2,5-tri-m-hegzan, klorobenzen, etilbenzen, m,p-xilen, 1-nonen, o-xilen, n-nonan, 4-etiltoluen, 1,4-dietilbenzen, 1,2,3,5-tetra-metil-benzen, 1,2,4,5-tetra-metil-benzenden oluşan diğer grup sıcaklıkla istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermemektedir. Her iki çalışmada da “benzenin” de içinde olduğu sıcaklıkla ters orantılı değişim gösteren kirletici grubunu trafik kökenli kirleticiler oluşturmaktadır. Trafik emisyonları yaz kış çok fazla değişmediğinden, yazın şehirdeki ventilasyonun artışı trafik kökenli kirleticilerin konsantrasyonlarında düşüşe neden olmaktadır. Ancak trafik kaynaklı olmayan kirleticiler ise sıcak yaz aylarında buharlaşmanın artışıyla atmosferde daha yüksek konsantrasyonlara ulaşmaktadırlar (Cetin et al., 2003). Bu sebeple sıcaklıkla doğru orantılı olarak değişen veya sıcaklıkla anlamlı bir değişim göstermeyen UOBlerin bu grupta olduğu düşünülmektedir. Çalışmada rüzgar hızı ile bir kaç istisna dışında neredeyse ölçülmüş tüm UOB konsantrasyonları ters orantılı olarak değişim göstermiştir. Artan rüzgar hızı şehrin daha iyi havalanmasını sağladığı için daha düşük kirletici konsantrasyonları kaydedilmiştir (Filella ve Penuelas, 2006). İstisna olan klorobenzen, m,p-diklorotoluen, 1-okten, n-dekan ve 2,2,5-tri-m-hegzan her iki örnekleme döneminde rüzgar hızı ile istatistiksel olarak her hangi bir değişim göstermemiştir. Diğer yandan 1,2-di-etilbenzen ve undekan ise rüzgar hızıyla pozitif yönde değişim göstermiştir.

Ölçülen UOBler neredeyse tamamı birkaç istisna dışında karışım yükseliği ile de ters orantılı olarak ( $p < 0.05$ ) değişim göstermiştir. Bu trende uymayanlar ise ilk kampanya döneminde m,p-klorotoluen ve 1,2,4-triklorobenzen ikinci kampanya döneminde ise 1,2-dietilbenzen, undekan ve n-dekan'dır. Dikkat edilmesi gereken husus; karışım yükseliği ile korelasyon göstermeyen bu kirleticilerin sıcaklık ile pozitif yönde yüksek korelasyona sahip olmasıdır.

Ventilasyon sabitinin yüksek olması, efektif bir ventilasyonun ve dispersiyonun olduğunu işaret etmektedir (Rao et al., 2003). Çalışmada ölçülen kirletici konsantrasyonların çoğu (95%) ventilasyon sabitiyle ters orantılı ( $p < 0.05$ ) bir değişim göstermiştir. Sadece bazı VOCler ; n-hegzan, toluen, m,p-klorotoluen, klorobenzen, m,p-xilen, 1-undekan ve 1,2,4-triklorobenzen ventilasyon sabitiyle anlamlı bir korelasyon göstermemiştir. Aynı zamanda bu yedi kirleticinin çoğu sıcaklık, karışım yüksekliği ve rüzgar hızı ile de pozitif korelasyon göstermiş yada istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki göstermemiştir. Meteorolojinin etkisinin bu kirleticiler üzerinde görülmemesinin muhtemel sebebi bu kirleticilerin solvent olarak örnekleme noktasına yakın yerlerde kullanılmış olmasıdır.

### 3.3 Çoklu doğrusal analiz yöntemi (MLR)

MLR bağımlı bir değişkenin çeşitli bağımsız değişkenlerle olan değişimini açıklamada sıklıkla kullanılan istatistiksel bir metodolojidir.

Atmosferdeki kimyasal ya da fotokimyasal reaksiyonlar ortam havasının sıcaklık, rüzgar hızı yada atmosferin kararlılığı gibi meteorolojik şartlarına bağlıdır ve bütün bu atmosferik özelliklerin atmosferdeki kirleticilerin dağılımları ve seyrelmeleri üzerinde etkili oldukları bilinmektedir. Bu çalışmada da ölçülen UOB konsantrasyonlarının meteorolojik parametrelerle olan değişimi MLR ile ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Çalışmada stepwise MLR prosedürü ile sıcaklık, rüzgar hızı, rüzgar yönü, ışınım şiddeti, karışım yüksekliği ve

ventilasyon sabiti bağımsız meteorolojik değişkenler olarak kullanılmış ve çalışmayla meteorolojik parametrelerin UOB konsantrasyonları üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Çalışmada hem NMTVOC konsantrasyonu hemde tekil UOB konsantrasyonları için MLR analizi gerçekleştirilmiştir. Seçili UOBlerin meteorolojik parametrelerle olan doğrusal analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Seçili UOBlerin meteorolojik parametrelerle olan doğrusal analiz sonuçları

	Sabit	Işınım şiddeti (cal/cm <sup>2</sup> .s)	Sıcaklık (°C)	Karışım yüksekliği (m)	Rüzgar yönü	Rüzgar hızı (m/s)	Ventilasyon sabiti (m <sup>2</sup> /s)	R	R Square
NMTVOC	247,0		1,851	-0,080	-2,483	-37,178	0,008	0,396	0,157
Asetilen	12,00	0,041	-0,152	-0,004	-0,108	-1,578		0,495	0,245
1,3-Butadien	1,37		-0,007	-0,001	-0,014	-0,180		0,479	0,229
Benzen	10,08	0,037	-0,126	-0,004	-0,71	-1,448		0,530	0,281
Etilen	35,57	0,137	-0,577	-0,011	-0,320	-4,043	0,001	0,551	0,333
n-hegzan	0,548	-0,011	0,212	-0,011		-0,569		0,527	0,278
Toluen	34,00		1,589	-0,024	-1,034	-7,342		0,319	0,102
m,p-kloro toluen	3,324	-0,011	0,052	-0,001		-0,321		0,280	0,132

MLR metoduna göre ışınım şiddetinin NMTVOC konsantrasyonları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin bulunmadığı ( $p>.05$ ) görülmüştür. Karışım yüksekliği, rüzgar hızı ve rüzgar yönünün ise NMTVOC konsantrasyonlarını azalttığı ( $p<.05$ ) buna karşın sıcaklığın ve ventilasyon sabitinin ise konsantrasyonları arttırdığı ( $p<.05$ ) görülmüştür. Ölçülen UOBler kaynaklarına göre gruplandırıldığında ise meteorolojik parametrelerin ölçülen UOB konsantrasyonları üzerindeki etkisinin farklılık gösterdiği görülmektedir. Trafik kaynaklı kirleticilerin (örneğin benzen, 1,3-butadien, asetilen, etilen) konsantrasyonları çoğunlukla sıcaklık, karışım yüksekliği, rüzgar hızı ve rüzgar yönüyle azalırken ( $p<.05$ ), ışınım şiddeti ile artış göstermişlerdir ( $p<.05$ ). Buna karşın solvent kaynaklı kirleticiler (örneğin n-hegzan, stiren, toluen ve m,p-klorotoluen) ise çoğunlukla sıcaklıktan pozitif yönde ( $p<.05$ ) etkilenmişlerdir.

#### 4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

- Ölçülen UOBler ile meteorolojik parametreler arasında düşük korelasyonlar elde edilmiştir.
- Ölçülen UOBler kaynaklarına bağlı olarak meteorolojik parametrelerden farklı şekillerde etkilenmişlerdir.
- NMTVOC konsantrasyonları karışım yüksekliği, rüzgar hızı ve rüzgar yönüyle negatif, sıcaklık ve ventilasyon sabiti ile pozitif korele bulunmuştur.
- Trafik kökenli kirleticiler çoğunlukla sıcaklık ile negatif yönde etkilenirken solvent kökenli kirleticiler pozitif yönde etkilenmişlerdir.
- Meteorolojinin etkisinin kimi kirleticiler üzerinde görülmemesi bu kirleticilerin solvent olarak ve örnekleme noktasına yakın yerlerde kullanılmış olduğunu düşündürmektedir.

## KAYNAKLAR

- Ayers, J.T., 2002. Approaches to a Total (or Grouped) VOC Guideline, Final Report, Pub.No: T/692, Edmonton, Alberta.
- Cetin, E., Odabasi, M., Seyfioglu, R., 2003. Ambient volatile organic compound (VOC) concentrations around a petrochemical complex and a petroleum refinery, *Science of the Total Environment* 312, 1-3, 103-112.
- Fenger, O. 1999., Urban air quality, *Atmospheric Environment* 33, 4877-4900.
- Field, R. A., Goldstone, M. E. Lester, J. N., Perry, R., 1992. The sources and behavior of tropospheric anthropogenic volatile hydrocarbons. *Atmospheric Environment* 26A, 2983-2996.
- Filella, I., Penuels, J. 2006. Daily, weekly and seasonal time course of VOC concentrations in a semi-urban area near Barcelona. *Atmospheric Environment* 40, 7752-7769.
- Guo, H., So, K.L., Simpson, I.J., Barletta, B., Meinardi, S., Blake, D.R., 2007. C1-C8 volatile organic compounds in the atmosphere of Hong Kong: Overview of atmospheric processing and source apportionment. *Atmospheric Environment* 41, 1456-1472.
- 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 (1) 30-40.
- Jacob, D. J., 1991. Tropospheric chemistry: 4 years of U.S. Research, 1987-1990. *Rev. Geophys., Supplement* 2-11.
- Mayer, H., 1999. Air pollution in cities. *Atmospheric Environment* 33, 4029-4037.
- Öztürk, M.Z., 2010. Comparative climate of Uludağ (Zirve) and Bursa Meteorology Stations. *Turkish Geography Magazine* 55, 13-24.
- Parra, M.A., Elustondo, D., Bermejo, R., Santamaria, 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 the Total Environment* 407, 999-1009.
- Rao, S.T., Ku, J.Y., Berman, S., Zhang, K., Mao, H., 2003. Summertime Characteristics of the Atmospheric Boundary Layer and Relationships to Ozone Levels over the Eastern United States. *Pure and Applied Geophysics* 160, 21-55.
- Reynolds, H., 1993. Tropospheric chemistry: A review. Atmospheric Environment Service, Environment Canada, 1-28.
- Smith, M.T., Zhang, L., McHale, C.M., Skibola, C.F., Rappaport, S.M., 2011. Benzene, the Exposome and Future Investigations of Leukemia Etiology, *Chemico-Biological Interactions* 192, 155-159.



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

Vinceti, M., Rothman, K.J., Crespi, C.M., Sterni, A. et al., 2012. Leukemia risk in children exposed to benzene and PM10 from vehicular traffic: a case-control study in an Italian population *European Journal of Epidemiology* 27, 781-790.

Yang, W.B., Chen, W.H., Yuan, C.S., Yang, J.C., Zhao, Q.L. 2012, Comparative assessments of VOC emission rates and associated health risks from wastewater treatment processes. *Journal of Environmental Monitoring* 14, 9, 2464-2474.