

# DÜZCE İLİNDE BAZI İNORGANİK VE UÇUCU ORGANİK BİLEŞİK KONSANTRASYONLARININ MEVSİMSEL VE ALANSAL DAĞILIMLARININ BELİRLENMESİ

Zehra BOZKURT, Güلزade KÜÇÜKAÇIL, Narin  
POLAT, Özlem ÖZDEN ÜZMEZ, Tuncay  
DÖĞEROĞLU, Eftade O. GAGA

# Çalışmanın amacı

- Çalışmada, pasif örnekleme yöntemi kullanılarak endüstriyel, evsel ve taşıt kaynaklı yaygın kirleticilerden **SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ve BTEX**'lerin **Düzce** ilindeki konsantrasyonlarının belirlenmesi, **mevsimsel ve noktasal dağılımlarının** incelenmesi amaçlanmıştır.

# Giriş

- Toluen, etilbenzen, Ksilenler, penten, siklopentan, sikloheksan, metilpentan, oktan, nonan, dekan, etil toluen trafik kaynaklı kirleticilerdir.
- Özellikle BTEX olarak adlandırılan Benzen, toluen, etilbenzen ve ksilenler trafik kaynaklı hava kirliliğinin belirlenmesinde sıkça kullanılır.

- Toluen benzen oranı trafik emisyonları ve trafikten kaynaklanmayan emisyonlar için bir belirteç olarak kullanılabilir.
- Benzin ve motorlu taşıt egzozlarının toluen içeriği benzen içeriğinden 3-4 kat daha fazladır.
- Dünya çapında pek çok kentsel alanda yaklaşık 2-3 arasında belirlenen T/B oranı araç emisyonlarını gösteren bir karakteristiktir.

- OH radikaline karşı m,p-ksilen ve etilbenzen farklı reaktivitelere sahip olduğundan, m,p-ksilen, etilbenzen oranı (X / E oranı) VOC' lerin atmosferde bulunma süreleri için bir gösterge olarak kullanılabilir.
- m,p-ksilen, etilbenzenden daha reaktif olduğu için VOC'lerin atmosferde bulunma süresi arttıkça bu oran küçülür. m, p-ksilenin ve etilbenzenin atmosferik yaşam süreleri, sırasıyla, 3 saat ve 8 saattir.
- VOC içeren hava kütlesi hareket ettiğinde m,p-ksilen etilbenzen daha hızlı reaksiyona girecek ve kaynağından uzaklık arttıkça X/E oranı azalacaktır.

- Fosil kökenli yakıtların yanması sonucunda yüksek sıcaklıklarda oluşan  $\text{NO}_x$ 'lerin çok az miktarını  $\text{NO}_2$ , büyük kısmını ise  $\text{NO}$  oluşturur.
- Atmosfere yayılımı; taşıt egzostları, insineratörler, kimyasal işlemler, ısınma amacı ile kullanılan bazı fosil kökenli yakıtların yanması, elektrik üretimi gibi emisyon kaynaklarından olmaktadır

- Kükürtdioksitin havadaki varlığının en önemli sebebi, fosil kökenli yakıtların yanmasıdır.
- İkincil bir kirletici olan  $O_3$ , ortamda  $NO_x$ 'lerin varlığında hidrokarbon ve CO'nin fotokimyasal reaksiyonları sonucunda oluşmaktadır.

- Fotokimyasal reaksiyon süresinin tamamlandığı yerlerde  $O_3$  konsantrasyonlarının yüksek olması beklenen bir durumdur.
- Bu nedenle, Ozon'un şehir merkezlerindeki konsantrasyonu, oluşan  $O_3$ 'un NO tarafından tüketilmesi nedeniyle kırsal alanlardaki konsantrasyonlarından daha düşüktür.



# Çalışma alanı ve örnekleme periyodu

- Çalışma alanı olarak, Düzce merkez ve ilçeleri kapsayacak şekilde muhtemel kaynaklar (trafik, endüstriyel tesisler, evsel ısınma) düşünülerek **50 örnekleme noktası seçilmiştir.**
- Kirlilik dağılımının tüm ili en iyi şekilde temsil edebilmesi için **Düzce merkez, belde ve köyleri** kapsayacak şekilde **29** örnekleme noktası, **Akçakoca** ilçesinde **2**, **Yığılca** ilçesinde **3**, **Kaynaşlı** ilçesinde **4**, **Gölyaka** ilçesinde **3**, **Gümüşova** ilçesinde **4**, **Cumayeri** ilçesinde **2**, **Çilimli** ilçesinde **3** örnekleme noktası belirlenmiştir.

- Örneklemeler, mevsimsel değişiklerin incelenebilmesi için sonbahar ve kış olmak üzere iki farklı dönemde, iki haftalık periyotlarda gerçekleştirilmiştir.
- **Sonbahar** örnekleme si **25.10.2014 - 09.11.2014** tarihleri arasında,
- **Kış** örnekleme si ise **17.01.2015 - 01.02.2015** tarihleri arasında yapılmıştır.

# Düzce İli Genel Özellikleri

- Düzce ili kuzey-batı Türkiye'de bulunan Türkiye'nin 81. ve en son kurulan ilidir.
- Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümünde yer alan **Düzce**, batıdan **Sakarya**, güney ve güney doğudan **Bolu**, kuzeydoğudan **Zonguldak** illeri ile çevrilidir.
- **Kuzeyde Karadeniz'de 35 km** uzunlukta bir kıyıya sahiptir. İl topraklarının kapladığı alan **2.574 km<sup>2</sup>**'dir. Kocaeli ve Sakarya illeri ile aynı enlem üzerinde yer alan Düzce'nin **en batı ve doğu ucu 30<sup>0</sup>. 49' ve 31<sup>0</sup>. 51'** doğu boylamları arasında olup yaklaşık **88 km** uzunluktadır.

# Düzce İli Genel Özellikleri

- İlin en güney ve en kuzey uç noktaları da  $40^{\circ}. 37'$  ve  $41^{\circ}. 06'$  kuzey enlemleri arasında yer alıp, **Kuzey - Güney uç noktaları arası** yaklaşık olarak **52 km** uzunluktadır.
- Şehrin içinden geçen **D-100** karayolu ve **O-4** otoyolu Başkent Ankara'yı İstanbul'a bağlar.

KARADENİZ

İkçakoca

ZONGULDAK

İğilca

Boğaziçi

Konuralp

Çilimli

Cumayeri

SAKARYA

Gümüşova

Merkez

BOLU

Gölyaka

Beyköy

Kaynaşlı



# Düzce İli Genel Özellikleri

- İl topraklarının yaklaşık %61'ini kaplayan dağlar kuzeyden güneye ve batıdan doğuya giderek yükselirler. Batıda da kıyıya paralelliklerini yitirerek seyrekleşirler.
- Bu sıradadağlar arasında vadiler ve ovalar girer. Karadeniz kıyı dağlarının batı kesiminde yer alan Düzce İli'nin % 86 sına karşılık gelen yaklaşık 2.200 km<sup>2</sup>'si dağlık ve engebeliktir. Dağlar bir çok yerde derin vadilerle yarılmıştır.
- Düzce etrafı dağlarla çevrili bir ovada kurulduğundan, yükseltisi deniz seviyesinden itibaren yaklaşık 100 ile 150 m arındadır.

# Düzce İli Genel Özellikleri

- Düzce ili, Karadeniz Bölgesi'nin kıyı kesimlerinde görülen nemli ve fazla sert olmayan iklimin etkisi altındadır.
- Yıllık sıcaklık ortalaması 13,1°C, ortalama yağış miktarı 845 kg/m<sup>2</sup>, ortalama nispi nem %70 civarındadır.
- Düzce etrafının dağlarla çevrili olması rüzgar hızlarının azalmasına ve kış aylarında sis oluşmasına ve geç dağılmasında etkisi olur. Oluşan sisler daha sık sıcaklık inversiyonudur. Akçakoca kıyılarında deniz buğusu sisleri ilkbaharda oluşur.

# Pasif örnekleyicilerin hazırlanması ve analizi

- BTEX örnekleme çalışmaları Tenaks TA sorbent tüpleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.
- İnorganik bileşenlerin örneklenmesi için de Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Hava Kalitesi Araştırma Ekibi tarafından geliştirilen örnekleyiciler kullanılmıştır.  $SO_2$  ve  $NO_2$  bileşenleri aynı pasif örnekleyicide ve aynı tutma ortamında (% 20 TEA çözeltisi ile kaplanmış fiber glass filtre kağıdı) tutulmaktadır.



- Ozon pasif örnekleyicilerinde ise tutma ortamı olarak; Whatman GF/A fiber glass filtre kağıdı % 1  $\text{NaNO}_2$  (sodyum nitrit) + % 2  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (sodyum karbonat) + % 2 gliserin çözeltisi ile kaplanmıştır.

# SONUÇLAR

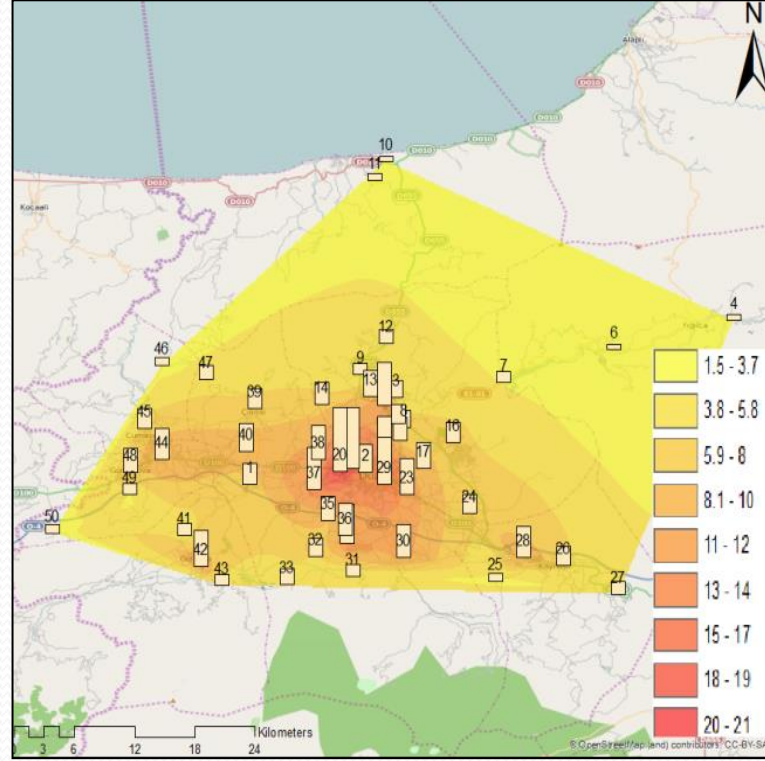
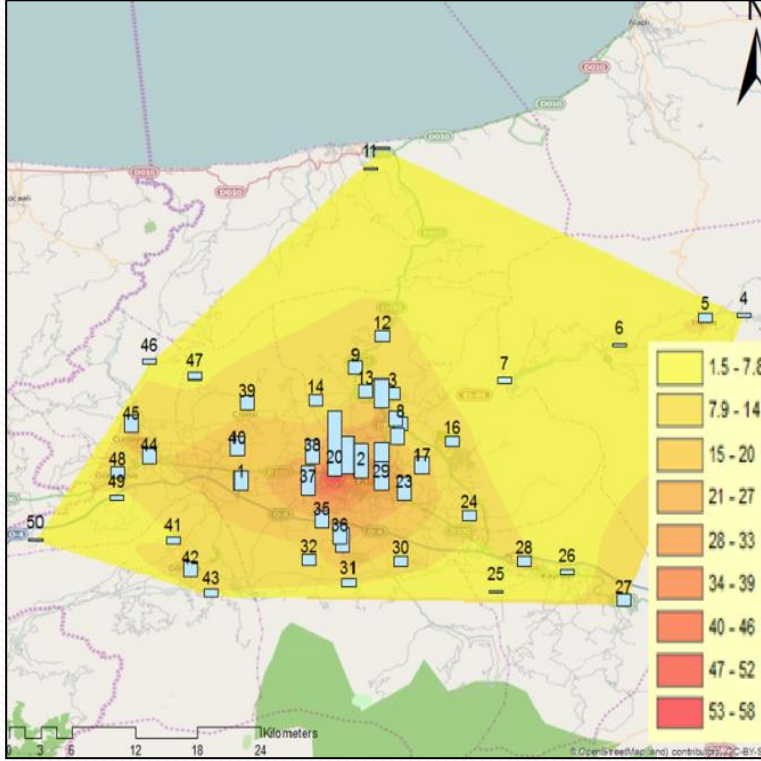
# Kış ve sonbahar örnekleme sonuçları

<b>KIŞ (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Trafik</b>	<b>Kent.</b>	<b>End.</b>	<b>Kır.</b>	<b>Ort.</b>	<b>Mak.</b>	<b>Min.</b>	<b>Ortnc.</b>
<b>Benzen</b>	5,74	5,57	4,42	1,98	4,43	9,90	0,04	4,42
<b>Toluen</b>	7,45	8,97	6,92	1,82	6,29	37,04	0,42	4,66
<b>Etilbenzen</b>	1,02	1,38	1,34	0,34	1,02	5,32	0,10	0,80
<b>m+p Ksilen</b>	1,51	1,98	1,74	0,45	1,42	8,97	0,09	1,18
<b>o-Ksilen</b>	0,96	1,32	1,22	0,37	0,97	6,06	0,03	0,81
<b>NO<sub>2</sub></b>	35,80	37,05	38,12	21,54	33,13	71,44	10,88	31,90
<b>O<sub>3</sub></b>	17,34	14,67	16,42	27,47	18,98	48,27	5,90	15,02
<b>SO<sub>2</sub></b>	32,70	37,16	38,55	35,52	35,98	49,66	20,66	37,01
<b>Toluene/Benzene</b>	3,80	1,50	1,55	0,86	1,90	29,55	0,17	1,14
<b>m+p Ksilen/Etilbenzen</b>	1,42	1,35	1,36	1,24	1,35	1,88	0,11	1,37
<b>SONBAHAR (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Trafik</b>	<b>Kent.</b>	<b>End.</b>	<b>Kır.</b>	<b>Ort.</b>	<b>Mak.</b>	<b>Min.</b>	<b>Ortnc.</b>
<b>Benzen</b>	2,81	2,63	2,15	1,19	2,20	4,91	0,65	2,04
<b>Toluen</b>	3,76	3,87	3,14	1,19	2,99	10,68	0,35	2,62
<b>Etilbenzen</b>	0,55	0,68	0,70	0,24	0,54	3,95	0,11	0,47
<b>m+p Ksilen</b>	1,70	2,02	2,09	0,62	1,61	15,71	0,21	1,33
<b>o-Ksilen</b>	0,64	0,76	0,75	0,27	0,61	5,60	0,10	0,55
<b>NO<sub>2</sub></b>	24,44	21,11	17,69	9,10	18,69	43,16	5,45	16,61
<b>O<sub>3</sub></b>	16,87	19,12	14,65	24,19	18,65	54,42	7,64	15,44
<b>SO<sub>2</sub></b>	24,22	21,58	20,88	21,38	21,96	44,45	10,33	20,84
<b>Toluene/Benzene</b>	1,19	1,43	1,48	0,94	1,29	3,79	0,40	1,13
<b>m+p Ksilen/Etilbenzen</b>	2,94	2,93	2,97	2,45	2,84	4,76	2,03	2,77

# Kış örnekleme sonuçlarının sonbahar örnekleme sonuçlarına oranı

<b>KIŞ/SONBAHAR</b>	<b>Trafik</b>	<b>Kentsel</b>	<b>End.</b>	<b>Kırsal</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Benzen</b>	2,04	2,12	2,06	1,67	2,02
<b>Toluen</b>	1,98	2,32	2,21	1,53	2,10
<b>Etilbenzen</b>	1,85	2,04	1,93	1,41	1,88
<b>m+p Ksilen</b>	0,88	0,98	0,84	0,72	0,88
<b>o-Ksilen</b>	1,49	1,74	1,62	1,39	1,60
<b>NO<sub>2</sub></b>	1,46	1,76	2,15	2,37	1,77
<b>O<sub>3</sub></b>	1,03	0,77	1,12	1,14	1,02
<b>SO<sub>2</sub></b>	1,35	1,72	1,85	1,66	1,64
<b>Toluene/Benzene</b>	3,19	1,05	1,05	0,92	1,47
<b>m+p Ksilen/Etilbenzen</b>	0,48	0,46	0,46	0,51	0,48

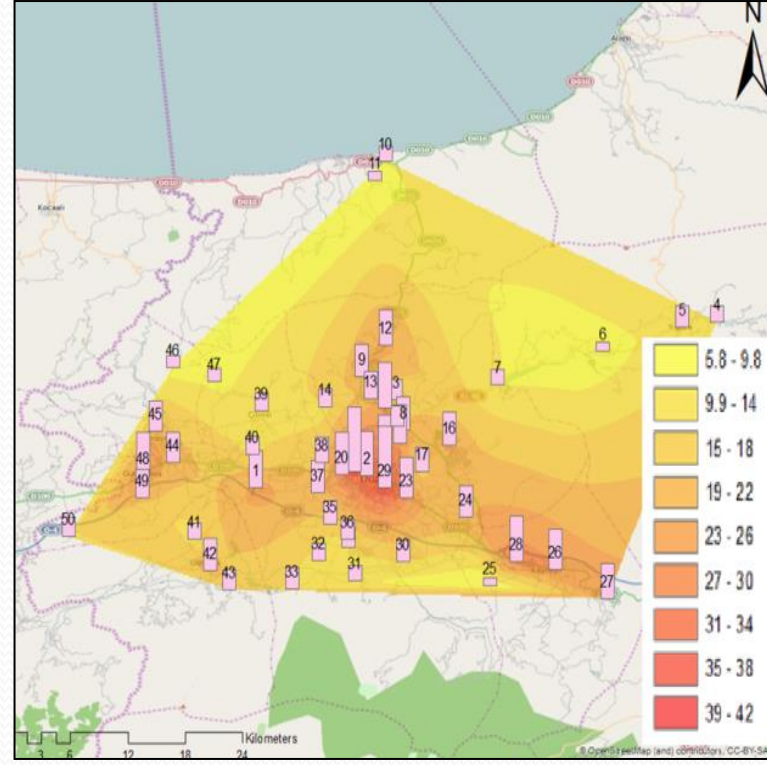
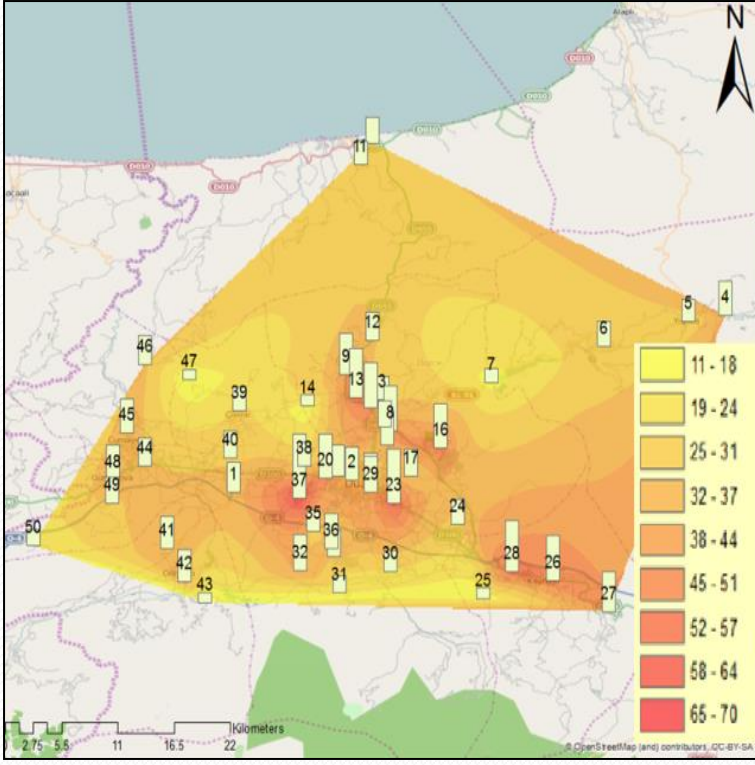
# Dağılım haritaları



a)

b)

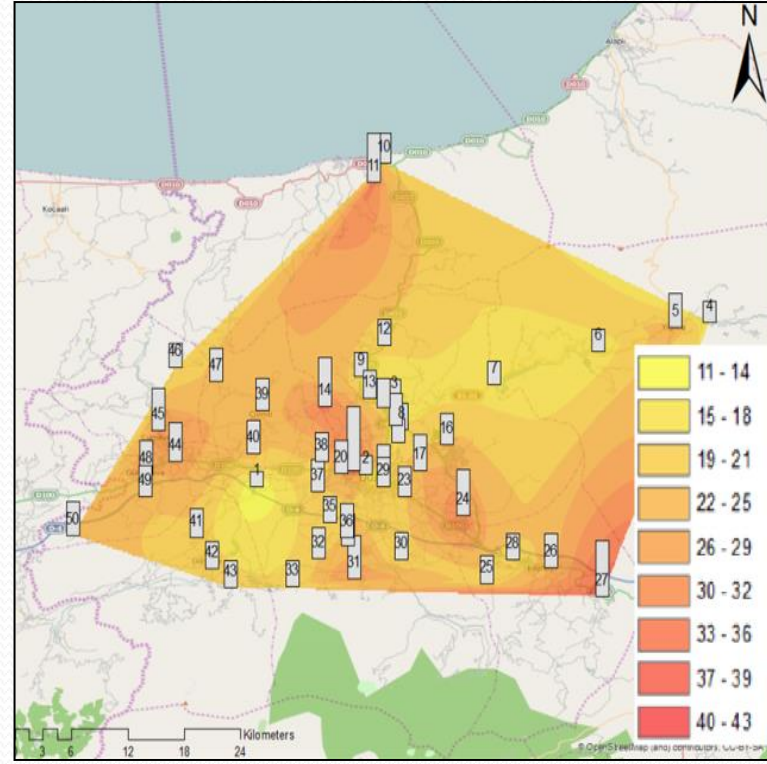
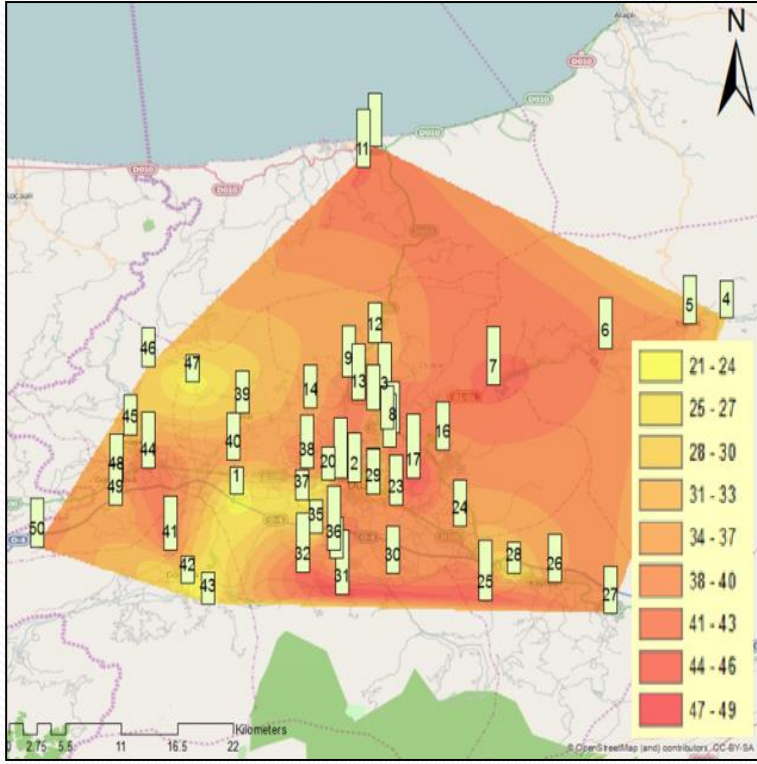
**Şekil 1.** (a) Kış ve (b) sonbahar örnekleme çalışmalarında ölçülen toplam BTEX konsantrasyonları için alansal dağılım haritası



a)

b)

**Şekil 2.** (a) Kış ve (b) sonbahar örnekleme çalışmalarında ölçülen  $\text{NO}_2$  konsantrasyonları için alansal dağılım haritası

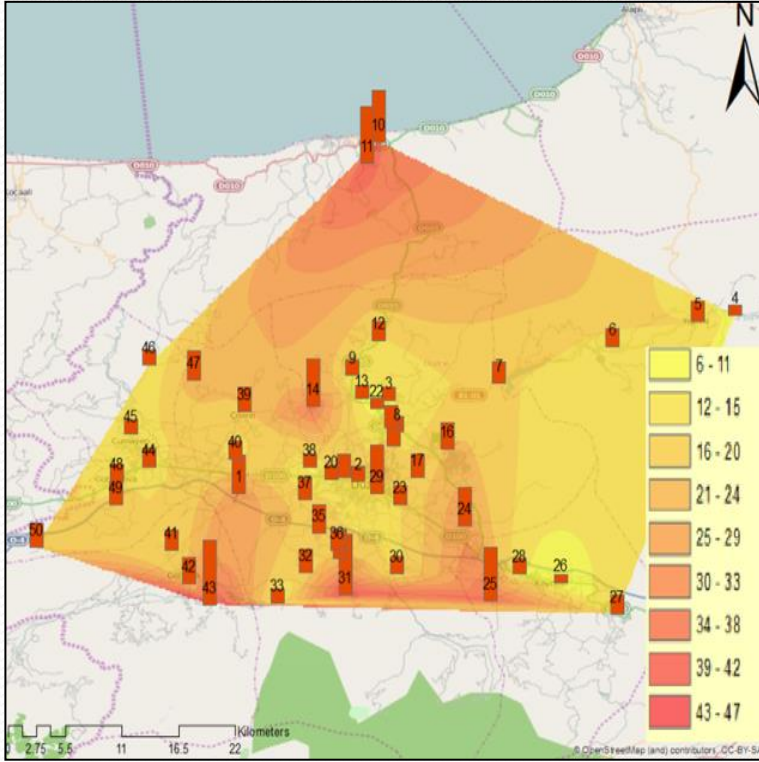


a)

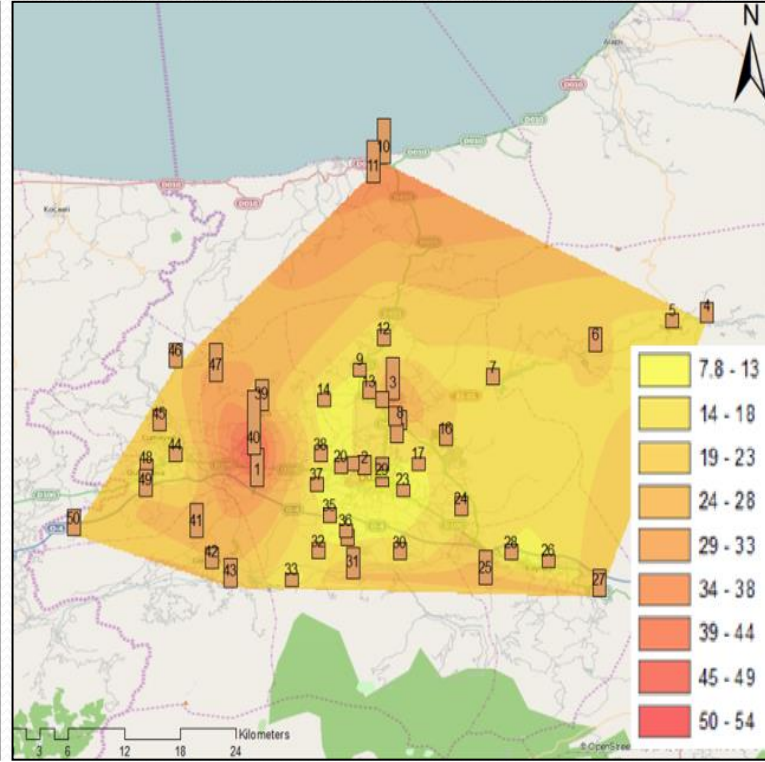
b)

**Şekil 3.** (a) Kış ve (b) sonbahar örnekleme çalışmalarında ölçülen SO<sub>2</sub> konsantrasyonları için alansal dağılım haritası





a)



b)

**Şekil 4.** (a) Kış ve (b) sonbahar örnekleme çalışmalarında ölçülen  $O_3$  konsantrasyonları için alansal dağılım haritası

# Korelasyon analizi

	Benzen	Toluen	Etilbenzen	m+p, ksilen	o, ksilen	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>
<b>KIŞ</b>							
<b>Toluen</b>	0,7						
<b>Etilbenzen</b>	0,5	0,8					
<b>m+p ksilen</b>	0,6	0,9	1				
<b>o ksilen</b>	0,5	0,9	0,9	1			
<b>NO<sub>2</sub></b>	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3		
<b>SO<sub>2</sub></b>	-0,2	-0,2	-0,1	-0,2	-0,3	0,1	
<b>O<sub>3</sub></b>	-0,3	-0,2	-0,3	-0,3	-0,2	0,6	0,0
<b>SONBAHAR</b>							
<b>Toluen</b>	0,8						
<b>Etilbenzen</b>	0,5	0,8					
<b>m+p ksilen</b>	0,6	0,8	0,9				
<b>o ksilen</b>	0,6	0,7	0,9	1			
<b>NO<sub>2</sub></b>	0,0	0,4	0,3	0,5	0,4		
<b>SO<sub>2</sub></b>	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1	
<b>O<sub>3</sub></b>	0,0	-0,3	-0,2	-0,3	-0,2	-0,5	0,0



**Sonuçların literatürdeki  
benzer çalışmalarla  
karşılaştırılması**

Şehir, Ülke	Mevsim	Benzen	Toluen	Etilbenzen	m,p-ksilen	o-ksilen	Referans
Düzce	Sonbahar	2,25	3,08	0,56	1,66	0,62	Bu Çalışma
	Kış	4,43	6,29	0,54	1,61	0,61	
Belçika	Dört mevsim	3,07	7,47	1,48	3,89	1,83	Keymulen vd., 2001
Macaristan		2,3	8,22	0,87	2,68	1,32	
Letonya		7,8	32,9	5,44	15,1	7,81	
Hong kong, Çin	Kış	26,7	77,2	3,1	12,1	4,6	Chan, vd., 2002
Lillie, Fransa	Tüm yıl	2,49	8,75	1,13	3,08	1,09	Borbon vd., 2002
Minnesota, USA	Kış	1,3	2,6	0,6	2,3	0,8	Adgate vd., 2004
	Bahar	1,1	2,7	0,5	2	0,7	
Pamplona, İspanya	Dört mevsim	2,84	13,26	2,15	3,38	2,63	Parra vd., 2009
Çin, Beijing	yaz	2,1	5,9	2,3	3,4	1,7	Zhang vd., 2012
Kanada, Ontario		0,76	2,75	0,45	1,36	0,47	Miller vd., 2012
Kocaeli	Temmuz	2,26	35,51	9,72	36,87	12,46	Pekey vd., 2011
İstanbul	İlkbahar	1,86	24,7	0,77	0,76	2,46	Demir vd., 2011
Elizabeth, Houston, Los Angeles, USA	Dört mevsim	2,13	6,78	1,22	3,47	1,4	Su vd., 2013
Ankara	Ocak- Haziran	2,18	7,89	0,35	2,21	0,41	Yurdakul vd., 2013
Bursa	Sonbahar	3,68	23,28	2,24	5,74	1,09	Yurdakul vd., 2013
	İlkbahar	4,03	18,42	1,74	5,01	0,87	
Eskişehir	İlkbahar	1,23	6,11	0,26	0,47	0,38	Demirel vd., 2014
İzmir	yaz	0,31	1,06	0,38	0,26	0,21	Civan vd., 2015
	Kış	1,67	1,46	0,33	0,6	0,18	

Şehir, Ülke	Mevsim	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	Kaynak
Düzce, Türkiye	Sonbahar	33,13	35,98	18,98	Bu çalışma
	Kış	33,13	35,98	18,98	
Santiago, Şili	Kış	67,73			Bracho vd., 2002
Nashville, Tennessee, USA	Yaz			42,2	Lee vd., 2004
Taiyuan, Çin	Aralık	52,3	712,8	12,4	Zhao vd., 2008
Detroit, USA	Yaz	41,39		54,97	Meng vd., 2012
Kocaeli	Yaz	14	8	60,9	Pekey ve Özaslan, 2013
Eskişehir	Kış	50	25	32,57	Demirel vd., 2014
Eskişehir	İlkbahar	30,9		89,82	Demirel vd., 2014

	<b>Bu Çalışma (µg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>HKDYY (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>EU Yönetmeliği (µg/m<sup>3</sup>)</b>
	<b>Kış</b>	<b>Sonbahar</b>		
<b>SO<sub>2</sub></b>	35,98	21,88	20 (günlük), 225(yıllık)	20 (günlük), 125(yıllık)
<b>NO<sub>2</sub></b>	33,13	18,26	58 (yıllık),	40(yıllık)
<b>O<sub>3</sub></b>	18,98	18,47	240 (saatlik)	180 (saatlik) 120 (8 saatlik)
<b>Benzen</b>	4,43	2,25	5 (yıllık)	5 (yıllık)

# TARTIŞMA VE ÖNERİLER

- Çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, kentsel alanlarda elde edilen BTEX konsantrasyonlarının trafik ve endüstriyel örnekleme alanlarında elde edilen değerlerle birbirine yakın olduğu görülmüştür.
- Bu nedenle, bölgedeki en önemli kirlilik kaynağının trafik olduğu söylenebilir. Ayrıca, sanayi ve trafikten uzak alanlarda elde edilen konsantrasyonların diğer bölgelerden düşük olması trafik kaynağının önemini göstermektedir.  $\text{NO}_2$  ve  $\text{SO}_2$  için de benzer durum söz konusudur. Bu kirleticiler için de trafik önemli bir kaynaktır.

- Bununla birlikte  $\text{NO}_2$  ve  $\text{SO}_2$  için ısınma kaynaklı emisyonların da önemli olduğu belirlenmiştir.
- Kış/Sonbahar konsantrasyon oranlarının  $\text{O}_3$  dışında bütün kirleticiler için 1'den büyük bulunması ısınma amaçlı olarak fosil yakıtların kullanımındaki artışın kış mevsiminde kirletici konsantrasyonları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.
- Çalışma sonucunda Düzce'de dış ortamlarda gözlenen kirlilik düzeylerine en çok katkı sağlayan kaynakların trafik ve ısınma amaçlı yakıt kullanımı olduğu bulunmuştur. Özellikle, yanma kaynaklı kirleticiler gözlenen kirlilikte ön plana çıkmaktadır.



- Uçucu Organik Bileşikler, hava kirliliğine neden olan organik kirleticilerin sadece bir bölümüdür. Bu nedenle, gelecekte yapılacak çalışmalarda kalıcı organik bileşik düzeylerinin belirlenmesinin de faydalı olacağı düşünülmektedir.
- Ayrıca, kirliliğin insan sağlığı üzerindeki etkisinin belirlenebilmesi için, kişisel maruziyet ölçümü ve sağlık riski değerlendirmesi çalışmalarının yapılması da önemlidir.







# TEŐEKKÜRLER