

BİGA YARIMADASININ KUZEY BATISINDA YER ALAN KIRSAL ALANLARDAKİ TROPOSFERİK OZON SEVİYELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Deniz SARI^{1*}, Selahattin İNCECİK², Nesimi ÖZKURT¹

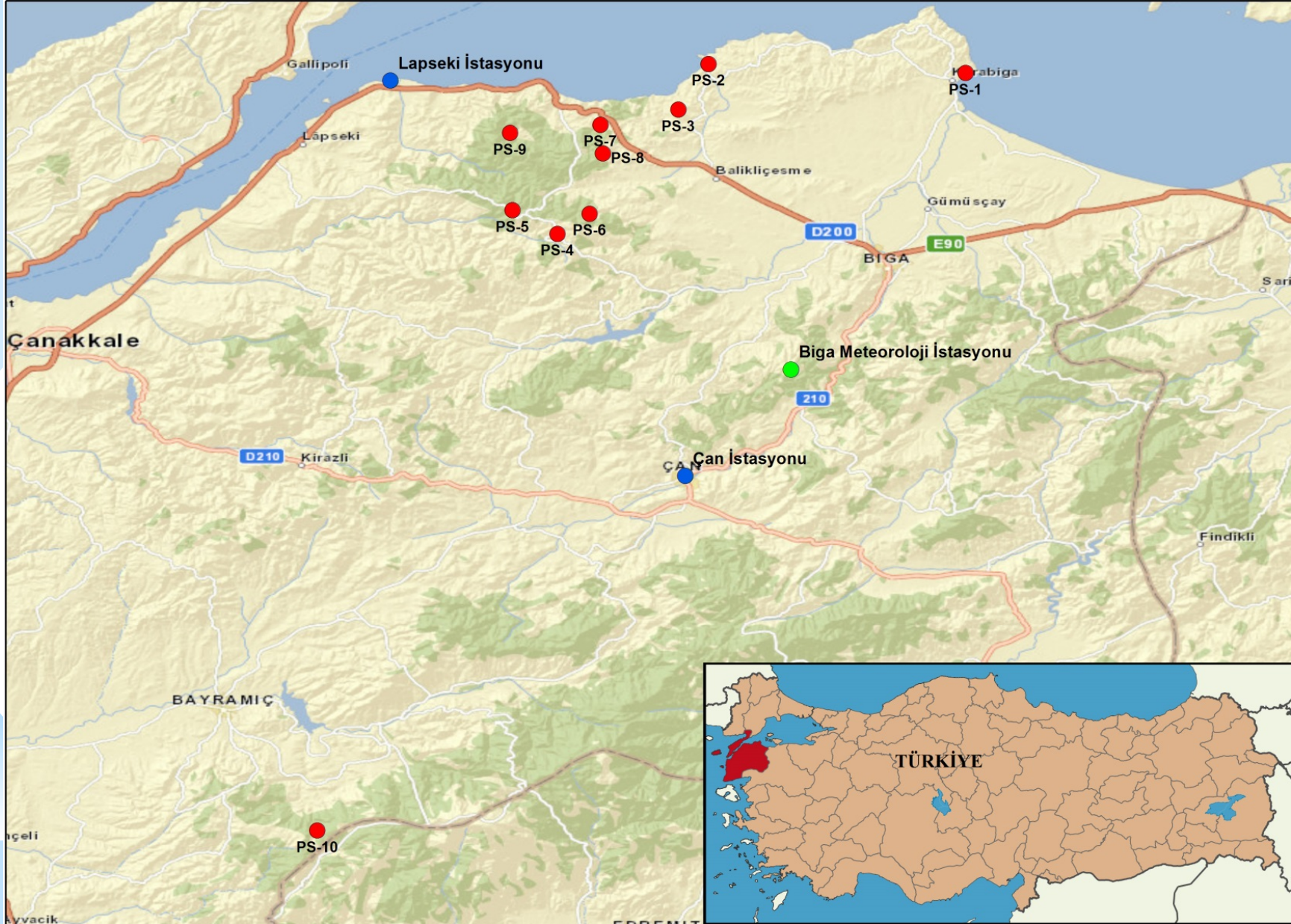
¹TÜBİTAK MAM, Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, 41470 Kocaeli, Türkiye

² Meteoroloji Mühendisliği, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

GİRİŞ

- * Bu çalışma kapsamında kırsal alanlardaki hava kirliliği problemlerinin anlaşılabilmesi amacıyla Biga Yarımadasının kuzey-batı bölgesindeki troposferik ozon seviyeleri incelenmiştir.
- * Ozon konsantrasyonlarının 2013 ile 2014 yılları arasında 10 farklı noktada pasif örnekleme ve iki farklı noktada izleme istasyonları ile miktarları tespit edilerek zamansal ve mekânsal dağılımları ortaya konmuştur.
- * Ölçüm sonuçları Hava Kalitesi Deđerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği ile Avrupa Birliđi Temiz Hava Direktifindeki sınır değerler ile irdelenmiştir. Ayrıca bölgedeki meteorolojik koşullar göz önüne alınarak ozon seviyeleri ile olan ilişkileri incelenmiştir.

ÇALIŞMA ALANI



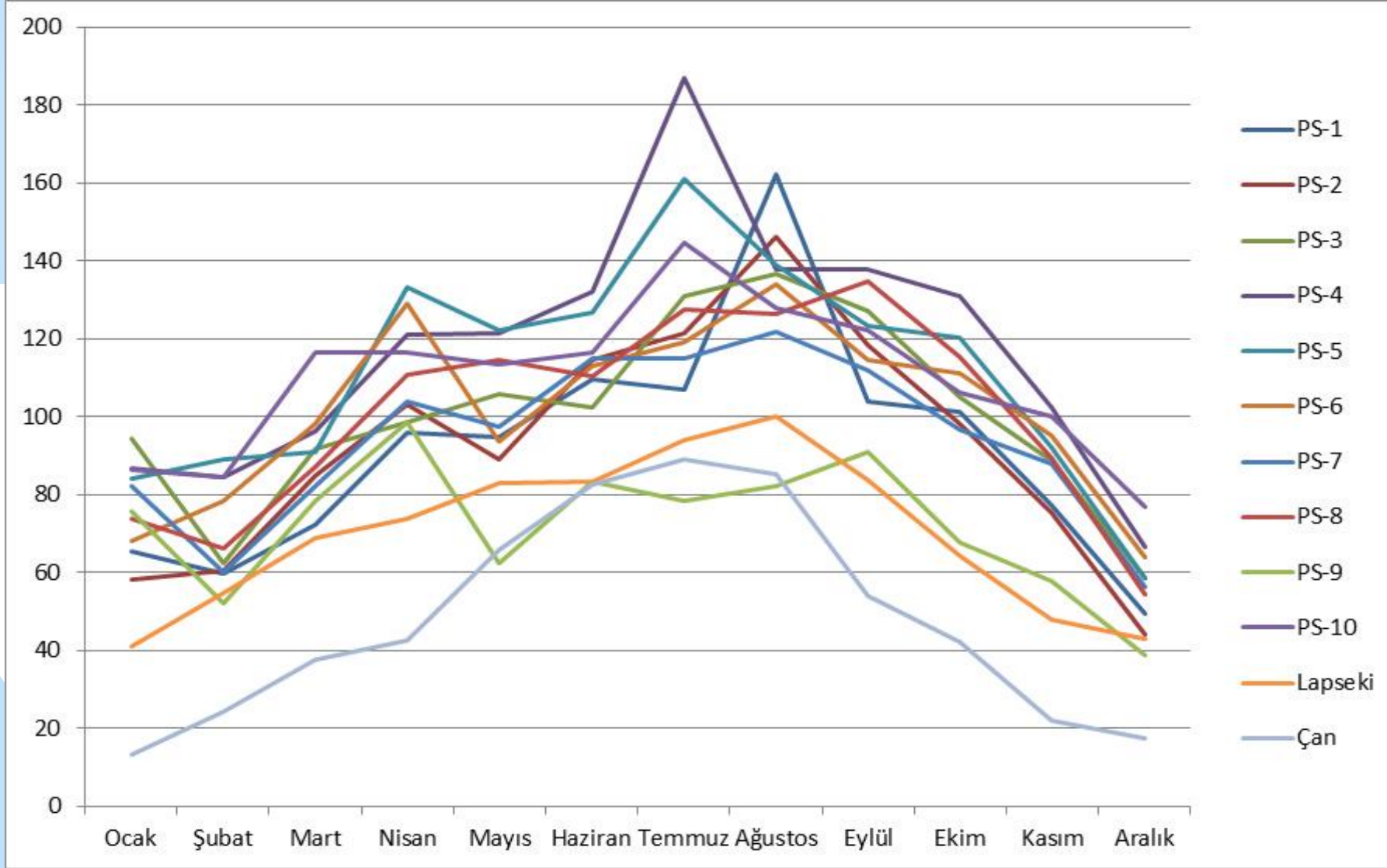
ÇALIŞMA ALANI

- Türkiye'nin kuzey batısında ve Marmara Bölgesinin Güney bölümünde yer almaktadır. Bölge Çanakkale Boğazının orta kesimindeki konumuyla Asya ile Avrupa'yı birbirine bağlayan önemli bir noktadadır.
- Arazi genel olarak dağlık ve engebelidir.
- Bölgedeki en yüksek noktalardan biri aynı zamanda Kazdağı'nın eteklerinden biri olan Dumanlı dağlarıdır (725m). Bölge, ayrıca endemik türler açısından çok zengin bir alan olan Kazdağı Milli Parkına yakın bir konumdadır.
- Çalışma alanının %1 lik kısmı kentsel alan, %80 lik alanı ise ormanlık ve tarım alanları oluşturmaktadır.
- Bölgedeki baskın ağaç türleri zeytin, kızılçam ve karaçamdır (Kantarci, 2001).
- Biga Yarımadasında serin ve nemli bir iklim hakimken, kuzey batı bölgesi Marmara ikliminin etkisinde yer almaktadır (Bora, 1999).
- Biga Yarımadasının kuzey bölgesi İstanbul ve Marmara Bölgesindeki kirleticilerin uzun mesafeli taşınımalarının etkisi altındadır (Kantarci, 2011).

OSON SEVİYELERİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİ

- Bu çalışmada ozon pasif örnekleyicileri kullanılarak 10 farklı noktada ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu tüm ölçüm noktaları kırsal istasyonlar olmakla beraber 8'i köy yerleşim alanlarına yakın 2'si ise dağlık bölgede konumlandırılmıştır.
- Bölgede ayrıca NO, NO₂, NO_x, O₃ kirleticilerinin ölçüldüğü ve Marmara Temiz Hava Merkezine ait iki farklı izleme istasyonu yer almaktadır. Bunlardan biri çalışma alanının batısında yer alan Lapseki istasyonudur. Deniz seviyesinden 12 m yükseklikte olan istasyon yarı kırsal olarak tanımlanan bir bölgede bulunmaktadır. Diğer istasyon ise çalışma alanının merkez bölgesinde yer alan Çan istasyonudur. Kentsel bir istasyon olarak tanımlanan Çan istasyonu deniz seviyesinden yaklaşık 83 metre yükseklikte yer alır. Bu çalışmada Mart 2013 ve Aralık 2014 tarihleri arasında ölçülen O₃ ve NO_x (NO ile NO₂) değerleri kullanılmıştır.

OSON SEVİYELERİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİ

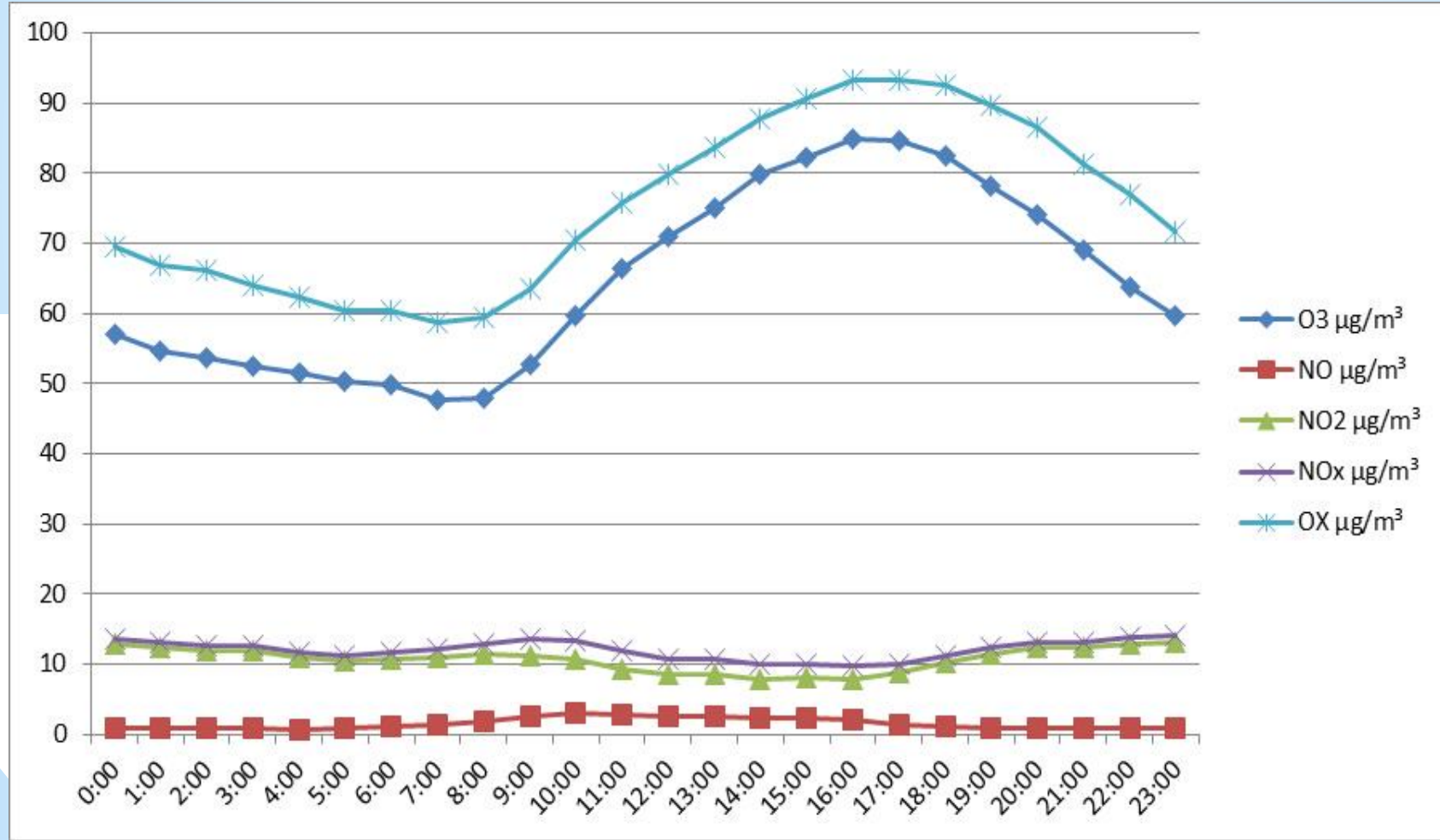


12 farklı izleme noktasındaki aylık ortalama ozon konsantrasyonları

OZON SEVİYELERİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİ

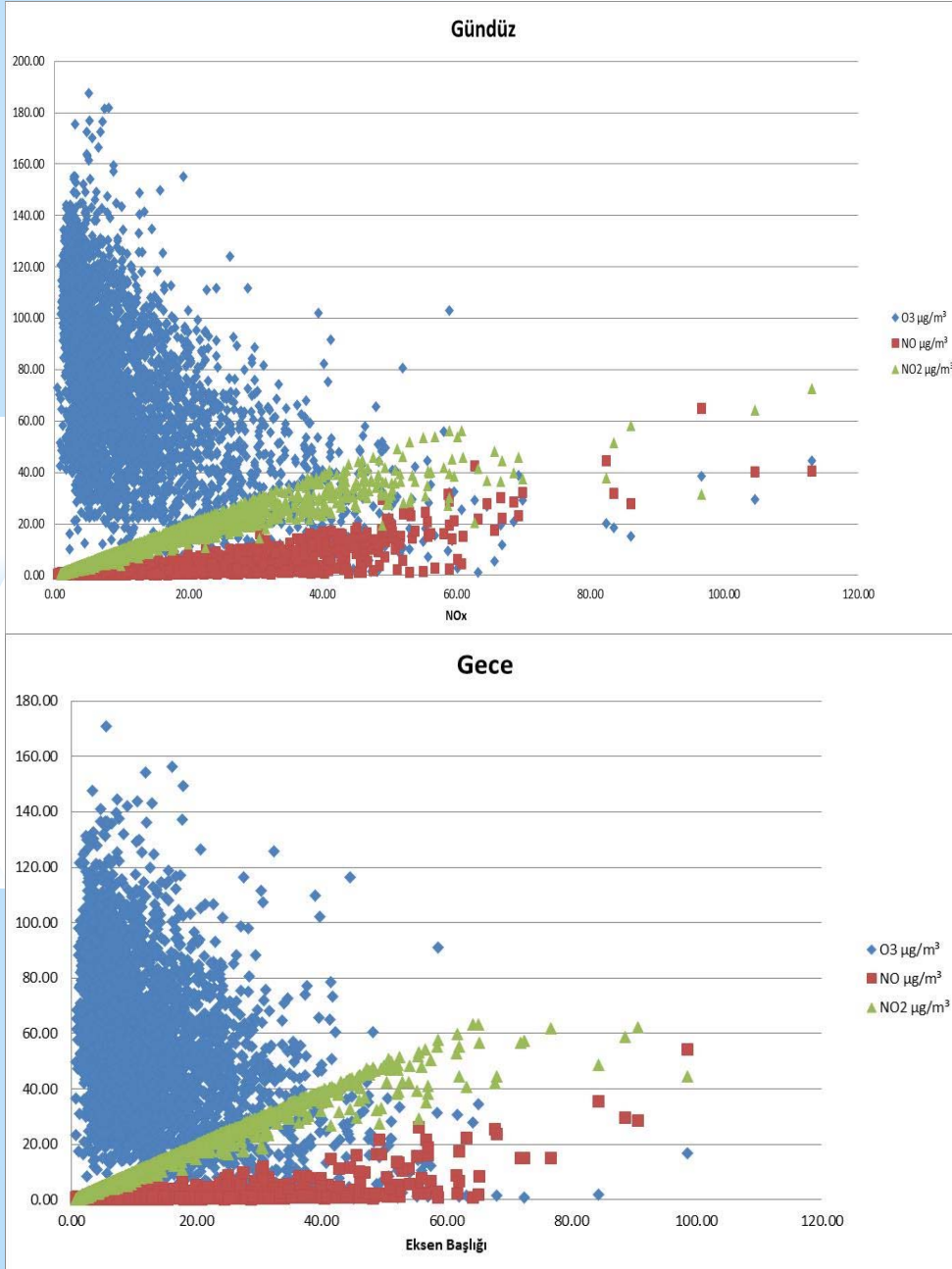
- Çalışma alanı içerisindeki ozon seviyeleri yaz ayları (Haziran, Temmuz, Ağustos) için $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $187 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken, kış (Aralık, Ocak, Şubat) ayları için $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $89 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasındadır.
- Bu çalışmada aylık ortalama ozon seviyelerinin deniz seviyesinden yükseklikle pozitif bir korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Korelasyon kat sayıları 0,50 ile 0,80 arasında değişmektedir. İzleme noktalarında ölçülen yıllık ortalama ozon seviyeleri noktaların deniz seviyelerinden yükseklikleri ile karşılaştırıldığında 0,67 bir uyum gözlenmektedir.
- Maksimum ozon seviyelerinin gözlemlendiği PS-4, PS-5 ve PS-10 noktaları hem yerleşim alanlarına en uzak noktalar olup hem de sırasıyla denizden 509m, 720m ve 768m yüksekliktedir. Bu sonuçlar dağlık bölgelerdeki ozonun kümülatif etkisinin kentsel alanlara nazaran daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

OSON SEVİYELERİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİ



Bölgedeki ozon seviyeleri sabah saatlerinde düşükken, öğleden sonra özellikle de 15:00-17:00 arasında tepe değerlere ulaşmaktadır.

OZON SEVİYELERİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİ



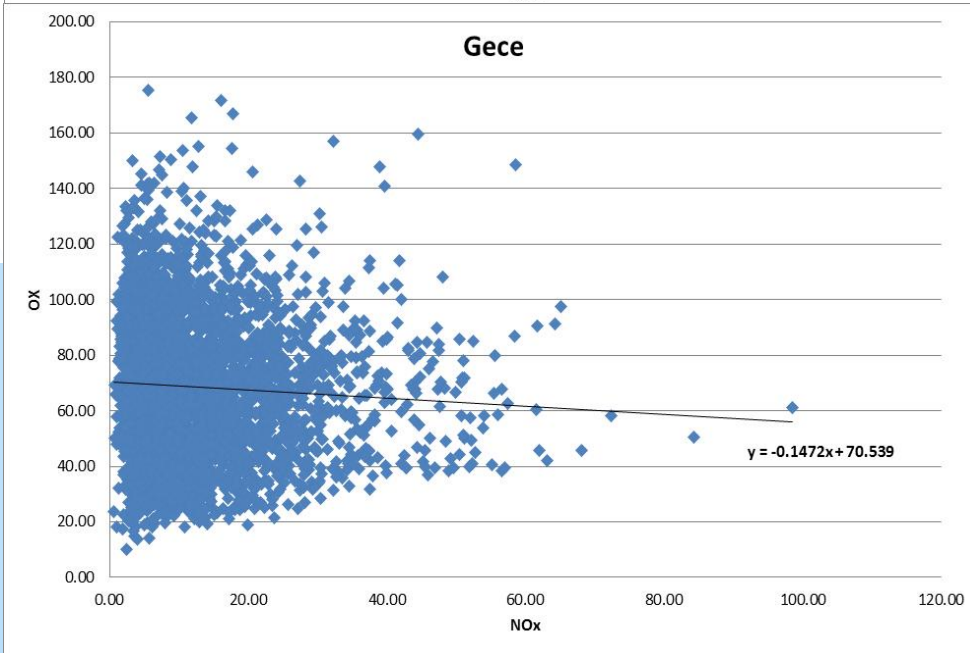
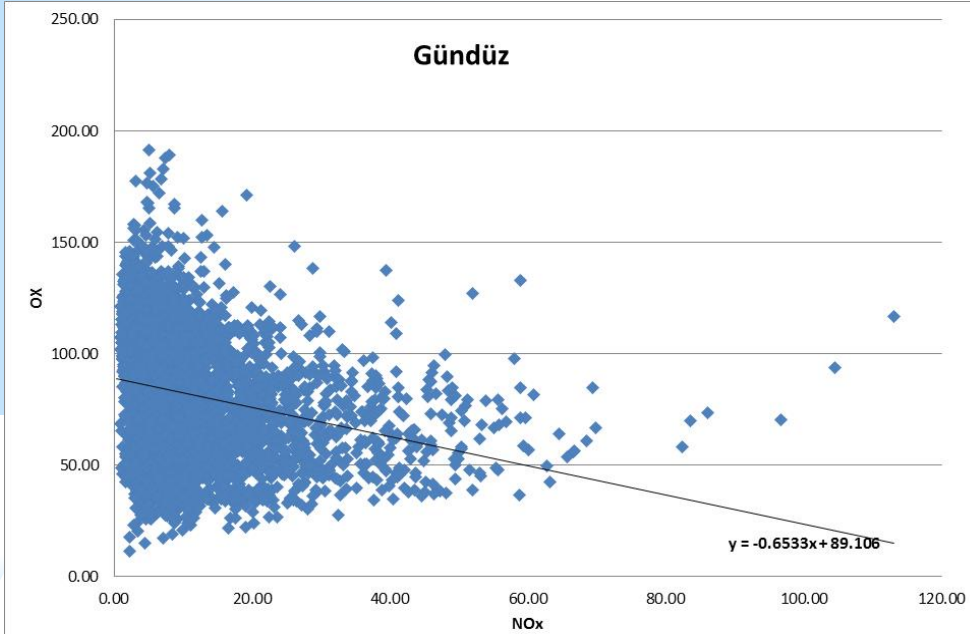
NO, NO₂ ve O₃ ün NO_x' e karşı dağılım grafiğini gündüz (07:00-20:00) ve gece (20:00-07:00) zaman dilimleri için incelendiğinde;

Lapseki'de NO₂ yüksek NO_x seviyelerinde baskındır. Bu durum genellikle kırsal bölgelerde gözlemlenen bir durumdur (Notario ve diğ., 2012).

Düşük NO_x seviyelerinde ise O₃ konsantrasyonları genellikle yüksektir.

Her iki zaman periyodunda da NO, NO₂ ve O₃ ile NO_x benzer dağılım içerisinde olduğu belirlenmiştir..

OZON SEVİYELERİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİ

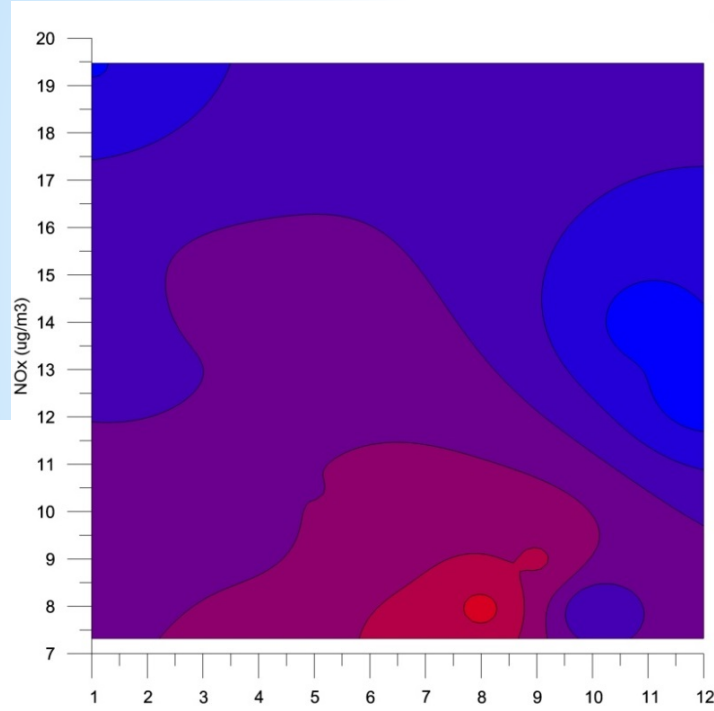


OX değerlerinin gündüz ve gece zaman dilimleri içerisinde NO_x konsantrasyonlarına göre değişimleri incelendiğinde;

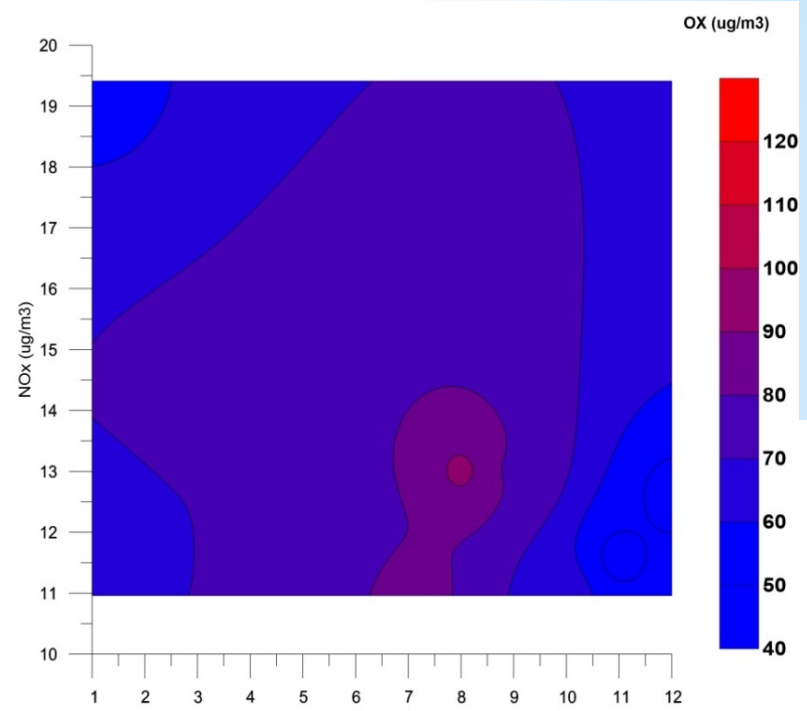
OX değerlerinin NO_x konsantrasyonları karşısında doğrusal olarak düştüğüne ve negatif bir eğilim gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Bu sonuçlar ışığında Lapseki'deki oksidan seviyelerine trafik ve evsel ısınma gibi lokal kirlilik kaynaklarına nazaran bölgesel kirleticilerin etkisinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

OZON SEVİYELERİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİ



Gündüz (Ay)

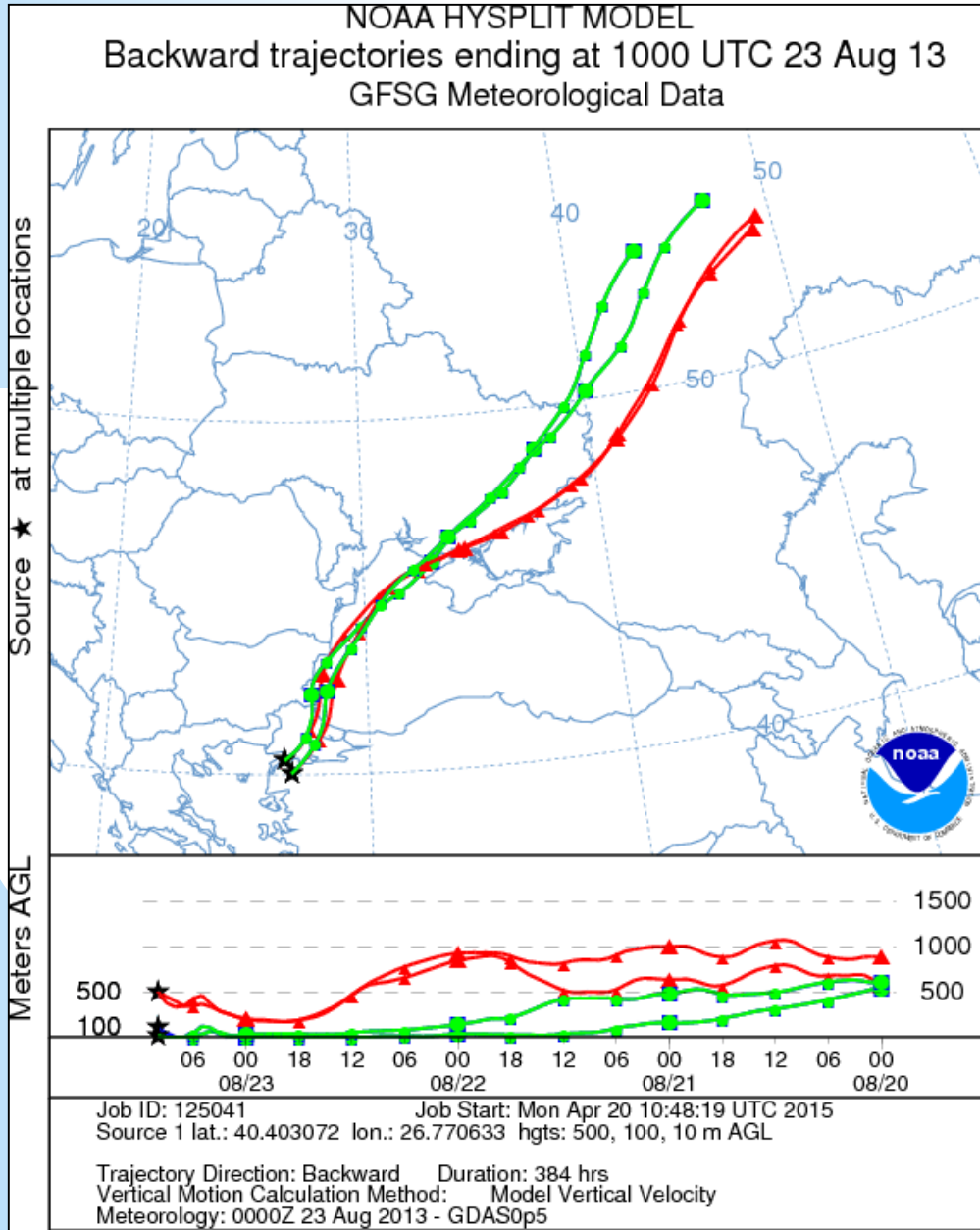


Gece (Ay)

Lapseki de maksimum oksidan değerleri ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) NO_x seviyelerinin $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu yaz aylarında görülmektedir.

Bu oksidanların daha üst katmanlarda sıkışan ozonun taşınımından meydana geldiğini gösterebilir (Notario ve diğ., 2013).

OZON SEVİYELERİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİ

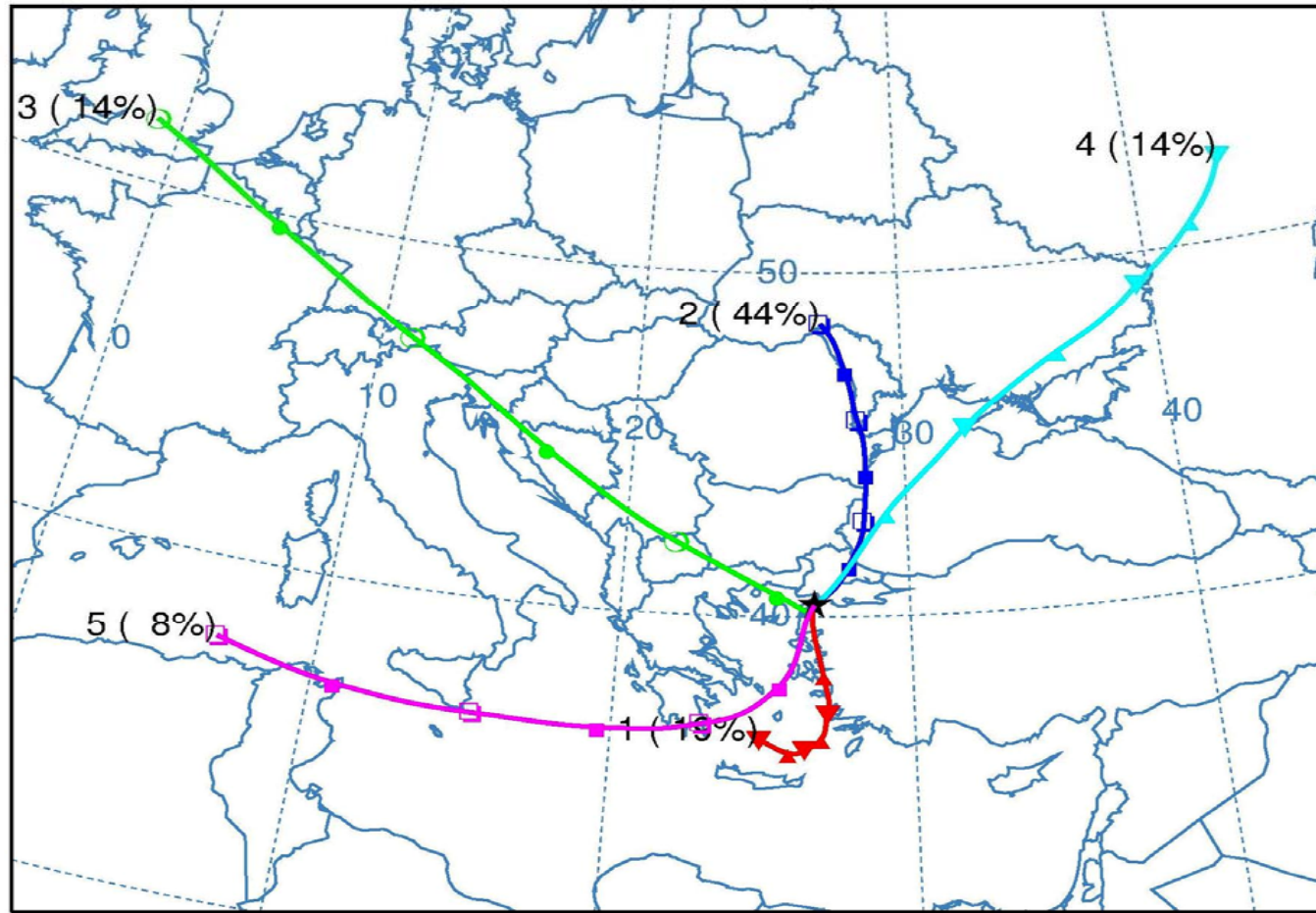


Çalışma alanı içerisinde en yüksek ozon seviyelerinin görüldüğü 07/08/2013-23/08/2013 tarihi arasındaki geri yörünge simülasyonlarının tahmini için HYSPLIT modeli koşturulmuştur.

Bu epizot içerisinde Lapseki'deki ozon seviyeleri ortalama $113 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken Çan da ise $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tür.

Yüksek ozon seviyelerinin gözleendiği bu epizotta hava hareketlerinin kuzeyden başka bir deyişle İstanbul üzerinden geldiği belirlenmiştir.

OZON SEVİYELERİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİ



Çalışma alanına ulaşan hava parsellerinin 2013 ve 2014 yılları boyunca hangi rotaları izlediğini bulabilmek için HYSPLIT geri yörünge modeli 500 m başlangıç yüksekliği için çalıştırılmıştır. 72 saatlik period ölçeğinde elde edilen 718 adet günlük simülasyonları küme analizi yöntemiyle sınıflandırılmıştır.

OZON SEVİYELERİNİN ZAMANSAL VE MEKÂNSAL DEĞİŞİMİ

2013-2014 yılları için gerçekleştirilen kümeleme analizi sonuçlarının ozon seviyeleri ile karşılaştırılması

	Rotalar				
	1	2	3	4	5
Gerçekleşme %	19%	44%	14%	14%	8%
Ort. Ozon Seviyeleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	54	77	75	78	67
Mak. Ozon Seviyeleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	98	131	141	129	99
Min. Ozon Seviyeleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	13	25	26	19	19
Standart Sapma	22	23	19	25	17

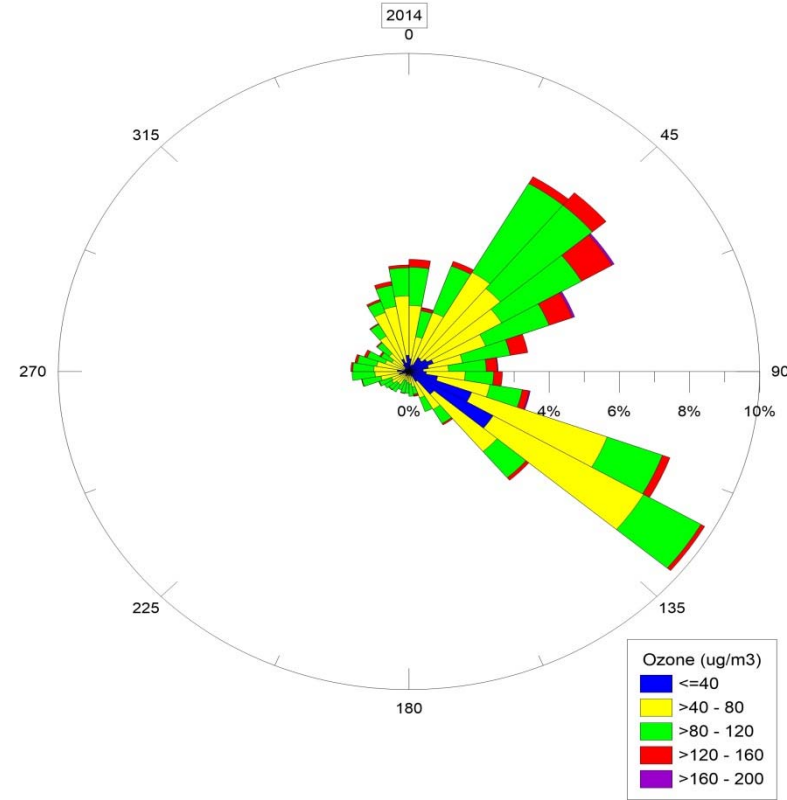
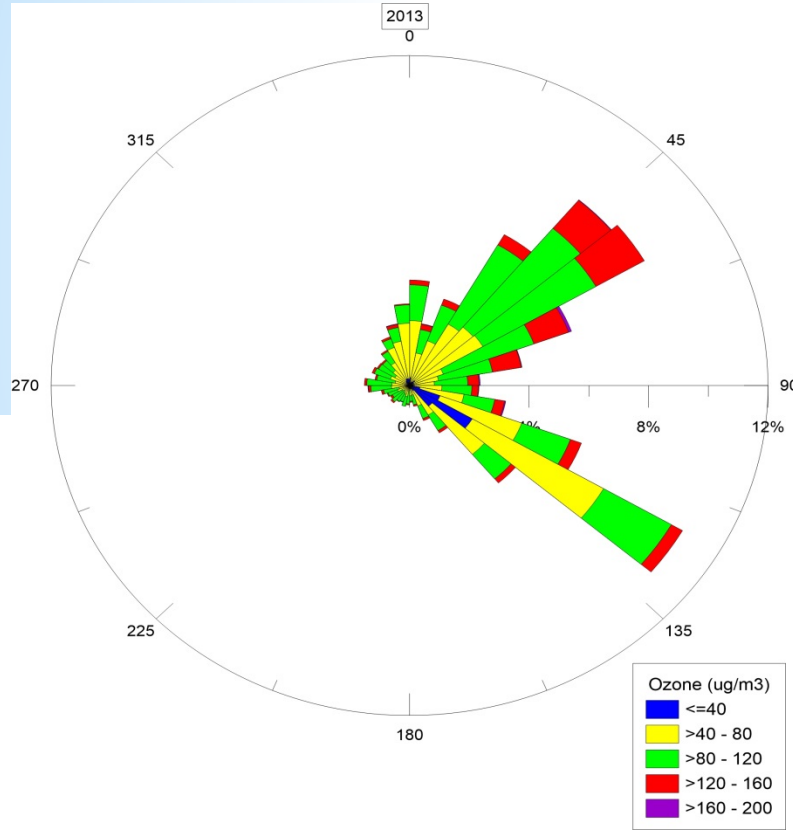
- ✓ Elde edilen kümeleme analizi sonuçlarına göre 2013 ve 2014 yılları arasında çalışma alanındaki hava parsellerinin %44 u İstanbul ve Trakya bölgesi üzerinden hareket etmektedir. Bu hava hareketlerinin gözlemlendiği günlerdeki ozon seviyeleri ortalama saatlik $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür.
- ✓ Hava hareketlerinin %19 unun kaynağı ise çalışma alanının güneyinde yer alan İzmir ve civarıdır. Hava hareketlerinin %28 i eşit oranlarda kuzey Avrupa ve Rusya üzerinden kaynaklanmaktadır.
- ✓ Çalışma alanına ulaşan hava parsellerinin %72 sinin kuzey kökenli olduğu hesaplanmıştır.
- ✓ Ortalama saatlik en yüksek ozon seviyelerinin ($78 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gözlemlendiği günlerdeki hava hareketlerinin Rusya üzerinden (4. Rota) geldiği belirlenmiştir.
- ✓ En düşük ozon seviyelerinin olduğu günlerde ise hava hareketlerinin kaynağı bölgenin güneyi olan 1. Rota güzergahıdır.

OZON SEVİYELERİNİN METEOROLOJİK KOŞULLARLA İRDELENMESİ

	Rüzgar Hızı	Sıcaklık	Bağıl Nem
	r_p	r_p	r_p
2013	0,40	0,58	-0,47
2014	0,32	0,54	-0,49

- ✓ Tabloya göre ozon seviyelerinin sıcaklıkla arasında iyi bir uyum olduğu görülmektedir.
- ✓ Ancak rüzgar hızı ile çok yüksek bir uyumluluk yakaladığı söylemek mümkün değildir. Bunun nedeni olarak rüzgar hızının kirleticileri seyrelmesinde, dağılımında ve taşınımın da önemli etkisi olabilir.
- ✓ Bunların yanı sıra ozon konsantrasyonları ile bağıl nem değerleri arasında negatif bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. Bağıl nem ve sıcaklık arasında da ters orantı vardır ki; sıcaklık arttıkça bağıl nem azalır.

OZON SEVİYELERİNİN METEOROLOJİK KOŞULLARLA İRDELENMESİ



Şekilde; hava kütlelerinin hareketlerinin ozon seviyelerine etkileri saatlik rüzgar verileri kullanılarak incelenmiş ve ozon gülleri çizilmiştir.

Bölgede genellikle $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den yüksek olan ozon konsantrasyonları rüzgarların NE yönlü olduğu saatlerde ölçülmektedir.

POTANSİYEL FİTOTOKSİK ETKİSİ - BİTKİ VE ORMANLAR İÇİN AOT40 DEĞERLENDİRMESİ

AOT40 Avrupa Birliđi Temiz Hava Direktifinde ve Hava Kalitesi Deđerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliđinde belirtilen bir kavram olup; ozon kirliliğinin bitki ve orman alanlarına etkilerinin tahmini açısından saatlik ozon ölçümleri kullanılarak hesaplanır.

AOT40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$), her gün, Merkezi Avrupa Saat Dilimi 8:00 ve 20:00 arasında ölçülen sadece 1 saatlik değerler kullanılarak belirli bir zaman dilimi sonunda, $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den daha büyük saatlik konsantrasyonlar arasındaki farkın toplamı demektir (HKDYY, 2008).

Bitki hayatına etkisi araştırırken 1 Mayıs-31 Temmuz tarihleri arasındaki günler hesaplanırken; **orman alanlarında ise 1 Nisan-30 Eylül arası** göz önüne alınmıştır.

POTANSİYEL FİTOTOKSİK ETKİSİ - BİTKİ VE ORMANLAR İÇİN AOT40 DEĞERLENDİRMESİ

İstasyon/ Yıl	İnsan sağlığının korunması için			Bitki sağlığının korunması için			Ormanların korunması için	
	Aşım sayısı	Hedef değer	Uzun vadeli hedef	AOT40 değeri	Hedef değer	Uzun vadeli hedef	AOT40 değeri	Hedef heğer
Lapseki/ 2013	41	120 µg/m ³	120 µg/m ³	34241 µg/m ³ ·h	18000 µg/m ³ ·h	6000 µg/m ³ ·h	61798 µg/m ³ ·h	20000 µg/m ³ ·h
Lapseki/ 2014	40	120 µg/m ³	120 µg/m ³	20866 µg/m ³ ·h	18000 µg/m ³ ·h	6000 µg/m ³ ·h	43843 µg/m ³ ·h	20000 µg/m ³ ·h
Çan/2013	65	120 µg/m ³	120 µg/m ³	29878 µg/m ³ ·h	18000 µg/m ³ ·h	6000 µg/m ³ ·h	51471 µg/m ³ ·h	20000 µg/m ³ ·h
Çan/2014	66	120 µg/m ³	120 µg/m ³	29939 µg/m ³ ·h	18000 µg/m ³ ·h	6000 µg/m ³ ·h	52041 µg/m ³ ·h	20000 µg/m ³ ·h

Her iki istasyonda da AOT40 değerleri bitkilerin korunması için kritik olan 18000 µg/m³·h değerinin ve orman alanlarına etkileri değerlendirildiğinde hedef değer olan 20000 µg/m³·h in çok üstündedir.

Lapseki ve Çan'daki ozon ölçümleri bu hedef değer ışığında incelendiğinde Lapseki de ortalama bir yılda 41 ve Çan da ise 66 kez geçildiği hesaplanmıştır. Sonuçlar bölgedeki ozon seviyelerinin insan sağlığı açısından da önemli bir tehdit olduğunu ifade etmektedir.

DEĞERLENDİRMELER

- Yıllık ortalama değerleri 48-117 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında oldukları belirlenen ozon konsantrasyonları yaz aylarında kışa nazaran daha yüksek seviyelerdedir.
- Ölçülen ozon seviyeleri mekansal olarak incelendiğinde ise bölgedeki yüksek ozon konsantrasyonlarına genellikle dağlık bölgelerde rastlanmaktadır.
- Ozon değerlerinin gün içerisindeki değişimleri incelendiğinde ise en yüksek seviyelere saat 15:00-17:00 arasında ulaşılmaktadır.
- Bölgedeki ozon seviyelerine trafik ve evsel ısınma gibi lokal kirlilik kaynaklarına nazaran bölgesel kirleticilerin etkisinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir.
- Yüksek ozon seviyelerinin gözleendiği epizotta hava hareketlerinin İstanbul ve Trakya bölgesi üzerinden taşındığı belirlenmiştir.
- Çalışma alanına 2 yıl içerisinde ulaşan hava parsellerinin %72 sinin kuzey kökenli olduğu hesaplanmıştır.
- Ortalama saatlik en yüksek ozon seviyelerinin ($78 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gözleendiği günlerdeki hava hareketlerinin Rusya üzerinden geldiği belirlenmiştir. En düşük ozon seviyelerinin olduğu günlerde ise hava hareketlerinin kaynağı ise bölgenin güneyidir.

DEĞERLENDİRMELER

- Bölge için ozon gülleri çizilerek; $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den yüksek olan ozon konsantrasyonlarının rüzgarların NE yönlü olduğu saatlerde görüldüğü tespit edilmiştir.
- Hesaplanan AOT40 değerlerinin sınırların çok üzerinde olduğu ve çalışma alanındaki ozonun bitki yaşamı ve ormanlar üzerinde zarar verici boyutta bir etkisinin olabileceği sonucuna varılmıştır.
- Lapseki ve Çan'daki saatlik ozon seviyelerinin $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olan hedef değeri sırasıyla 41 ve 66 kez geçtiği gözlenmiştir.
- Sonuçlar bölgedeki ozon seviyelerinin insan sağlığı açısından da önemli bir tehdit olduğunu ifade etmektedir.

KAYNAKLAR

Bora B. (1999). Acid rains and their effects over the land cover in Çanakkale province. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.

HKDYY, (2008). Hava Kalitesi Denetimi ve Yönetimi Yönetmeliği

Kantarıcı, D. (2001). The Effect of Air Pollution on Forests in Biga Peninsula, *Journal of Environmental Protection and Ecology (JEPE)*, 4, 806-818.

Kantarıcı, D. (2011). Vertical climate zones in Biga peninsula: The impact of climate change and air pollution on forests, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 19, 797–810.

Notario, A., Bravo, I., Adame, J.A., Díaz-de-Mera, Y., Aranda, A., Rodríguez, A., Rodríguez, D., (2012). Analysis of NO, NO₂, NO_x, O₃ and oxidant (OX = O₃ + NO₂) levels measured in a metropolitan area in the southwest of Iberian Peninsula, *Atmos. Res*, 104, 217–226.

Notario, A., Bravo, I., Adame, J.A., Díaz-de-Mera, Y., Aranda, A., Rodríguez, A., Rodríguez, D., (2013). Variability of oxidants, and preliminary study on ambient levels of ultrafine particles and VOCs, in an important ecological area in Spain, *Atmospheric Research*, 128, 35-45.

*Teşekkürler.