



# MARMARA BÖLGESİ HAVA KALİTESİNİN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE ANALİZİ



Onur GÜMÜŞ<sup>1</sup>, Ülkü ALVER ŞAHİN<sup>2</sup>, Burcu ONAT<sup>2</sup>, Ramazan ÖZÇELİK<sup>3</sup>, Ergün GEDİK<sup>3</sup>, İsmail SOLAKOĞLU<sup>3</sup>, Nihat TAŞ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İstanbul Çevre İl Müdürlüğü, Beşiktaş, İstanbul.

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul.

<sup>3</sup>Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Marmara Temiz Hava Merkezi, Nişantaşı, İstanbul.

<sup>4</sup>İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Sayısal Yöntemler ABD, Avcılar, İstanbul.

# KAPSAM

- » Tüm Marmara bölgesinde (11 ilde) T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Marmara Temiz Hava Merkezi (MTHM) tarafından hava kirliliği ölçülmektedir.
- » Mevcut durumda MTHM tarafından sürekli ölçümü yapılan parametreler üzerinden istasyonların bulunduğu konuma ait hava kirliliği seviyesi limit değerler çerçevesinde değerlendirilmektedir
- » Bu çalışma kapsamında MTHM tarafından tüm hava kalitesi istasyonlarında ölçümü yapılan  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  parametrelerinin istatistiksel analizi yapılmış ve ölçüm noktası ölçeğinde zamansal ve mekansal değişimleri/farklılıkları değerlendirilmiştir.





# GİRİŞ

- » Sanayileşme, hızlı nüfus artışı, kentsel yapılaşma ve ekonominin merkezi olması sebebi ile Türkiye’de Marmara bölgesi önemli bir yere sahiptir.
- » Tüm bu etkenler Marmara Bölgesinin içinde bulunan kentsel alanlarda hava kalitesinin bozulmasına sebep olmaktadır.
- » Marmara bölgesinde kömürden doğalgaza geçiş süreci son 20 yılda önemli bir kükürt dioksit ( $SO_2$ ) azalması sağlamıştır. Buna karşın atmosferdeki Partikül Madde (PM) konsantrasyonlarının 2019 hedef sınır değerini yakalaması güç gözükmemektedir.
- » Özellikle solunabilen PM ( $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$ ) hava kirliliğinin en önemli göstergelerindedir. PM, kimyasal içeriğinde birincil ve ikincil hava kirleticilerini barındıran ve yakın ve uzak mesafelerden gelen hava kirleticilerine gösterge olan bir parametredir.
- » Ülkemizde hava kalitesini belirlemek için Temiz Hava Merkezleri, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı, Belediyeler, EMEP (Vize), Organize Sanayi Bölgeleri Müdürlükleri bünyesinde ölçümler yapılmaktadır (Marmara Bölgesi’nde toplam 65 HKÖİ mevcuttur)



# GİRİŞ

- » 2008/50/EC sayılı Hava Kalitesi Direktifi (CAFE) ve 2004/107/EC sayılı Havadaki Arsenik, Kadmiyum, Civa, Nikel ve Poliaromatik Hidrokarbona ilişkin Direktif kapsamında ülkemiz, 8 Bölge ve 46 Alt Bölgeye ayrılmıştır
- » Bu çerçevede ilk olarak, Marmara Temiz Hava Merkezi, Avrupa Birliği ile Ülkemizin ortak finanse ettiği TR/07/IB/EN/02 “*Marmara Bölgesinde Hava Kalitesi Alanında Kurumsal Yapılanma Projesi*” kapsamındaki Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü 13522 sayılı Bakanlar Kurulu kararı ve 04.07.2011 tarih ve 27984 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan 644 Sayılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname kapsamında kurulmuştur.
- » Marmara Bölgesi’nde hava kalitesi alanında izleme, yönetim ve kurumsal altyapının oluşturulması ve diğer bölgeler için ve hava kalitesi alanında yapılacak çalışmalar için model teşkil etmesi amaçlanmıştır



# GİRİŞ

- » 10 Temmuz 2015 tarih ve 29412 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Çevre ve Şehircilik Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname kapsamında kurulan diğer Temiz Hava Merkezleri
- » Ege Temiz Hava Merkezi
- » Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkezi
- » Güney İç Anadolu Temiz Hava Merkezi
- » Orta Karadeniz Temiz Hava Merkezi
- » Doğu Anadolu Temiz Hava Merkezi
- » Güneydoğu Anadolu Temiz Hava Merkezi
- » Akdeniz Temiz Hava Merkezi





T.C. ÇEVRE VE  
ŞEHİRCİLİK  
BAKANLIĞI  
MTHM





İstasyonlar				ÖLÇÜLEN PARAMETRELER								
Nr.	Şehir	Konum	İstasyon Tipi	PM10	PM2.5	NO2	SO2	O3	CO	BTX	LoVol	Meteorolojik
1	İstanbul	MTHM	Eğitim	1	1	1	1	1	1	1	2	
2	İstanbul	ŞİLE	Kırsal	1		1		1				1
3	İstanbul	SİLVİRİ	Yarı Kırsal	1	1	1		1				1
4	İstanbul	SULTANGAZİ	Yarı Kırsal			1	1	1				1
5	İstanbul	KAĞITHANE	Kentsel		1	1	1	1		1		1
6	İstanbul	SULTANBEYLİ	Kentsel			1	1	1		1		1
7	İstanbul	ESENYURT	Kentsel/Sanayi	1		1	1	1				1
8	İstanbul	BAŞAKŞEHİR	Sanayi	1		1	1	1	1		1	1
9	İstanbul	ÜMRANIYE	Trafik	1	1	1	1		1	1		
10	İstanbul	MECİDİYEKÖY	Trafik	1		1			1	1		
11	İstanbul	ŞİRİNEVLER	Trafik	1		1	1		1	1		
12	İstanbul	ÜSKÜDAR	Trafik	1		1			1	1		
13	İstanbul	KANDİLLİ	Gemi Trafiği	1		1	1		1	1		1
14	Kocaeli	İZMİT	Trafik	1		1			1	1		
15	Kocaeli	KÖRFEZ	Sanayi	1		1	1	1		1	1	1
16	Kocaeli	ALİKAHYA	Kentsel/Sanayi	1		1	1				1	1
17	Kocaeli	GÖLCÜK	Yarı Kırsal		1	1	1	1				1
18	Kocaeli	YENİKÖY	Kentsel	1		1	1	1				1
19	Kocaeli	KANDIRA	Kırsal/Ekoloji	1	1	1		1				1
20	Tekirdağ	MERKEZ	Trafik	1		1	1		1	1		
21	Tekirdağ	ÇERKEZKÖY	Kentsel/Sanayi	1	1	1	1		1		1	1
22	Sakarya	MERKEZ	Trafik	1		1			1	1		
23	Sakarya	OZANLAR	Kentsel		1	1	1	1				1
24	Bilecik	BOZÜYÜK	Kentsel	1		1	1					1
25	Yalova	ALTINOVA	Yarı Kırsal		1	1	1	1				1
26	Yalova	ARMUTLU	Kırsal	1	1	1	1	1				1
27	Bursa	KÜLTÜRPAK	Kentsel			1	1	1				1
28	Bursa	BEYAZIT CAD.	Trafik	1		1	1		1	1		
29	Bursa	ULUDAĞ ÜNİV.	Kentsel		1	1	1	1				1
30	Bursa	KESTEL	Sanayi	1		1	1				1	1
31	Bursa	İNEGÖL	Sanayi	1		1	1				1	1
32	Balıkesir	BANDIRMA	Kentsel	1		1	1					1
33	Balıkesir	ERDEK	Kırsal			1	1	1				1
34	Edirne	KARAAĞAÇ	Yarı Kırsal		1	1	1	1				1
35	Edirne	KEŞAN	Kentsel	1	1	1	1	1				1
36	Kırklareli	LİMANKÖY	Kırsal	1		1	1	1				1
37	Kırklareli	LÜLEBURGAZ	Sanayi	1		1	1				1	1
38	Çanakkale	LAPSEKİ	Yarı Kırsal		1	1	1	1				1
39	Çanakkale	ÇAN	Kentsel	1		1	1	1				1
				28	14	39	32	23	12	13	9	30



# Yöntem

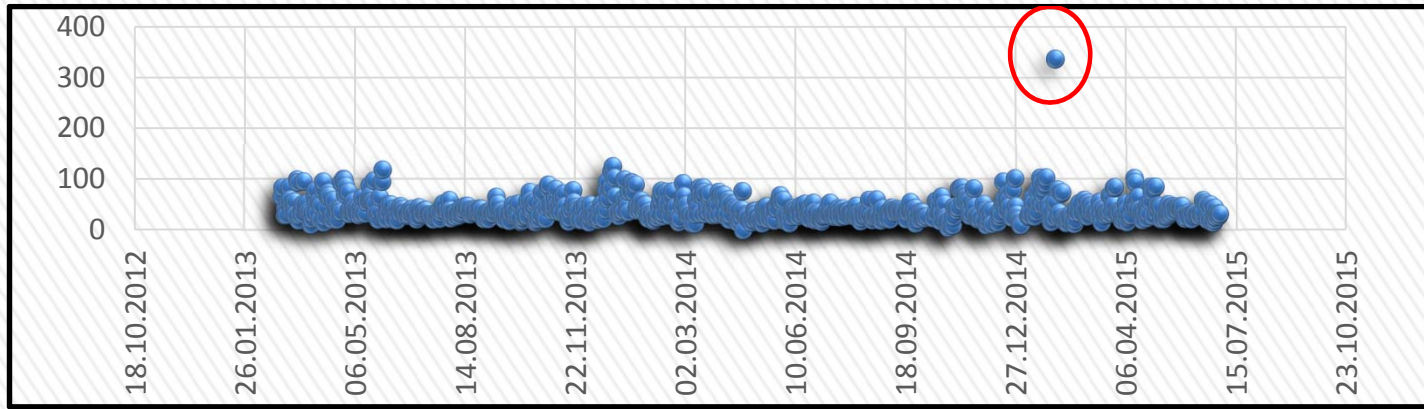
- » 1 Mart 2013-30 Haziran 2015 arası günlük ortalama  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  verilerinin MTHM'den temini
- » 27 adet  $PM_{10}$ , 13 adet  $PM_{2.5}$  ölçümü yapan Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu mevcuttur
- » 6 adet HKÖİ'unda  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  birlikte ölçülmüştür
- » PM ölçümleri BAM 1020 (Beta Attenuation Monitor/EPA EQPM0798-122 Metod) Cihazı ile yapılmaktadır
- » Tüm sonuçlar MTHM'den günlük ortalamalar şeklinde temin edilmiştir.
- » İstatistiksel analizler SPSS 20.0 programı ile yapılmıştır





# Yöntem

- » Verilerin incelenmesi
- » Pik konsantrasyon gözlemleri ?

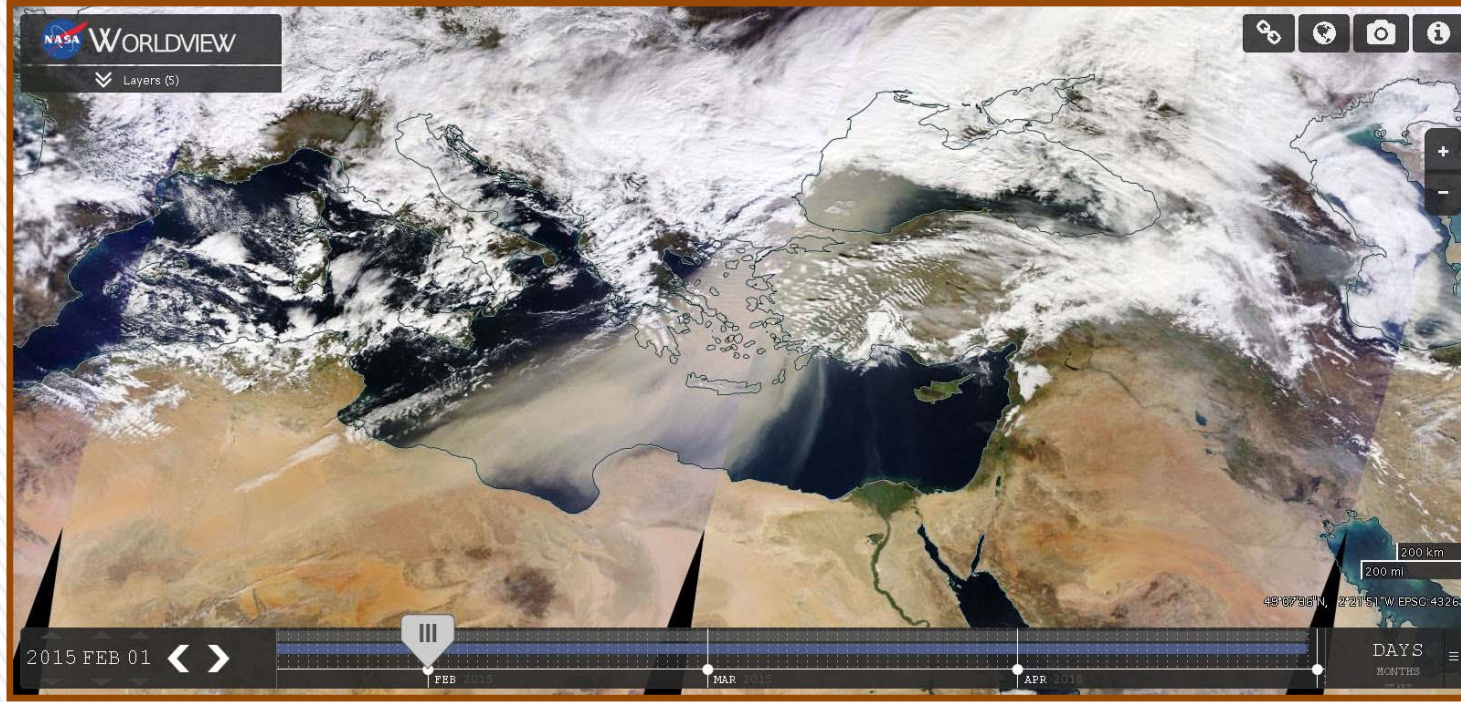


- » Tanımlayıcı İstatistikler
- » Çıkarımsal İstatistikler
- » Sonuçlar





# Sahra Tozu !

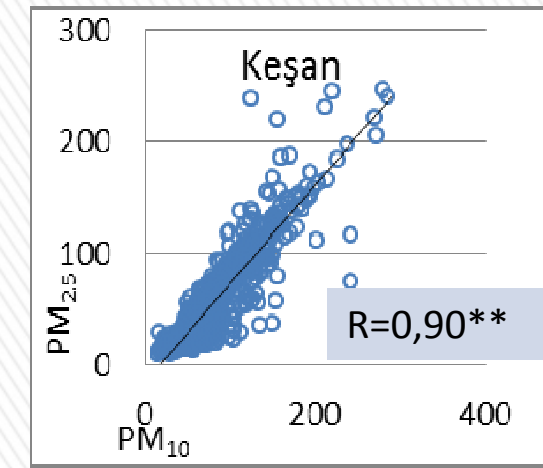
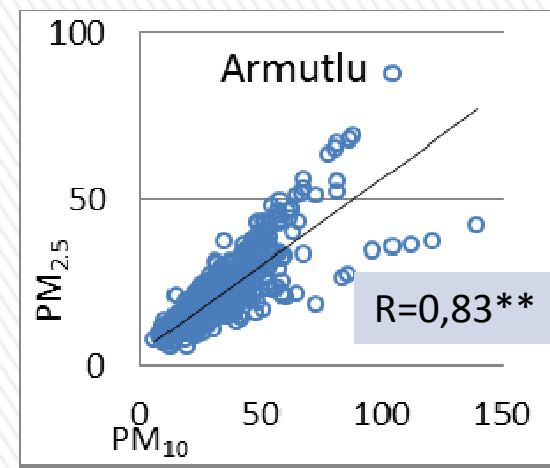
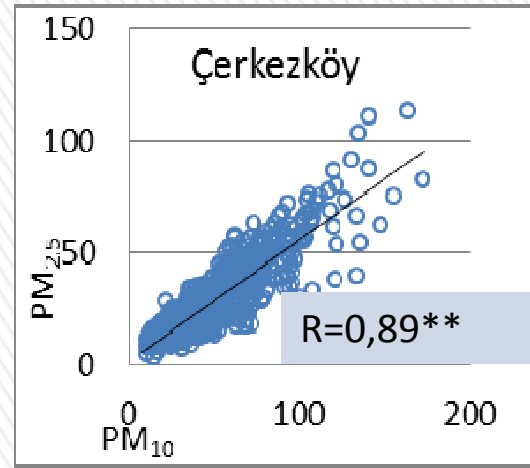
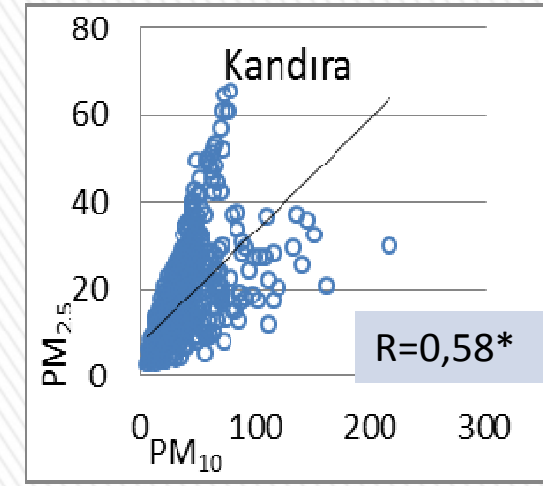
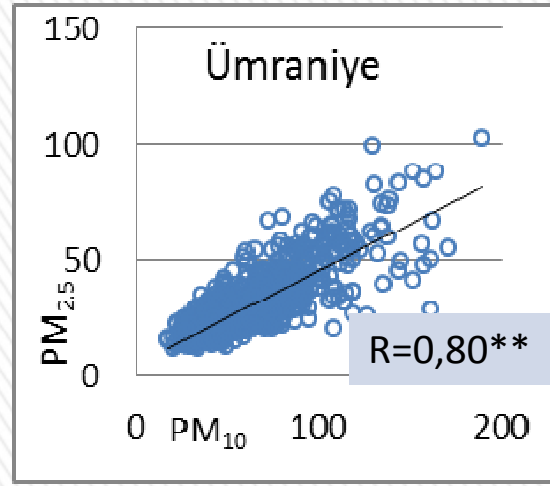
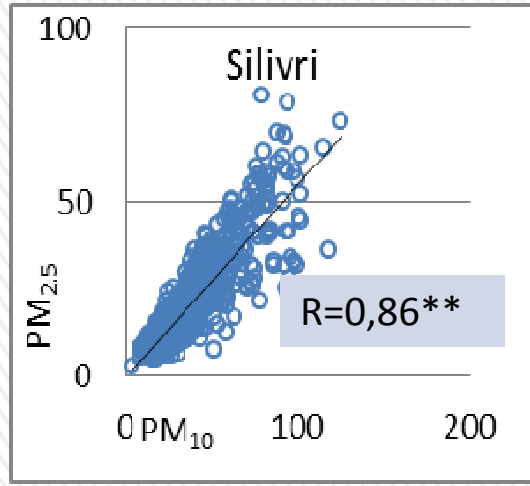


- » Tüm istasyonlarda 2/1/2015-2/2/2015 tarihinde 84,5 ile 771  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişen (ortalama 300)  $\text{PM}_{10}$  pik değerlerinin kaydedildiği gözlenmiştir.





	PM	LAG <sup>1</sup> /N	Ort.	Geo. Ort	Ortanca	Min	Mak	Std.sap	Kurt. <sup>2</sup>	Skew. <sup>3</sup>	PM <sub>2.5</sub> /PM <sub>10</sub>
Şile	PM <sub>10</sub>	31/842	28,5	26,6	26,5	8,7	143,8	11,8	16,5	2,6	
Silivri	PM <sub>10</sub>	178/830	39,9	36,0	34,7	4,6	124,8	19,2	1,9	1,4	0,54±0,14
	PM <sub>2,5</sub>		21,5	18,6	17,9	2,9	80,6	12,5	2,9	1,6	
Kağıthane	PM <sub>2,5</sub>		33,9	29,3	27,5	6,2	156,9	20,8	6,3	2,1	
Esenyurt	PM <sub>10</sub>	682/825	93,2	81,7	80,9	17,2	345,5	51,3	3,5	1,6	
Başakşehir	PM <sub>10</sub>	401/798	59,7	52,2	51,0	11,6	229,0	32,6	2,8	1,5	
Ümraniye	PM <sub>10</sub>	545/819	65,6	60,6	61,7	18,5	189,9	26,9	1,6	1,1	0,49±0,13
	PM <sub>2,5</sub>		31,8	29,2	28,0	12,2	136,3	14,6	5,7	1,9	
Mecidiyeköy	PM <sub>10</sub>	388/832	54,5	50,3	48,9	13,9	204,0	23,6	4,5	1,7	
Şirinevler	PM <sub>10</sub>	596/816	72,6	66,8	64,4	17,9	220,3	31,2	1,4	1,2	
Üsküdar	PM <sub>10</sub>	269/817	46,6	40,9	40,0	8,0	205,6	25,5	4,3	1,7	
Kandilli	PM <sub>10</sub>	253/819	47,0	41,5	40,1	10,3	204,7	25,8	3,7	1,7	
İzmit	PM <sub>10</sub>	448/816	64,5	56,1	53,4	15,0	246,9	36,0	1,6	1,3	
Körfez	PM <sub>10</sub>	393/834	57,3	51,1	49,3	14,4	182,7	28,7	1,3	1,2	
Alikahya	PM <sub>10</sub>	336/819	53,1	46,6	45,0	7,7	171,7	28,4	1,2	1,2	
Gölcük	PM <sub>2,5</sub>		24,2	20,4	19,2	4,2	94,1	15,4	2,7	1,6	
Yeniköy	PM <sub>10</sub>	203/792	41,8	36,9	36,9	8,8	136,4	21,4	1,7	1,2	
Kandıra	PM <sub>10</sub>	107/817	33,8	29,1	27,8	5,9	216,9	21,7	12,2	2,8	0,52±0,18
	PM <sub>2,5</sub>		16,4	14,0	13,8	2,7	65,3	9,8	4,5	1,8	
TkrdMerkez	PM <sub>10</sub>	622/826	75,7	68,8	66,4	17,3	242,6	35,8	2,6	1,5	
Çerkezköy	PM <sub>10</sub>	268/830	46,7	41,0	39,6	7,9	172,7	25,5	2,6	1,5	0,58±0,15
	PM <sub>2,5</sub>		26,8	23,2	22,1	3,1	113,1	15,8	3,6	1,7	
SkryMerkez	PM <sub>10</sub>	442/838	64,1	55,8	52,6	15,0	230,1	36,0	2,0	1,4	
Ozanlar	PM <sub>2,5</sub>		38,9	32,3	29,2	7,3	196,2	27,1	4,6	2,0	
Bozöyük	PM <sub>10</sub>	444/822	62,2	53,9	54,0	9,8	258,2	33,9	2,4	1,3	
Altınova	PM <sub>2,5</sub>		24,7	22,6	21,8	7,2	76,5	11,1	2,5	1,4	
Armutlu	PM <sub>10</sub>	77/828	32,0	29,1	29,8	6,4	139,7	14,9	7,4	1,9	0,66±0,14
	PM <sub>2,5</sub>		20,5	18,8	19,0	5,4	87,7	9,4	6,6	1,9	
Uludağ Univ.	PM <sub>2,5</sub>		28,2	25,0	24,6	3,8	103,0	14,6	2,7	1,5	
Beyazıt Cd.	PM <sub>10</sub>	631/832	78,5	70,5	67,7	18,2	275,4	39,0	2,1	1,4	
Kestel	PM <sub>10</sub>	590/829	71,6	65,1	64,8	18,7	239,6	32,4	2,6	1,3	
İnegöl	PM <sub>10</sub>	586/830	86,3	71,2	66,0	15,0	333,5	60,1	2,7	1,7	
Bandırma	PM <sub>10</sub>	384/820	54,6	50,1	48,9	14,5	199,6	24,5	4,6	1,7	
Kesan	PM <sub>10</sub>	625/808	83,9	74,5	72,8	17,4	290,9	43,2	2,7	1,4	0,64±0,21
	PM <sub>2,5</sub>		57,0	44,9	42,6	9,4	247,0	41,1	2,6	1,5	
Limanköy	PM <sub>10</sub>	14/768	23,9	21,9	22,4	5,5	102,8	10,5	7,3	1,7	
Lüleburgaz	PM <sub>10</sub>	194/842	41,7	37,7	36,5	7,2	137,1	20,3	2,8	1,6	
Çan	PM <sub>10</sub>	527/833	73,1	63,1	59,9	10,6	300,7	43,3	2,9	1,6	
Karaağaç	PM <sub>2,5</sub>		21,3	18,2	17,3	2,9	95,0	13,3	4,5	1,9	
Lapseki	PM <sub>2,5</sub>		18,7	16,9	17,3	3,3	59,5	8,7	2,8	1,4	



» Marmara Bölgesinde ölçülen günlük ortalama  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  konsantrasyon değerlerinin korelasyonu.





# İstasyonlar Arası PM10 Korelasyonu

- » Bütün PM<sub>10</sub> ölçümlerinin istasyonlar arasında bir korelasyon gösterip göstermediği korelasyon analizi ile incelenmiştir.
- » Tüm istasyonlarda ölçülen PM<sub>10</sub> konsantrasyonları arasında 0,25 ile 0,89 aralığında korelasyon mevcuttur.
- » PM<sub>10</sub> konsantrasyon değişiminde en yüksek korelasyonun (R=0,89, p<0,01) Kocaeli kentsel istasyonları (Yeniköy-Alikahya) arasında olduğu görülmüştür.
- » Kocaeli'nin diğer ölçüm noktaları arasında PM<sub>10</sub> değişimi korelasyonu 0,81 ile 0,85 aralığında yüksek anlamlılık göstermektedir.
- » İkinci en yüksek korelasyon (0,88) ise İstanbul, Üsküdar ve Kandilli arasında hesaplanmıştır. Kandilli istasyonu gemi trafiğini yansıtması için kurulmuş bir ölçüm noktasıdır, ancak Üsküdar istasyonu ile benzer bir değişim göstermekte ve aynı ortanca PM<sub>10</sub> değerleri (40µg/m<sup>3</sup>) kaydedilmiştir.
- » Ayrıca Üsküdar istasyonunda ölçülen PM<sub>10</sub> değerleri İstanbul'da Mecidiyeköy, Şirinevler, Başakşehir ve Silivri de ölçülen PM<sub>10</sub> değerleri ile de 0,81 ile 0,86 aralığında değişen yüksek bir korelasyona sahiptir.
- » Bursa Beyazıt caddesi istasyonu ile Bursa İnegöl istasyonunda ölçülen PM<sub>10</sub> değişimi korelasyonu da 0,83 düzeyinde yüksek değerdedir.

# İstasyonlar Arası PM<sub>2.5</sub> Korelasyonu

- » Tüm istasyonlarda ölçülen PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonları arasında 0,33 ile 0,88 aralığında değişen pozitif yönlü korelasyon mevcuttur.
- » PM<sub>2.5</sub> konsantrasyon değişiminde en yüksek korelasyon (R=0,88, p<0,01) Silivri ile Kağıthane ölçüm noktaları arasındadır
- » Kentsel istasyonlar olan Yalova-Altınova ve Kocaeli-Gölçük'de ölçülen PM<sub>2.5</sub> değerleri arasındaki korelasyon 0,86 düzeyindedir.
- » Kocaeli Kandıra kırsal bir istasyon olmasına karşın Kocaeli Gölçük ile PM<sub>2.5</sub> değişiminde 0,85 korelasyon göstermektedir.
- » Benzer şekilde kentsel istasyon olan Silivri ile Sanayi istasyonu olan Çerkezköy arasındaki PM<sub>2.5</sub> korelasyonunda 0,83 düzeyindedir.
- » Korelasyon analizinde görülmektedir ki istasyonların tipi farklı olmasına karşın birbirine yakın lokasyonlarda bulunan istasyonlar benzer bir PM değişimi göstermektedir.





# ANOVA ve t-Testi

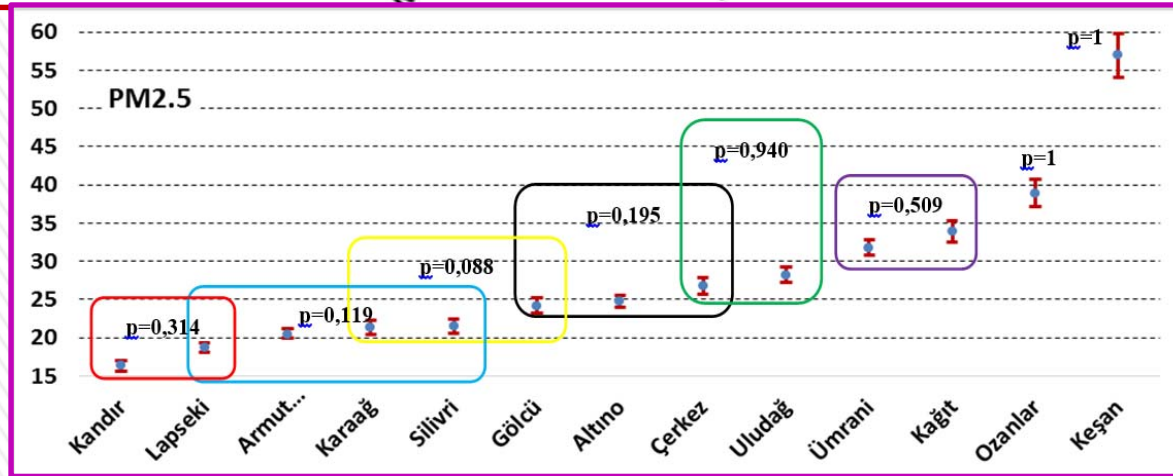
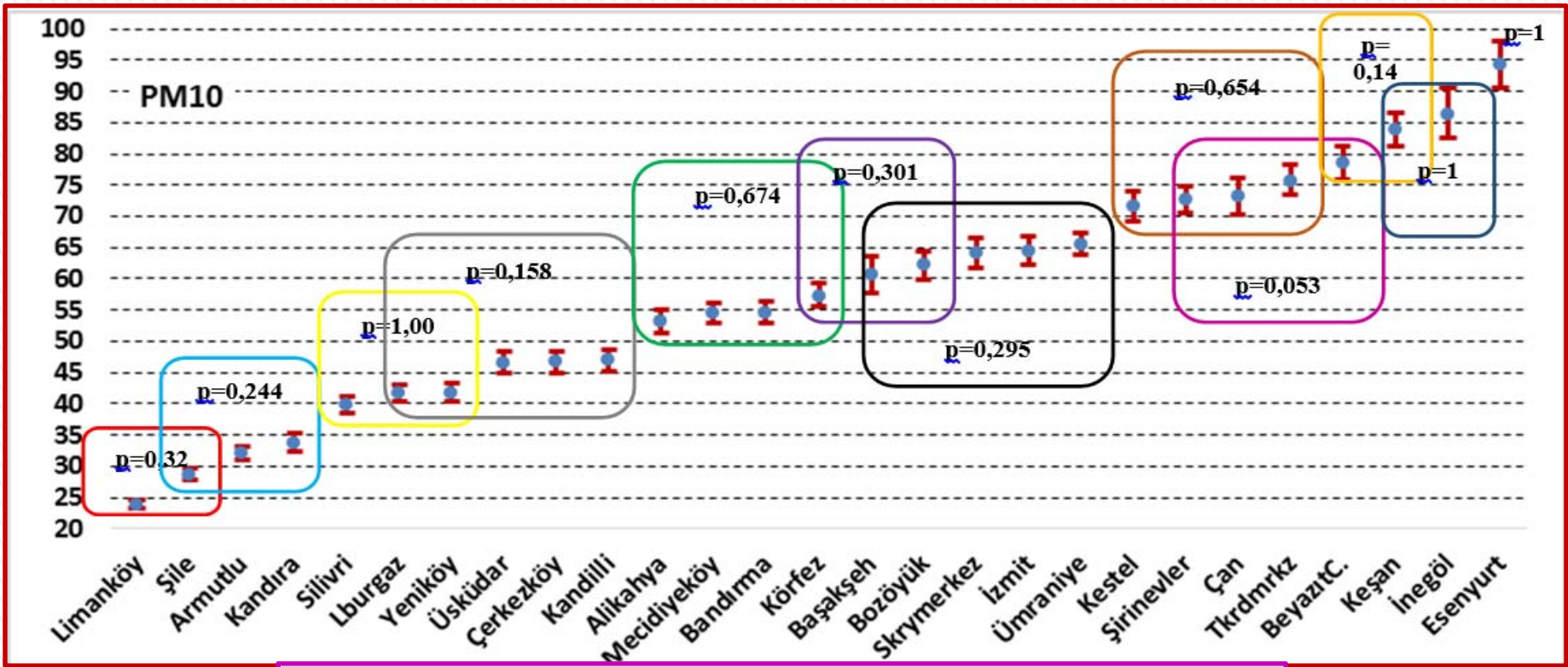
- » 22185 gözlemden oluşan  $PM_{10}$  ve 10668 gözlemden oluşan  $PM_{2.5}$  ölçümlerine ait veri setlerinin, istasyonlara, ısınma tiplerine, günlere ve hafta içi hafta sonu ayırımına bağlı olarak tanımsal istatistikleri hesaplanmış, histogramları çizdirilerek görsel ön incelemeleri yapılmıştır.
- » Tüm gruplarda ve her iki ölçüm türünde ( $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$ ) asimetri ölçülerinin (Skewness) pozitif olması, görsel incelemede de öne çıkan sağa çarpıklığı göstermektedir.
- » Ölçüm ortalamalarının çeşitli etkenlerin seviyelerinde farklılaşıp farklılaşmadığının test edilmesinde, karşılaşılan grup sayısının iki olması halinde t, ikiden fazla olması halinde ise F testi (ANOVA) uygulanmaktadır.
- » ANOVA ve t-testi sonuçlarının geçerliliği için normallik ve varyans eşitlikleri varsayımlarının geçerli olması gerekmektedir.
- » Bu varsayımlar sırasıyla Shapiro-Wilk ve Kolmogorov-Smirnov normallik testleri ve Levene varyans eşitliği testleri uygulanarak sınanmıştır.
- » Tüm testlerde sıfır hipotezleri reddedilmiş, dağılımların normal olduğu ve varyansların homojen olduğu söylenememiştir.
- » Bu durumda ANOVA ve t-testi sonuçları, varsayım ihlalleri nedeniyle güvenilir olmayacaktır



# ANOVA ve t-Testi

- » Normallikten sapmanın asıl nedeni olduğu düşünölen çarpıklığın giderilmesi için veri setlerinde logaritmalı ve kareköklü dönüşömler uygulanarak normallik testleri yapıldığında, tüm grupların yarıya yakınında normallik sağlanmış ancak kalan gruplarda normal dağılım hipotezi reddedilmiştir.
- » Parametrik testlerin varsayımlarındaki ihlaller nedeniyle, varyans analizinin (ANOVA) parametrik olmayan alternatifi, Kruskal-Wallis analizi yapılmış ve orijinal verilerle ANOVA ve t-testlerinde elde edilen sonuçlarla paralel, anlamlı sonuçlar elde edilmiştir.
- » Ancak Kruskal-Wallis analizi ertesinde sonuçların anlamlı olması halinde, farklılığın hangi gruplarda oluştuğunun görölememesi nedeniyle, gerek ANOVA gerekse de t-testleri, yeniden örnekleme esasına dayanan, parametrik varsayım ihlallerine dirençli olduğu için literatürde güçlü (robust) tahminleyen olarak gösterilen “bootstrapped ANOVA” ve “bootstrapped t-testleri” uygulanmıştır.
- » Bootstrapped olmayan ANOVA ve t-testlerinin sonuçları burada verilmemektedir.
- » Orijinal (sağa çarpık ve varyansların eşit olduğu sıfır hipotezlerinin reddedildiği) verilerle bootstrapped analiz sonuçları özetlenmekte ve bulgular değerlendirilmektedir.
- » Tüm analizlerde iadeli basit tesadüfi örnekleme ile 1000 tekrarlı olarak simüle edilen anakötle parametre dağılımından persantil (percentile) değerleri kullanılarak güven aralıkları inşa edilmiş ve karşılaştırmalar bu dağılımlar üzerinden yapılmıştır.



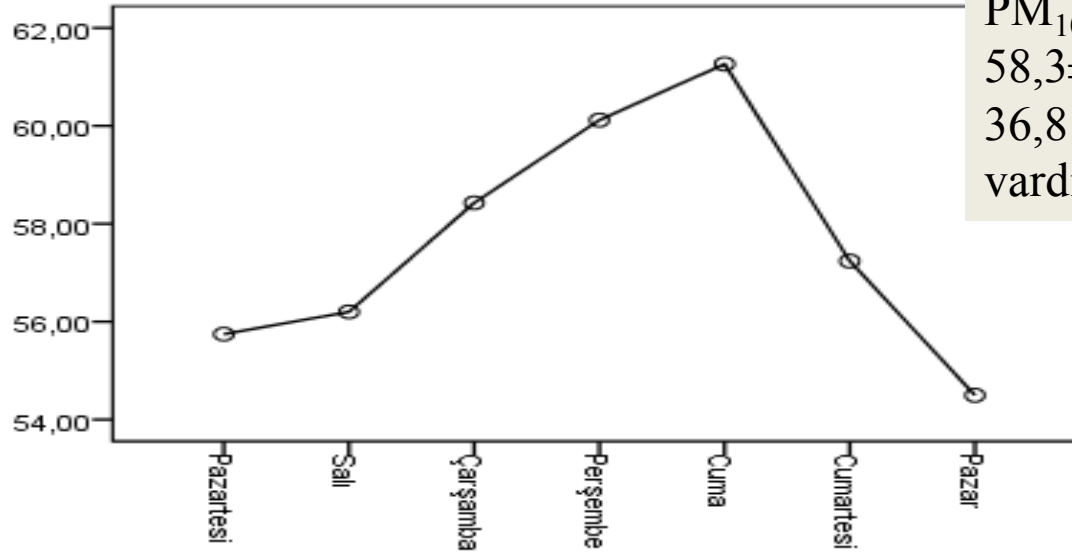


- » Her bir istasyon için  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  ölçümlerinin %95 güven düzeyinde ortalamasının yer aldığı değer aralığı ve farklılık gösteren homojen gruplar.

			Ortalama, µg/m <sup>3</sup>		Fark	p-değeri	95% Güven Sınırları	
			Isınma Var	Isınma Yok			Alt	Üst
<b>ŞİLE</b>	<b>KIRSAL</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>29,4±12,6</b>	<b>28,1±12,4</b>	<b>1,0</b>	<b>0,28</b>	<b>-0,9</b>	<b>2,6</b>
Silivri	YARI KIRSAL	PM <sub>10</sub>	42,9±22,0	35,5±12,8	7,4	0,00	5,0	9,7
		PM <sub>2,5</sub>	25,6±14,1	15,4±5,6	10,2	0,00	9,0	11,6
Kağıthane	KENTSEL	PM <sub>2,5</sub>	41,5±23,7	24,1±9,4	17,4	0,00	14,9	19,7
Esenyurt	KENTSEL/SAN	PM <sub>10</sub>	102,9±68,3	83,3±34,9	19,6	0,00	12,2	26,8
Başakşehir	SANAYİ	PM <sub>10</sub>	64,3±49,6	55,7±25,0	8,6	0,00	3,5	14,4
Ümraniye	TRAFİK	PM <sub>10</sub>	70,1±28,7	59,3±22,7	10,9	0,00	7,0	14,3
		PM <sub>2,5</sub>	37,1±16,4	24,4±6,8	12,7	0,00	11,2	14,4
Mecidiyeköy	TRAFİK	PM <sub>10</sub>	59,4±25,9	48,0±18,2	11,4	0,00	8,4	14,6
Şirinevler	TRAFİK	PM <sub>10</sub>	82,9±33,2	58,8±21,5	24,1	0,00	20,5	27,8
Üsküdar	TRAFİK	PM <sub>10</sub>	53,4±28,8	36,4±14,5	16,9	0,00	13,9	20,1
Kandilli	GEMİ TRAFİĞİ	PM <sub>10</sub>	52,5±29,0	38,9±17,2	13,6	0,00	10,4	16,9
<b>İzmit</b>	<b>TRAFİK</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>79,3±39,8</b>	<b>48,2±21,8</b>	<b>31,1</b>	<b>0,00</b>	<b>26,6</b>	<b>35,0</b>
Körfez	SANAYİ	PM <sub>10</sub>	65,6±32,0	48,2±21,3	17,4	0,00	13,8	21,1
Alikahya	KENTSEL	PM <sub>10</sub>	61,3±32,2	42,6±17,5	18,7	0,00	15,3	22,0
Gölcük		PM <sub>2,5</sub>	30,3±17,6	16,2±6,1	14,1	0,00	12,4	15,7
Yeniköy	KENTSEL	PM <sub>10</sub>	47,4±24,4	35,2±14,7	12,2	0,00	9,3	15,0
Kandıra	KIRSAL/EKOL OJİ	PM <sub>10</sub>	37,1±24,3	27,6±13,8	9,5	0,00	6,9	12,2
		PM <sub>2,5</sub>	18,8±10,8	11,8±5,0	7,0	0,00	5,8	8,1
<b>Tekirdağ Mrkz</b>	<b>TRAFİK</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>87,9±38,2</b>	<b>56,4±19,8</b>	<b>31,5</b>	<b>0,00</b>	<b>27,8</b>	<b>35,6</b>
Çerkezköy	KENTSEL/SAN	PM <sub>10</sub>	51,2±28,6	39,8±17,6	11,4	0,00	8,3	14,5
		PM <sub>2,5</sub>	31,6±17,4	18,8±8,0	12,8	0,00	11,0	14,5
<b>Sakarya Mrkz</b>	<b>TRAFİK</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>81,1±38,1</b>	<b>42,5±16,3</b>	<b>38,6</b>	<b>0,00</b>	<b>34,7</b>	<b>42,6</b>
Ozanlar	KENTSEL	PM <sub>2,5</sub>	51,9±29,9	22,6±7,4	29,3	0,00	26,4	32,3
Bozöyük	KENTSEL	PM <sub>10</sub>	67,0±36,6	51,4±23,6	15,6	0,00	11,1	19,8
Altınova	YARI KIRSAL	PM <sub>2,5</sub>	27,8±12,6	20,7±7,1	7,1	0,00	5,6	8,6
<b>Armutlu</b>	<b>KIRSAL</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>31,6±15,8</b>	<b>32,6±13,5</b>	<b>1,0</b>	<b>0,32</b>	<b>-3,1</b>	<b>0,9</b>
		PM <sub>2,5</sub>	21,6±11,2	19,0±6,1	2,5	0,00	1,4	3,8
Uludağ Univ.	KENTSEL	PM <sub>2,5</sub>	32,3±17,2	22,6±6,6	9,7	0,00	8,0	11,5
BeyazıtC.	TRAFİK	PM <sub>10</sub>	91,0±44,7	61,5±19,4	29,5	0,00	25,2	34,1
Kestel	SANAYİ	PM <sub>10</sub>	79,7±34,2	62,7±27,7	17,0	0,00	12,9	21,2
<b>İnegöl</b>	<b>SANAYİ</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>105,5±69,5</b>	<b>58,2±22,1</b>	<b>47,3</b>	<b>0,00</b>	<b>40,8</b>	<b>53,8</b>
Bandırma	KENTSEL	PM <sub>10</sub>	59,1±28,7	49,4±17,0	9,8	0,00	6,8	12,8
<b>Keşan</b>	<b>KENTSEL</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>107,1±42,7</b>	<b>54,8±19,7</b>	<b>52,3</b>	<b>0,00</b>	<b>47,9</b>	<b>56,9</b>
		PM <sub>2,5</sub>	<b>82,0±39,5</b>	<b>25,6±9,6</b>	<b>56,4</b>	<b>0,00</b>	<b>52,4</b>	<b>60,3</b>
<b>Limanköy</b>	<b>KIRSAL</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>24,6±10,1</b>	<b>22,6±10,8</b>	<b>2,0</b>	<b>0,01</b>	<b>0,6</b>	<b>3,5</b>
Lburgaz	SANAYİ	PM <sub>10</sub>	47,9±22,9	33,2±11,3	14,8	0,00	12,3	17,1
<b>Çan</b>	<b>KENTSEL</b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>89,8±49,2</b>	<b>52,1±19,6</b>	<b>37,7</b>	<b>0,00</b>	<b>32,8</b>	<b>42,7</b>
Karaağaç	KIRSAL	PM <sub>2,5</sub>	25,3±15,6	16,4±7,1	9,0	0,00	7,3	10,7
Lapseki	YARI KIRSAL	PM <sub>2,5</sub>	19,4±10,1	17,7±6,2	1,8	0,00	0,6	2,9



Ortalama PM10

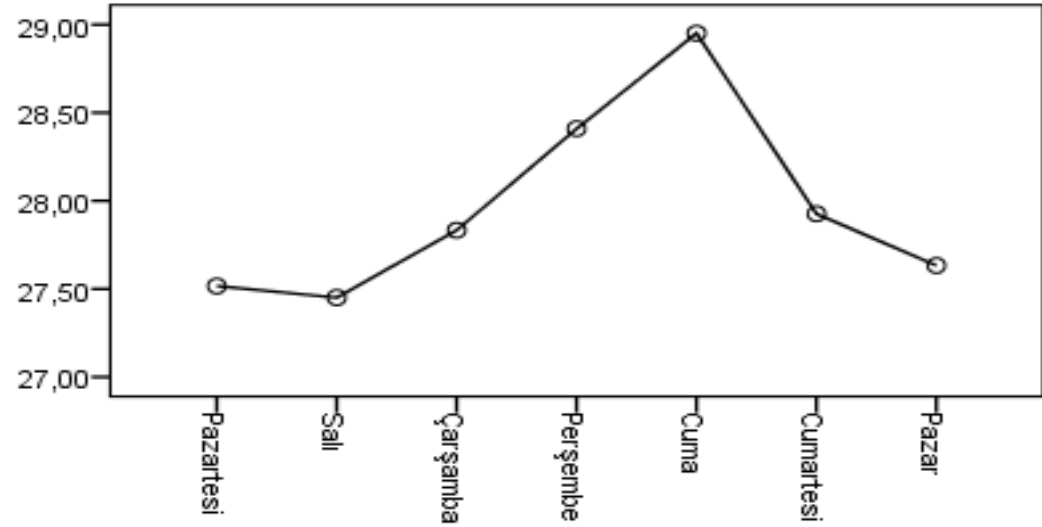


PM<sub>10</sub> değerleri hafta içi  $58,3 \pm 37,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve hafta sonu  $55,9 \pm 36,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve anlamlı bir farklılık vardır ( $t=4,484$ ,  $p=0,000$ ).

PM<sub>2.5</sub> değerleri hafta içi  $28,0 \pm 21,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve hafta sonu  $27,8 \pm 21,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve anlamlı bir farklılık yoktur ( $t=0,547$ ,  $p=0,434$ )

» Tüm Marmara bölgesinde hafta günlerinde ortalama PM<sub>10</sub> ve PM<sub>2.5</sub> değerleri

Ortalama PM2.5



PM10						
	gun	N	Subset for alpha = 0.05			
			1	2	3	4
Tukey HSD <sup>a,b</sup>	Pazar	3112	54,4954			
	Pazartesi	3170	55,7448	55,7448		
	Salı	3183	56,1996	56,1996		
	Cumartesi	3184	57,2384	57,2384		
	Çarşamba	3171		58,4271	58,4271	
	Perşembe	3167			60,1177	60,1177
	Cuma	3198				61,2628
	Sig.		,051	,062	,540	,884

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3169,080.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used.

- » En düşük Pazar günü ( $54,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en yüksek ise Cuma günü ( $61,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )  $\text{PM}_{10}$  ortalaması oluşmakta ve bu iki gün diğer tüm günlerden %5 anlamlılıkta farklılık göstermektedir.
- » Cumartesi, Pazar, Pazartesi ve Salı günleri ortalama  $\text{PM}_{10}$  değerleri homojen bir grup oluştururken ( $p=0,051$ ),
- » Cumartesi, Pazartesi, Salı, Çarşamba bir grup ( $p=0,062$ ),
- » Çarşamba, Perşembe bir grup ( $p=0,540$ ) ve
- » Perşembe, Cuma ayrı bir homojen grup ( $p=0,884$ ) oluşturmaktadır.





# Değerlendirme ve Sonuç

- » En yüksek  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  değerleri Keşan (Edirne) ve Esenyurt (İstanbul)'da ölçülmüştür. Ölçülen günlük ortalama  $PM_{10}$  verilerinin %82'sinde limit değeri aşılmıştır.
- » Kırsal ve yarı kırsal tipindeki istasyonlar dışındaki tüm ölçüm noktalarında yıllık limit değeri aşıldığı gözlemlenmiştir.
- » Sahra tozu taşınımının gözlemlendiği 2 Şubat 2015 tarihinde tüm istasyonlarda  $PM_{2.5}/PM_{10}$  oranının 0,2-0,3 düzeyinde olduğu hesaplanmıştır. Sahra tozunun etkili olduğu dönemde hava da kaba partiküllerin varlığı belirgindir. Buna karşın diğer dönemlerde Armutlu, Keşan ve Çerkezköy'de bu oran 0,58 ile 0,66 arasında değişmekte ve daha çok antropojenik kaynağa bağlı ince tozların baskın olduğu görülmektedir.
- » En yüksek  $PM_{2.5}$  ve  $PM_{10}$  korelasyonu antropojenik kirliliğin (ısınma ve sanayiye bağlı) yüksek olduğu Keşan ve Çerkezköy'de hesaplanmıştır.
- » İstasyonlar arasındaki  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  korelasyonu incelendiğinde özellikle kırsal ölçüm noktalarının yakınlarında bulunan kentsel ölçüm noktaları ile anlamlı bir korelasyon gösterdiği ve kentlerden etkilenen kırsal istasyonlar olduğu belirlenmiştir.
- » Tüm verilere "Bootstrapped ANOVA" ve "bootstrapped t-testleri" uygulanmıştır.  $PM_{10}$  ve  $PM_{2.5}$  konsantrasyon ortalamalarında kırsal istasyonlar kendi içlerinde homojen gruplar oluştururken diğer kategorideki tüm istasyonlardan %5 düzeyinde anlamlı farklılıklar göstermektedir.
- » Bunun dışında En yüksek  $PM_{10}$  seviyelerinin kaydedildiği Esenyurt ve en yüksek  $PM_{2.5}$  seviyelerinin kaydedildiği Ozanlar ve Keşan istasyonları diğer tüm istasyonlardan farklıdır ve hiçbir benzerlik göstermemektedir.





# Değerlendirme ve Sonuç

- » Marmara bölgesinde MTHM tarafından verilerin kaydedildiği 8 trafik, 16 ısınma, 6 sanayi istasyonu mevcuttur ve bunların kendi içlerinde homojen gruplar oluşturduğu (farklılığın olmadığı gruplar) söylenemez. Buldukları bölgenin özelliklerine göre farklılıklar göstermektedirler. Trafik olarak tanımlanan Üsküdar ile aynı bölgede kurulan ve gemi trafiği kategorisinde tanımlanan Kandilli ölçüm noktaları arasında  $PM_{10}$  kirliliği açısından anlamlı bir farklılık yoktur ( $p>0,05$ ).
- » Isınma dönemine göre en yüksek farkın olduğu ilk ölçüm istasyonu Keşan'dır.  $PM_{2.5}/PM_{10}$  oranı ısınma döneminde ortalama 0,77 iken ısınma yokken 0,47'dir. Keşan'da ısınma için fosil yakıt tüketimi sonucu yüksek  $PM_{2.5}$  kirliliğinin olduğu görülmektedir.
- » İkinci en yüksek ısınma dönemi farklılığı sanayi tipi bir istasyon olarak da tanımlanan İnegöl'de oluşmuştur.
- » Ozanlar ve Çan gibi diğer kentsel tipteki ölçüm istasyonlarında yüksek ısınma dönem farkı gözlenirken trafik olarak tanımlanan Tekirdağ Merkez, Sakarya Merkez ve Beyazıt Caddesi ölçüm istasyonlarında da yüksek ısınma dönem farklılığı görülmektedir. Bu istasyonların yerleşime bağlı da  $PM_{10}$  kirliliği etkisi altında olduğu açıkça görülmektedir.
- » Tüm Marmara bölgesinde ortalama  $PM_{10}$  değerlerinin hafta içi ve hafta sonu anlamlı bir farklılık gösterdiği, buna karşın  $PM_{2.5}$  değerlerinin anlamlı bir farklılık göstermediği belirlenmiştir.
- » Marmara Bölgesinde ölçülen Partikül Madde kirliliğinin taşınım ve yerel kaynakların etkisi altındadır ve sınır değerleri sağlaması mevcut koşullarda olası gözükmemektedir. Bunun için öncelikle aynı homojen gruplardan seçilecek istasyonlarda örneklenerek partikül madde detaylı içerik analizinin yapılarak kaynak analiz metodlarının uygulanması ve bunun periyodik ve sürdürülebilir bir yöntemle programlanması gerekmektedir. Belirlenen kaynaklara odaklı olarak kentsel temiz hava planları oluşturulmalı ve önlem stratejileri ortaya konmalıdır.





SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, HC, O<sub>3</sub>, vd. ???

TEŞEKKÜRLER...

