İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

126653

İSTANBUL'DA COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE HAVA KALİTESİNİN İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Esra G. BOZYAZI DAYLAN
(511932007)

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 4 Nisan 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 24 Temmuz 2002

Tez Danışmanı :	**Prof.Dr. Selahattin İNCECİK**
Diğer Jüri Üyeleri	**Prof.Dr. Ferruh ERTÜRK(YTÜ)**
	Prof.Dr. Aziz BENER (YTÜ)
	Prof.Dr. Mehmet KARACA (İTÜ)
	Y.Doç.Dr. Şinasi KAYA (İTÜ)

TEMMUZ 2002

126653

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın her aşamasında öneri ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Selahattin İNCECİK'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışmada verilerin istatistiki değerlendirilmesinde çok kıymetli vakitlerini ayırarak yardımcı olan YTÜ İstatistik Bölüm Başkanı Prof. Dr. Aziz BENER'e ve Amsterdam, Vrije Universiteit, Faculty of Earth Sciences'den Sayın Doç. Dr. Ersin SEYHAN'na; Sayın Prof. Dr. Zekai ŞEN'e tezin belirli süreçlerinde her zaman yardımlarını esirgemeyen YTÜ Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK hocama; yorumlarıyla yardımcı olan Sayın Doç. Dr. Sema TOPÇU'ya ayrıca teşekkür ederim.

Tez verilerinin temininde yardımlarından dolayı İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Müdürlüğü, İl Hıfzı Sıhha Müdürlüğü, Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü ve İGDAŞ çalışanlarına; tez yazımı aşamasında üniversitedeki odalarını benimle paylaşan, destek olan İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü'ü araştırma görevlisi arkadaşlarım Dr. Ali DENİZ ve Dr. Hüseyin TOROS'a; Bölüm'de tez çalışmamı tamamlamama lojistik imkan sağlayan İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümü Başkanlığı'na ve tüm öğretim kadrosuna; eğitim ve öğrenimimde emeği olan İTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'ndeki değerli tüm hocalarıma ve lisans, yüksek lisans tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Veysel Eroğlu hocama çok teşekkür ederim.

Hollanda Hükümeti nezninde çalışma kapsamında Coğrafi Bilgi Sistemleri konusunda eğitim almama, yazılım ve ekipmanları kullanmama imkan sağlayan, International Institute for Aerospace Survey and Sciences (ITC)'e ve tüm eğitim kadrosuna özellikle Sayın hocalarım Dr. C. Mannaerts, M. Brussel ve Tulladhar'a ve arkadaşlarım Alda, Bas, Shilpam, Mirriam ve Nuri'ye; çalışmakta olduğum Şişli Belediyesi Başkanlık makamı ve tüm personeline teşekkürü bir borç bilirim.

Özel olarak da tezimin hazırlanması sırasında daima bana destek olan benden maddi, manevi yardımlarını esirgemeyen eşim Murat'a, annem, babam, kardeşlerim Ebru, , Esin ve Esma ile eşi Engin'e, Çevre Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi 3.dönem yönetim kurulu üyelerine ve meslektaşlarıma teşekkür ederim.

Temmuz 2002 Esra G. BOZYAZI DAYLAN

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR vi
TABLO LİSTESİ vii
ŞEKİL LİSTESİ x
SEMBOL LİSTESİ xiv
ÖZET xv
SUMMARY xvii

1. GİRİŞ 1
1.1. İstanbul'da Hava Kirliliği Probleminin Tanımı 2
1.2. Hava Kirliliği Kaynakları 3
1.3. Şehirlere Ait Hava Kirliliği Çalışmaları 4
1.4. İstanbul'da Hava Kirliliği Araştırmaları 11
1.5. Çalışmanın Amacı 13
1.6. Metodoloji 14
6.1.1 Jeoistatistik metod 15
6.1.2 Mekansal korelasyon 16
6.1.3 Kriging 18

2. HAVA KİRLİLİĞİ VE METEOROLOJİ 21
2.1. Hava Kirliliğinin Tanımı 21
2.1.1. Hava kirliliğinin bileşenleri 21
2.1.2. Havanın bileşenleri 22
2.1.3. Hava kirleticiler 22
2.2. Şehir Hava Kirliliğine Neden Olan Fiziksel Etkenler 23
2.3. Hava Kalite Standartları 25
2.4. Hava Kirleticilerinin Kaynak ve Etkileri 26
2.4.1. Kaynaklar 26
2.4.2. Hava kirliliğinin etkileri 28

3. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ TANIM VE KAVRAMLAR 29
3.1. Bilgi Sistemi ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Tanım ve Kavramları 29
3.2. Coğrafi Bilgi Sistemi Hakkında Değerlendirmeler 32
3.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Yapısal Özellikleri ve Çevre Modellemesi 34
3.3.1. Coğrafi bilgi sistemlerinin temel elemanları 37
3.3.2. Coğrafi bilgi sistemlerinin fonksiyonları 38
3.4. Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulamaları 42

4. İSTANBUL'UN GENEL İKLİM ÖZELLİKLERİ VE TOPOGRAFYA 49
4.1. İstanbul'un Konumu 49
4.2. Bölgesel İklim 50

4.3. Topografya 51
4.4. İstanbul'un Nüfusu, Nüfus Yoğunluğu Ve Sanayi Kolları 53
4.5. Hava Kalitesi İzlenmesi ve Şehirde Ölçüm İstasyonlarının Konumları 54

5. VERİ TABANININ OLUŞTURULMASI 56
5.1. Hava Kirliliği Verileri 56
5.2. Meteorolojik Veriler 57
5.2.1. Sıcaklık 57
5.2.2. Rüzgar şiddeti 58
5.2.3. Rüzgar yönü 58
5.2.4. Basınç 58
5.2.5. Bağıl nem 59
5.2.6. Yağış 59
5.3. Arazi Kullanım Verileri 59
5.4. Ulaşım, Doğal Gaz Tüketim ile İlçe Belediye, Nüfus ve Alan Verileri 59

6. HAVA KİRLİLİĞİNİN ANALİZİ VE MODELLEME 61
6.1. Veri ve Kabuller 61
6.2. İstatistiksel Analiz ve Model Teknikleri 62
6.3. Hava Kirliliğinin Değişimleri 63
6.3.1. Günlük analiz 63
6.3.2. Aylık analiz 65
6.3.3. Mevsimsel analiz 71
6.3.4. Yıllık analiz 78
6.4. Hava Kirliliği Seviyeleri ve Meteorolojik Faktörler İle İlişkiler 81
6.4.1. Genel meteorolojik özellikler 81
6.4.2. Günlük ortalama hava kirliliği seviyeleri ve meteorolojik faktörler 86
6.4.3. Korelasyon analizi 91
6.4.4. Faktör analizi 94
6.4.5. Çoklu doğrusal regresyon analizi 104
6.5. Hava Kalite Standartlarının Aşılmasında Meteorolojik Faktörlerin Etkileri 110

7. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE MEKANSAL ANALİZ 112
7.1. Veri ve Kabuller 112
7.2. Hava Kalitesi Verilerinin Analizi 113
7.2.1. Isınma mevsiminde kirletici seviyelerinin istatistikleri 114
7.2.2. Variogram modelleri 115
7.3. Hava Kirliliğinin Mekansal Dağılımı 117
7.4. Arazi Kullanımı ve Isınma Mevsiminde Hava Kirliliği Seviyeleri 120
7.5. Hava Kalite Standartlarının Aşılması 124
7.6. Hava Kirliliği Üzerinde Nüfus Etkisi 134
7.7. 1995-1996 ve 1999-2000 Isınma Mevsimlerinin Karşılaştırılması 136

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **145**
8.1. Sonuçlar 145
8.2. Öneriler 147

KAYNAKLAR **149**

EKLER **163**

ÖZGEÇMİŞ **202**

KISALTMALAR

HKKY	: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği
WHO	: Word Health Organization
APM	: Asılı Partiküler Madde
İMÇK	: İl Mahalli Çevre Kurulu
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
PCSV	: Noktasal Birikimli Yarı Variogram
EPA	: Environmental Protection Agency
KSİ	: Kirlilik Standart İndeksi
CGIS	: Canada Geographical Information System
KBS	: Kent Bilgi Sistemleri
GAP	: Güneydoğu Anadolu Projesi
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirme
CORINE	: CO-ordinated Information on the European environment
GRİD	: Global Resource Information Database
GEMS	: Global Environmental Monitoring System
ITC	: International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences
ILWIS	: Integrated Land and Watershed Managament Information System
DİE	: Devlet İstatistik Enstitüsü
İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
AB	: Avrupa Birliği
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
DVMD	: Deneysel Variogram Model Değerleri
PBVMD	: Programca Belirlenmiş Variogram Model Değerleri

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Table 2.1.	Farklı kurumlar tarafından oluşturulan hava kalitesi standartları (SO_2 ve APM).....	26
Tablo 2.2.	SO_2 ve APM konsantrasyonları için KSİ seviyeleri.....	27
Tablo 2.3.	İstanbul' da 1990 yılına ait partiküler madde ve kükürt dioksit emisyon oranları.....	28
Tablo 3.1.	CBS Teknolojisinin Kullanıldığı Uygulama Alanları.....	43
Tablo 6.1.	İstasyon ad ve numaraları.....	63
Tablo 6.2.	Tüm istasyonlardaki; (a) SO_2 ve (b) APM ölçümlerinin yıllık ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma değerleri	79
Tablo 6.3.	1994-1999 yılları arasında istasyonlarda ölçülen SO_2 ve APM'nin yıllık ortalama konsantrasyonları arasındaki korelasyon.....	81
Tablo 6.4.	Avrupa yakasında Florya istasyonunda meteorolojik elemanların ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma değerleri.....	84
Tablo 6.5.	Anadolu yakasında Göztepe istasyonunda meteorolojik elemanların ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma değerleri.....	85
Tablo 6.6.	1994-1996 yılları arasında 1'nolu istasyonda günlük konsantrasyonlar ve meteorolojik faktörler arasındaki korelasyon katsayıları.....	92
Tablo 6.7.	1994-1996 yılları arasında 2'nolu istasyonda günlük konsantrasyonlar ve meteorolojik faktörler arasındaki korelasyon katsayıları.....	92
Tablo 6.8.	1997-1999 yılları arasında 1'nolu istasyonda günlük konsantrasyonlar ve meteorolojik faktörler arasındaki korelasyon katsayıları.....	93
Tablo 6.9.	1997-1999 yılları arasında 2'nolu istasyonda günlük konsantrasyonlar ve meteorolojik faktörler arasındaki korelasyon katsayıları.....	93
Tablo 6.10.	1'nolu istasyona ait 1994-96 yılları arasındaki ana bileşen analizi sonuçları; (a) başlangıç özdeğerleri ve toplam varyans değerleri, (b) dönüştürülmüş bileşenler matriksi.....	95
Tablo 6.11.	2'nolu istasyona ait 1994-96 yılları arasındaki ana bileşen analizi sonuçları,(a) Başlangıç özdeğerleri ve toplam varyans değerleri; (b) Dönüştürülmüş bileşenler matriksi.....	98
Tablo 6.12.	1'nolu istasyona ait 1997-99 yılları arasındaki ana bileşen analizi sonuçları,(a) başlangıç özdeğerleri ve toplam varyans değerleri; (b) dönüştürülmüş bileşenler matriksi.....	100
Tablo 6.13.	2'nolu istasyona ait 1997-99 yılları arasındaki ana bileşen analizi sonuçları,(a) başlangıç özdeğerleri ve toplam varyans değerleri; (b) dönüştürülmüş bileşenler matriksi.....	102

Tablo 6.14. 1994-96 yılları arasında 1'nolu istasyonda SO_2'nin tahmin modelleri..... 104
Tablo 6.15. 1994-96 yılında 1'nolu istasyonda 3. Model (bağımlı değişken SO_2)..... 105
Tablo 6.16. 1994-96 yıllarında 1'nolu istasyonda ölçülen ve tahmin edilen SO_2'nin t-testi sonuçları 105
Tablo 6.17. 1994-96 yılları arasındaki dönem için 2'nolu istasyonda SO_2'nin model katsayı ve istatistikleri..... 106
Tablo 6.18. 1994-96 yıllarında 2'nolu istasyonda ölçülen ve tahmin edilen SO_2'nin t-testi sonuçları 106
Tablo 6.19. 1994-96 yılları arasındaki dönem için 1'nolu istasyonda APM'nin model katsayı ve istatistikleri..... 108
Tablo 6.20. 1994-96 yılları arasındaki dönem için 2'nolu istasyonda APM'nin model katsayı ve istatistikleri. 108
Tablo 6.21. 1994-96 yıllarında 1'nolu istasyonda ölçülen ve tahmin edilen APM'nin t- testi sonuçları..... 109
Tablo 6.22. 1994-96 yıllarında 2'nolu istasyonda ölçülen ve tahmin edilen APM'nin t- testi sonuçları..... 109
Tablo 6.23. Meteorolojik değişkelere ait sınıflandırma..... 110
Tablo 7.1. 1995-1996 ısınma sezonunda tüm istasyonlardaki aylık ortalama ve maksimum SO_2 ve APM konsantrasyonları. 115
Tablo 7.2. DVMD ve PBVMD ile uygulanan kriging enterpolasyonu hataların standart sapmaları (normal ve doğal log-dönüşümlü veri seti kullanılmıştır) 120
Tablo 7.3. Benzin ve motorinle çalışan araçlarda kg olarak kirletici oranı (Yayla,1990). 127
Tablo 7.4. Şubat'96 da enverziyon kalınlığı ve şiddeti..... 132
Tablo 7.5. Şubat 1996 tarihli Göztepe istasyonu 12:00 GMT radyozonde verileri..... 133
Tablo 7.6. 1996 yılında ilçe nüfus yoğunluğu ile kirlilik seviyesi arasındaki korelasyon katsayıları..... 136
Tablo B.1. Analizlerde kullanılan istasyon koordinatları ve alanları..... 186
Tablo B.2. 1993-2000 periyodunda ısınma/ısınma dışı mevsimlerde (a) SO_2 ve (b) APM ölçüm sayıları..... 187-188
Tablo B.3. İstasyonlarda yıllık (a) SO_2, (b) APM ölçüm sayısı ve ortalama konsantrasyonlar..... 189
Tablo B.4. 1'nolu istasyonun istatistik değerleri; (a) 1994-96, (b) 1997-99 yılları arasında..... 190
Tablo B.5. 2'nolu istasyonun istatistik değerleri; (a) 1994-96, (b) 1997-99 yılları arasında..... 191
Tablo B.6. 1994-96 yılları arasında 1'nolu istasyonda; (a) SO_2 ve Tahmin edilen SO_2 arasındaki istatistikler (b) Korelasyon..... 192
Tablo B.7. 1994-96 yılları arasında 2'nolu istasyonda SO_2'nin tahmin modelleri..... 192
Tablo B.8. 1994-96 yılları arasında 2'nolu istasyonda; (a) SO_2 ve tahmin edilen SO_2 arasındaki istatistikler (b) Korelasyon..... 192
Tablo B.9. 1997-99 1'nolu istasyon SO_2'nin tahmin modelleri; (a) modeller, (b)Seçilen en uygun 4. Modelin katsayıları..... 193
Tablo B.10. 1997-99 2'nolu istasyonda SO_2 nin tahmin modelleri (a) modeller, (b) seçilen 4.Modelin katsayıları..... 194

Tablo B.11. 1997-99 yılları arasında 1'nolu istasyonda; SO_2 ve Tahmin edilen SO_2 değerlerinin (a) istatistikleri, (b) Korelasyon, (c) t-testi sonuçları..... 194
Tablo B.12. 1997-99 yılları arasında 2'nolu istasyonda, SO_2 ve Tahmin edilen SO_2 değerlerinin (a)istatistikleri, (b) Korelasyon, (c) t-testi sonuçları..... 195
Tablo B.13. 1994-96 1'nolu istasyon APM'nin tahmin modelleri..... 195
Tablo B.14. 1994-96 2'nolu istasyon APM'nin tahmin modelleri..... 195
Tablo B.15. 1994-96 yılları arasında 1'nolu istasyonda APM ve Tahmin edilen APM değerlerinin (a)istatistikleri, (b) korelasyon..... 196
Tablo B.16. 1994-96 yılları arasında 2'nolu istasyonda APM ve Tahmin edilen APM değerlerinin (a)istatistikleri, (b) korelasyon..... 196
Tablo B.17 1997-99 1'nolu istasyon APM' nin tahmin modelleri (a) modeller, (b)Seçilen en uygun 2. Modelin katsayıları..... 197
Tablo B.18. 1997-99 yılları arasında 1'nolu istasyonda APM ve Tahmin edilen APM arasındaki (a) İstatistikler, (b) Korelasyon, (c) t testi sonucu..... 197
Tablo B.19. 1997-99 2'nolu istasyon APM'nin tahmin modelleri (a) modeller, (b)Seçilen en uygun 4. Modelin katsayıları..... 198
Tablo B.20. 1997-99 yılları arasında 2'nolu istasyonda APM ve Tahmin edilen APM değerlerinin (a)istatistikleri, (b) korelasyon, (c) t-testi sonuçları..... 198
Tablo B.21. 13 Şubat 1996 günü istasyonlarda ölçülen kirlilik konsantrasyonları..... 199
Tablo B.22. 1999-2000 ısınma mevsiminde birim arazi başına ortalama SO_2 ve APM konsantrasyonları..... 199
Tablo B.23. 1993-2000 periodunda ısınma mevsimlerinde doğal gaz tüketim miktarları..... 199
Tablo B.24 1993-2000 yılları ısınma ve ısınmanın olmadığı dönemlerde; (a) Avrupa yakası, (b) Anadolu yakasındaki ortalama, minimum ve maksimum SO_2 değerleri. 200
Tablo B.25. 1993-2000 yılları ısınma ve ısınmanın olmadığı dönemlerde; (a) Avrupa yakası, (b) Anadolu yakasındaki ortalama, minimum ve maksimum APM değerleri..... 201

ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa No
Şekil 2.1.	Hava kirliliğinin bileşenleri	22
Şekil 3.1.	Coğrafi Bilgi Sistemi'ne kavramsal yaklaşım	29
Şekil 3.2.	Bir bilgi sisteminde işlem akışı	30
Şekil 3.3.	Çevresel özelliklerin Coğrafi Bilgi Sistemi kullanımıyla modellenmesi	35
Şekil 3.4.	CBS'nin fonksiyonları	39
Şekil 4.1.	İstanbul'un coğrafik konumu	49
Şekil 4.2.	1 ve 2'nolu istasyonlarda meteorolojik parametrelerin uzun süreli aylık değişimi	50
Şekil 4.3.	İstanbul'un topografik haritası	53
Şekil 4.4.	İlçe Belediye sınırları ve hava kirliliği ölçüm istasyonlarının konumu	55
Şekil 6.1.	1 no' lu istasyonun, (a); SO_2 ve (b); APM' nin 1994-2000 periyodu için günlük değişimi	64
Şekil 6.2.	2 no' lu istasyonun, (a); SO_2 ve (b); APM' nin 1994-2000 periyodu için günlük değişimi	65
Şekil 6.3.	Avrupa ve Anadolu yakasında 1993- 1999 yılları arasında SO_2 konsantrasyonunun aylık değişimi.	66-67
Şekil 6.4.	Avrupa ve Anadolu yakasında 1993-1999 yılları arasında APM konsantrasyonunun aylık değişimi.	69-70
Şekil 6.5.	SO_2 ve APM'nin 1993-2000 yılları arasında mevsimsel değişimi...	72-73
Şekil 6.6.	Her iki yakada SO_2 (a), (b) ve APM (c), (d) konsantrasyonlarının 1993-2000 yılları arasında ısınma mevsimindeki değişimi	75
Şekil 6.7.	Her iki yakada SO_2 (a), (b) ve APM (c), (d) konsantrasyonlarının 1993-2000 yılları arasında ısınmanın olmadığı dönemde olan değişimleri	77
Şekil 6.8.	SO_2 konsantrasyonunun Avrupa ve Anadolu yakasında yıllık değişimleri.	78
Şekil 6.9.	APM konsantrasyonunun Avrupa ve Anadolu yakasındaki yıllık değişimi	79
Şekil 6.10.	Tüm istasyonlarda yıllık ortalama SO_2 ve APM değişimi, (a) 1994 yılı, (b) 1995 yılı	80
Şekil 6.11.	1994-2000 yılları arasındaki rüzgar gülleri; (a) Florya istasyonu, (b) Göztepe istasyonu	82-83
Şekil 6.12.	1994–1996 yılları arasında Florya istasyonda meteorolojik elemanlarda değişim	87
Şekil 6.13.	1994–1996 yılları arasında Göztepe istasyonunda meteorolojik elemanlarda değişim	88
Şekil 6.14.	1997–1999 yılları arasında Florya istasyonunda meteorolojik elemanlarda değişim	89

Şekil 6.15. 1997–1999 yılları arasında Göztepe istasyonunda meteorolojik elemanlarda değişim..... 90
Şekil 6.16. 1994-96 dönemine 1'nolu istasyonda değişkenlerin faktör eksenlerindeki durumu..... 97
Şekil 6.17. 1994-96 dönemine 2'nolu istasyonda değişkenlerin faktör eksenlerindeki durumu..... 99
Şekil 6.18. 1997-99 dönemine 1'nolu istasyonda değişkenlerin faktör eksenlerindeki durumu..... 101
Şekil 6.19. 1997-99 dönemine 2'nolu istasyonda değişkenlerin faktör eksenlerindeki durumu..... 103
Şekil 7.1. 1995-1996 ısınma mevsiminde, hava kalite ölçüm istasyonlarının yerleşimi. 113
Şekil 7.2. 1995-1996 ısınma sezonunda tek değişkenli istatistikler ve SO_2 kirlilik seviyesinin normal dağılımı..... 115
Şekil 7.3. 1995-1996 ısınma sezonunda tek değişkenli istatistiklerin ve APM kirlilik seviyesinin normal olasılık şemaları..... 115
Şekil 7.4. 1995-96 ısınma mevsiminde variogram modelleri; (a) SO_2, (b) APM (dogal logaritmik değerler ile)..... 116
Şekil 7.5. 1995-96 ısınma mevsiminde variogram modelleri; (a) SO_2, (b) APM (normal data)..... 116
Şekil 7.6. Şubat ayı variogram modelleri; (a) SO_2, (b) APM. (doğal logaritmik değerler ile)..... 116
Şekil 7.7. 1995-1996 ısınma mevsiminde SO_2 ve APM'nin dağılımı; (a), (c) SO_2 ve APM normal veri seti DVMD kullanımı, (b), (d) SO_2 ve APM normal veri seti PBVMD kullanımı..... 188
Şekil 7.8. 1995-1996 ısınma mevsiminde SO_2 ve APM 'ın dağılımı; (a), (c) SO_2 ve APM'in doğal log-dönüşümlü veri seti DVMD kullanımı, (b), (d) SO_2 ve APM'in doğal log-dönüşümlü veri seti PBVMD kullanımı. 118
Şekil 7.9. İstanbul ili arazi kullanım haritası..... 121
Şekil 7.10. Çalışma alanında arazi kullanımı. 122
Şekil 7.11. Isınma mevsiminde arazi başına düşen ortalama SO_2 konsantrasyonu..... 123
Şekil 7.12. Isınma mevsiminde arazi başına düşen APM konsantrasyonu..... 123
Şekil 7.13. Şehirde sabah saatlerinde ortalama araç sayısı (1996)..... 124
Şekil 7.14. Isınma mevsiminde sınır değerleri aşan SO_2 konsantrasyon dağılımı..... 125
Şekil 7.15. Isınma mevsiminde sınır değerleri aşan APM konsantrasyon dağılımı..... 126
Şekil 7.16. Isınma mevsiminde tüm şehir üzerinde APM konsantrasyon dağılımı..... 127
Şekil 7.17. Meteoroloji ölçüm istasyonlarının konumu. 127
Şekil 7.18. İstanbul'da 1995-96 ısınma mevsimine ait rüzgar gülleri..... 128
Şekil 7.19. 13 Şubat 1996 günü SO_2' in değişimi 129
Şekil 7.20. 13 Şubatta tüm arazi birimlerinde ortalama SO_2 konsantrasyonunun değişimi..... 129
Şekil 7.21. 13 Şubat'96 günü EPA-KSİ limitlerine göre SO_2'in dağılımı..... 130
Şekil 7.22. 13 Şubat 1996 gününe ait rüzgar gülleri; a) Florya, b) Kireçburnu, c) Göztepe..... 131
Şekil 7.23. 13 Şubat 1996 günü APM'nin şehirdeki dağılımı..... 133

Şekil 7.24. 13 Şubat'96 günü EPA-PSI limitlerine göre APM'nin dağılımı..... 134
Şekil 7.25. Şehirde 1996 yılında ilçe bazında nüfus yoğunluğu..... 134
Şekil 7.26. Isınma mevsimindeki ortalama ve APM konsantrasyonları ilişkisi 135
Şekil 7.27. İki ısınma mevsiminde SO_2'nin dağılımı a) 1995-1996; b)1999-2000..... 138
Şekil 7.28. İki ısınma mevsiminde SO_2'nin dağılımı a) 1995-1996; b)1999-2000..... 139
Şekil 7.29. 1995-96 ısınma mevsiminde arazi kullanımı başına SO_2 konsantrasyonu..... 140
Şekil 7.30. 1995-96 ısınma mevsiminde arazi kullanımı başına APM konsantrasyonu..... 141
Şekil 7.31. 1995-96 ve 1999-2000 ısınma mevsimlerinde APM konsantrasyonunda değişim oranları..... 141
Şekil 7.32 2000 yılında ilçelerde nüfus yoğunluğu..... 142
Şekil 7.33. 1996 ve 2000 yılları arasında ilçelerde nüfus yoğunluk değişim oranları..... 143
Şekil 7.34. Isınma mevsimlerinde doğal gaz tüketimi..... 143
Şekil A.1. Tüm istasyonlarda 1996-1999 yılları arasında yıllık ortalama SO_2 ve APM değişimi..... 163
Şekil A.2. 1'nolu istasyonda 1994-96 yıllarındaki SO_2 konsantrasyonu ile günlük meteorolojik veriler arasındaki saçılma diyagramları..... 164
Şekil A.3. 1'nolu istasyonda 1994-96 yıllarındaki AMP konsantrasyon değerleri ile meteorolojik veriler arasındaki saçılma diyagramı..... 165
Şekil A.4. 1' nolu istasyonda 1997-99 yıllarındaki SO_2 konsantrasyonu ile günlük meteorolojik veriler arasındaki saçılma diyagramı..... 166
Şekil A.5. 1'nolu istasyonunda 1997-99 yıllarındaki APM konsantrasyonu ile günlük meteorolojik veriler arasındaki saçılma diyagramı..... 167
Şekil A.6. 2'nolu istasyonda 1994-96 yılları arasında SO_2 değerleri ile meteorolojik parametrelerin saçılma diyagramı..... 168
Şekil A.7. 2'nolu istasyonda 1994-96 yılları arasında APM değerleri ile meteorolojik parametrelerin saçılma diyagramları..... 169
Şekil A.8. 2'nolu istasyonda 1997-99 yılları arasında SO_2 değerleri ile meteorolojik parametrelerin saçılma diyagramı..... 170
Şekil A.9. 2'nolu istasyonda 1997-99 yılları arasında APM değerleri ile meteorolojik parametrelerin saçılma diyagramı..... 171
Şekil A.10. 1994-96 yılları arasında 1'nolu istasyonda zamanın fonksiyonu olarak; (a) 1'nolu istasyonda, (b) 2'nolu istasyonda ölçülen SO_2 ve tahmin edilen SO_2 konsantrasyon değerleri..... 172
Şekil A.11. 1997-99 yılları arasında 1'nolu istasyonda zamanın fonksiyonu olarak; (a) 1'nolu istasyonda, (b) 2'nolu istasyonda ölçülen SO_2 ve tahmin edilen SO_2 konsantrasyon değerleri..... 172
Şekil A.12. 1994-96 yılları arasında 1'nolu istasyonda zamanın fonksiyonu olarak; (a) 1'nolu istasyonda, (b) 2'nolu istasyonda ölçülen APM ve tahmin edilen APM konsantrasyon değerleri..... 173
Şekil A.13. 1997-99 yılları arasında 1'nolu istasyonda zamanın fonksiyonu olarak; (a) 1'nolu istasyonda, (b) 2'nolu istasyonda ölçülen APM ve tahmin edilen APM konsantrasyon değerleri..... 173
Şekil A.14. 1'nolu istasyonda 1994, 95, 96 yıllarındaki SO_2 konsantrasyonu aşma sıklığının meteorolojik veri sınıflarına göre değişimi..... 174

Şekil A.15. 1'nolu istasyonda 1994, 95, 96 yıllarındaki APM konsantrasyonu aşma sıklığının meteorolojik veri sınıflarına göre değişimi 175
Şekil A.16. 1'nolu istasyonda 1994, 95, 96 yıllarındaki sağlığa zararlı SO_2 konsantrasyonu aşma sıklığının meteorolojik veri sınıflarına göre değişimi..... 176
Şekil A.17. 1'nolu istasyonda 1994, 95, 96 yıllarındaki sağlığa zararlı APM konsantrasyonu aşma sıklığının meteorolojik veri sınıflarına göre değişimi 177
Şekil A.18. 2'nolu istasyonda 1994, 95, 96 yıllarındaki SO_2 konsantrasyonu aşma sıklığının meteorolojik veri sınıflarına göre değişimi..... 178
Şekil A.19. 2'nolu istasyonda 1994, 95, 96 yıllarında APM konsantrasyonu aşma sıklığının meteorolojik veri sınıflarına göre değişimi..... 179
Şekil A.20. 2'nolu istasyonda 1994, 95, 96 yıllarındaki sağlığa zararlı SO_2 konsantrasyonu aşma sıklığının meteorolojik veri sınıflarına göre değişimi 180
Şekil A.21. 2'nolu istasyonda 1994, 95, 96 yıllarındaki sağlığa zararlı APM konsantrasyonu aşma sıklığının meteorolojik veri sınıflarına göre değişimi..... 181
Şekil A.22. 1995-1996 Isınma mevsimindeki; (a) SO_2'in, (b) APM'nin histogramı..... 182
Şekil A.23. Şehirde sabah saatlerinde ağır vasıta sayısı (1996)..... 183
Şekil A.24. 1995-96 ve 1999-00 ısınma mevsimlerinde variogram modelleri... 184

SEMBOL LİSTESİ

SO_2	: Kükürt dioksit
R	: Korelasyon katsayısı
R^2	: Çoklu belirlilik katsayısı
S	: Sıcaklık
C_{SO2}	: SO_2 Konsantrasyonu
B	: Basınç
R_h	: Rüzgar hızı
BN	: Bağıl nem
h	: Mesafe
m	: h mesafesindeki nokta çiftlerinin sayısı
$Z_{(Xi)}$	: i noktasındaki değişken değeri
$Z_{(Xi+h)}$	: i noktasından h uzaklıktaki değer
$\gamma_{(h)}$	: Semivaryans
Co	: Nugget değeri olarak adlandırılan 0 mesafede örnek değeri
a	: Örneklerin birbirinden bağımsız hale geldiği mesafe
C	: Semivariogram modelinin sill değeri
$Z^*_{(v)}$	: Kringingte mekansal değişken tahmin edilen alan
n	: Örnek sayısı
$Z_{(Xi)}$	: xi noktasındaki örnek değeri
λ_i	: i örneğine uygulanan ağırlık
μ	: Lagrange çarpanı
$\gamma_{(j,v)}$	:Tahmin edilen alan ile j noktası arasındaki ortalama variogram değeri
Ri	: Richardson sayısı
ΔT_v	: Düşey sıcaklık farkı
ΔU,	: Rüzgar hızının düşey bileşenleri arasındaki fark
ΔV	: Rüzgar hızının yatay bileşenleri arasındaki fark
Δz	: Yükseklikler arasındaki fark
Γ_d	: Kuru adyabatik sıcaklık düşey sıcaklık gradyanı

İSTANBUL'DA COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE HAVA KALİTESİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

İstanbul 10 milyonu aşan nüfusu ile Türkiye'nin en yüksek nüfusuna sahip şehridir. İstanbul'da plansız gelişme, yüksek göç, kontrolsuz sanayileşme ve ulaşım alt yapısının eksikliği pek çok çevre sorununun yaşanmasına sebep olmuştur. Özellikle ısınma mevsimlerinde kalitesiz yakıt kullanımı şehirde 1980'li yılların sonlarından itibaren 1990'lı yılların başlarına kadar son derece önemli hava kirliliği episodlarına yol açmıştır. Örneğin, 1993 Ocak ayında 24 saatlik ortalama SO_2 ve APM (Asılı Partiküller Madde) için sırasıyla 4000 $\mu g/m^3$ ve 1400 $\mu g/m^3$ seviyeleri yaşanmıştır. Bu çalışmada, merkezi ve yerel yönetimlerin yakıt kullanımı üzerindeki kontrol ve doğal gazın yaygınlaşmaya başladığı yılları kapsayan bir dönem (1992-2000) incelenmiştir. Hava kirliliğinin zamansal değişimi ve meteorolojik parametreler ile ilişkileri araştırılmıştır. Hava kirliliği seviyeleri ile arazi kullanımı arasındaki ilişki Coğrafi Bilgi Sistemleri, CBS ile mekansal analiz yapılarak incelenmiş ve şehrin hava kirliliği portresi ortaya konulmuştur. Gözönüne alınan periyod içinde SO_2 ve APM seviyeleri azalan bir trend göstermektedir. Şehrin, Avrupa yakasının daha fazla nüfusa ve yerleşim alanlarına sahip olması onu Anadolu yakasından daha kirli yapmıştır.

Bölgesel dispersiyon sürecinde etkili olan rüzgar şiddeti ve yönü, sıcaklık, basınç, bağıl nem ve yağış gibi önemli meteorolojik değişkenlerin hava kirliliği konsantrasyon seviyeleri ile ilişkileri istatistik yöntemlerle araştırılmıştır. Şehrin tamamında hava kirliliği seviyeleri üzerinde atmosferik basınç ve sıcaklığın önemli bir rolü olduğu bulunmuştur. Gözönüne alınan model üzerinde ise en etkili faktörün hava sıcaklığı olduğu bulunmuştur. Isınma mevsimindeki yüksek hava kirliliği artan yakıt kullanımı sebebiyledir. Yakıt kalitesindeki iyileşmenin bu trend üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur. 1994-96 yılları arasında yapılan analizler, düşük rüzgar

şiddeti, yüksek atmosferik basınç ve yağışsız koşulların kirliliğin yüksek seviyede yaşandığı günlerde hakim meteorolojik faktörler olduğunu göstermiştir.

Hava kirliliği seviyeleri ile arazi kullanımı arasındaki ilişkinin belirlenmesinde CBS tekniği kullanılmıştır. Mekansal analiz ile Avrupa yakasında yer alan büyük yerleşim yerleri ve iş merkezlerinde yüksek konsantrasyon seviyelerinin meydana geldiği belirlenmiştir. Episod nitelikli hava kirliliğinin yaşandığı günlerde sakin rüzgarların ve yüzey enverziyonlarının arazi kullanımı üzerinde hava kirliliği seviyelerini etkileyerek arttırdığı tespit edilmiştir. 1995-96 ve 1999-2000 ısınma mevsimlerinin kıyaslanması sonucunda, SO_2 ve APM seviyelerinde meydana gelen azalmaya rağmen yüksek kirliliğin Avrupa yakasında oluştuğu görülmüştür. Isınma döneminde nüfus yoğunluğu ile hava kirliliği seviyesi arasında pozitif bir korelasyon olduğu ve her iki ısınma mevsiminde yüksek kirlilik yaşanan bölgelerin şehrin nüfusu en yüksek yoğunluğa sahip olan alanı olduğu belirlenmiştir. SO_2 ve APM'nin hava kalite standartlarını aşmasına yönelik yapılan analizler de bu bölgeleri işaret etmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarının, hava kirliliği kaynakları ve alıcı bölge bağlantılarının araştırılmasıyla şehrin gelişmesi ve hava kalitesi yönetim planlarına yön vermesi beklenmektedir.

INVESTIGATION OF AIR QUALITY IN İSTANBUL BY USING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS

SUMMARY

İstanbul is the most populated city in Turkey, with a population of about 10 million inhabitants. Rapid population increase and high migration, unplanned growth of the city industrialization, infrastructures have caused important environmental problems in İstanbul. Especially in heating seasons, poor quality fuel usage leaded to severe air pollution episodes from the end of 1980's to the beginning of 1990's. For example in January 1993 for SO_2 and TSP (Total Suspended Particulate) respectively, daily average concentrations of 4000 $\mu g/m^3$ and 1400 $\mu g/m^3$ has been experienced. In this study, the period of 1992 - 2000 has been investigated in which local and central government started to control the quality of fuel, and the natural gas usage. The temporal variation of air pollution and its relationship with meteorological parameters have been studied. The relationships between air pollution levels and land uses has been investigated by using spatial analysis in Geographical Information Systems, GIS and the portrait of air pollution in the city has been shown. A decreasing trend of SO_2 and TSP is found during the considered period. The higher population and larger built-up areas of the European side make it more polluted than the Asian side.

The relationship between air pollution concentration level and meteorological parameters is examined using statistical methods, taking into consideration the critical meteorological factors such as wind speed and wind direction, temperature, pressure, humidity, and precipitation. It is found that atmospheric pressure and air temperature plays an important role on the air pollution levels throughout the city. It was shown that, air temperature was the most effective factor on the considered model. The high air pollution levels during the heating seasons are due to increased the fuel usage. The effect of the fuel quality improvement on the trend has been emphasised.

The analyses for 1994-1996 shows that the meteorological conditions such as low wind speeds, higher atmospheric pressures and dry atmospheric conditions are the most dominant factors on the higher polluted periods.

GIS technique has been used to define the relationship between air pollution levels and land uses. The spatial analyse showed that, higher pollution concentrations are measured in larger built-up areas and business centers which is located in the European side. The analysis for episode days showed that calm winds and surface inversions increase the air pollution levels per land uses. Although a decrease observed on SO_2 and TSP levels during the heating seasons of the compared to the periods of 1995-96 and 1999-2000, higher air pollution levels have been found in European side for both heating periods. It was found out that a positive correlation was found in between population density and air pollution levels during the heating periods and the most polluted areas were the most densely populated areas of the city in each heating period. The analysis for SO_2 and TSP exceeding air quality standards indicates the same regions. It is expected that the result of this research can be guide for urban growth and air quality management plans according to the relationship between air pollution sources and effected areas.

1. GİRİŞ

Nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler sonucu yaşam kalitesinin artmasıyla çevre kirliliği günümüzün en güncel ve en önemli problemi haline gelmiştir. Başlangıçta hava, su ve toprakta meydana gelen bu sorunlar gün geçtikçe çeşitlenerek daha farklı boyutlara ulaşmıştır. Hava kirliliği bu süreçte belirtilen çevre problemlerinin en başında gelmiştir.

Hava kirliliği ateşin bulunması ile başlamıştır. Ateşin bulunuşu, ısıtma ve ısınmanın başlangıcını oluşturmuştur. Kömürün şehir yerleşimlerinde yaygın olarak kullanımıyla kirlenmenin önemi artmış ve sanayileşme ile günümüzdeki boyutlarına ulaşmıştır. Sanayi devrimi ile, kömür 18.yy başında yoğun olarak kullanılmış ve giderek önemli kirlenme sorunlarına yol açmıştır.

Şehirleşme, artan nüfus ve enerji kullanım ihtiyacı hava kirliliği emisyonlarının artmasına neden olmuş ve bunun sonucunda şehirlerde kirlilik seviyeleri yükselmiştir. Bu konuda çeşitli trajik olaylar da yaşanmıştır. Örneğin, 1930 yılında Belçika'da, 1949 yılında ABD'nin Pennsylvania eyaletindeki Donora kasabasında ve 1952 yılında Londra' da ölümlere sebebiyet veren önemli hava kirliliği problemleri yaşanmıştır. Bu gibi olaylar sonucunda birçok ülkede yasal önlemler alınmasına neden olmuştur. Bu amaçla ilk yasal düzenlemeler 1955 yılında ABD'de Temiz Hava Yasası ile ve 1956 yılında İngiltere'de yapılmıştır.

Türkiye'de ise hava kirlenmesi ile ilgili ilk yasal düzenleme ise 1986 yılında, 11 Ağustos 1983'te yürürlülüğe giren 2872 sayılı Çevre Kanunu'na bağlı olarak çıkarılan Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) ile getirilmiştir.

Dünya Sağlık Organizasyonu (WHO) mevcut veya gelecekteki nüfusu 2000 yılına kadar on milyon veya daha üzerinde olan şehirleri birer metropolitan olarak tanımlamaktadır (WHO, 1992). Bu tanıma göre, 2000 yılında geçici nüfus sayımı sonuçlarına göre 10.033.478 olan nüfusu ile İstanbul bir mega-şehirdir. İstanbul hızlı nüfus artışı ile beraber aynı zamanda Türkiye'nin en büyük sanayi ve ticaret

merkezidir. Bu durum ise şehrin çevre sorunlarını daha karmaşık hale getirmektedir. Türkiye'de en yüksek göç akımına uğrayan şehirde, büyüyen endüstri, ısınma ihtiyacı, kış mevsimlerinde kontrolsüz yakıt kullanımı sonucunda özellikle 1980'li yılların ortalarından itibaren önemli hava kirlenmesi olayları yaşanmıştır.

Bilim ve teknolojinin gelişmesiyle, bilgi, bilgilenme, bilgi kaynağı ve bilginin konumu gibi birbirine sıkı sıkıya bağlı kavramlar önem kazanmaya ve toplumsal yaşayışın biçimini oluşturmaya başlamıştır. Daha önce arşivleme niteliğindeki bilgi depolama teknikleri yerini elektronik ve bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle bilgi iletişim ağlarına bırakmıştır. Bu teknolojik gelişmeye bağlı olarak şehirler sanayi toplumundan bilgi toplumuna geçiş sürecini yaşamaktadır. Çevre kirliliği gibi insan yaşamıyla direk ilgili sorunların çözüme ulaştırılabilmesi için doğru ve uygulanabilir kararların üretilebileceği ve tüm bilgilerin birarada değerlendirilebileceği bir sistem gereklidir. Bilgi toplumuna doğru yaşanan değişimde, çevre koruma ve kirliliğin önlenmesi konularında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Günümüzde bilimsel çalışmalarda veri saklama, analiz ve gösterimleri gibi karmaşık işlemler ve büyük hacimli çevresel datalar bilgisayar kullanımını gerektirmektedir. CBS ise bu ihtiyaçlara cevap veren özellikle geniş mekansal dağılımlı özellikler, aktivite ve olaylara ait dataları kullanabilmek için uygun ve insanların maruz kaldığı kirliliğin ve sağlık risklerinin belirlenmesinde kullanılabilen çok yararlı bir araçtır (Sengupta ve diğ., 1996).

1.1. İstanbul'da Hava Kirliliği Probleminin Tanımı

Yüksek göç oranı, sanayileşme, şehrin plansız gelişimi, ulaşım altyapısının eksikliği, kalitesiz yakıt kullanımı ve şehirde hakim olan meteorolojik koşullar İstanbul'da önemli hava kirliliği olaylarının yaşanmasına neden olmaktadır. Hava kirliliği problemlerinin izlenmesi amacıyla İstanbul İl Sağlık Müdürlüğü Hıfzısıhha Enstitüsü, 1985 yılından itibaren yüksek kirliliğin yaşandığı merkezi alanlarda 24 saatlik ortalamalar şeklinde SO_2 (kükürt dioksit) ve APM (asılı partiküler madde) kirleticilerinin ölçümüne başlamıştır. İstanbul'da hava kirliliğinin 1980'li yılların sonlarından 1990'lı yılların ortalarına kadar birçok kez sınır değerlerin üzerine çıktığı, hatta bazı günlerde alarm seviyelerine ulaştığı görülmüştür. Örneğin; Ocak 1993'de şehirdeki ortalama SO_2 seviyesinin 4000 $\mu g/m^3$'ü ve APM'nin 1400

$\mu g/m^3$'ü aştığı örnekler bulunmaktadır. İstanbul Valiliği özellikle kış mevsimlerinde yaşanan bu örnekler üzerine çocukların, yaşlıların ve astım hastalarını sokağa çıkmamaları konusunda uyarılar yapmıştır. Bunun yanı sıra hava kirliliğinin sınır değerleri aştığı günlerde özel araçların trafiğe çıkması yasaklanmıştır. İldeki tüm okullar kirlilik seviyesi düşünceye kadar kapatılmış, endüstri ve evsel kullanımda ısınma saatlerinde kısıtlılık uygulamasına başlanmıştır.

Ayrıca 1992 yılında başlatılan doğal gaz hattı döşeme programının şehrin üçte birini kapladığı dönemde; Valilik tarafından doğal gaz hattı döşeme çalışmaları tamamlanmış olan ilçelerde yakıt sistemlerinin doğal gaza dönüştürülmesi kararı alınmış ve bu konuda yaptırım uygulanmıştır. İl Mahalli Çevre Kurulu (İMÇK), 1994 yılında şehirde kullanılan ve satılan kömür ve fuel-oil'un kalitesinin iyileştirilmesi ve belirli standartlarda olmasına yönelik kararlar almış, il ve ilçe belediyelerde uygulamaya yönelik yaptırımlar başlatılmıştır (İMÇK Kararı, 1993).

1.2. Hava Kirliliği Kaynakları

İstanbul'da hava kirliliğinin en önemli kaynaklarını, konutlarda kış aylarında ısınma maksadıyla kullanılan yakıtların yakılması oluşturmaktadır. Bunların yanında hareketli kaynaklar olarak sınıflandırılan motorlu taşıtlar ve nokta kaynaklar kategorisine giren endüstriyel kaynaklar da bölgesel olarak hava kirlenmesine yol açmaktadır. Şehirde yanma kaynaklarının geçmişi incelendiğinde 1960–1990 yılları arasında tüketim miktarları açısından yaygın bir şekilde kullanılan yakıtların çeşitli dönemlerde değişik sonuçlar verdiği görülebilir.Örneğin, 1960–1980 yılları arasında fuel-oil, 1980'den sonra ise linyit kömürü ısınma maksadıyla tüketilen yakıtlar arasında öncelik göstermiştir. Bunun yanısıra, 1990 yılında şehirde 6 milyon ton linyit sadece ısınma amacı ile kullanılmıştır. Bunu takip eden yıllarda ise 1992 yılında 8 milyon ton; 1993 yılında 8.5 milyon ton; 1994 yılında 9 milyon ton civarında linyit kömürünün tüketildiği belirlenmiştir. 1995 yılında kömür tüketimi 6 milyon ton, 1996 yılında 2 milyon ton, 1997 ve 1998 yıllarında ise 1 milyon tonun altına kadar inmiştir (Topçu ve diğ., 2001). 1992 yılından itibaren tedrici olarak kullanıma sunulan doğal gaz ise 1994 yılından itibaren önemli bir kullanım yüzdesine sahip olmuş, abone sayısı Eylül 1997'de 1 milyona, 2000 yılında yaklaşık 1,5 milyona ulaşmıştır (İGDAŞ, 1998, 2002). İstanbul özellikle toplu taşıma

araçlarından meydana gelen araç emisyonları bakımından önemli ölçüde kontrolsüz bir görünüme sahiptir.

1.3. Şehirlere Ait Hava Kirliliği Çalışmaları

Şehir merkezleri ve yerleşim birimlerinde hava kirliliği seviyeleri 1970'li yılların ortalarından bu yana Birleşmiş Milletler başta olmak üzere uluslararası kuruluşların odaklandığı çevre problemi haline gelmiştir. Bu durum öncesinde çeşitli ülkelerde hava kirliliği çalışmalarının çevre araştırmaları arasında yer aldığını gösteren önemli örnekler bulunmaktadır.

Örneğin, Kanno ve diğ. (1959), yaptıkları çalışmada Japonya'nın Kelhin endüstri bölgesinde Şubat 1957-Şubat 1958 tarihleri arasında SO_2 konsantrasyonlarını ölçerek, SO_2 konsantrasyonu ile meteorolojik veriler arasındaki ilişkiyi günlük ve mevsimlik olarak incelemişlerdir. Sonuç olarak SO_2'nin kış >ilkbahar > sonbahar> yaz sıralamasına göre azaldığını, en yüksek konsantrasyonun Şubat ayında olduğu ve kuzey ve doğu yönünden rüzgar estiği zaman konsantrasyonun arttığı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra yağışların SO_2 konsantrasyonunu azalttığı ve bulutlu günlerde kirliliğin uzun bir süre aynı kaldığı belirlenmiştir.

Turner (1961) ise çalışmasında rutin olarak ölçülen meteorolojik parametrelerle şehir içindeki hava kalitesi seviyelerindeki değişikliği açıklamaya çalışmıştır. Örnek olarak da Tennesse'de Ekim 1958 ve Nisan 1959 tarihleri arasında 32 günlük hava kalite ölçüm istasyonu SO_2 verileri ile meteorolojik parametreler arasındaki ilişkiyi belirlemiştir. 24 saatlik ortalama kararlılık değeri, ortalama rüzgar şiddetinin tersi ile hava kirliliği arasındaki basit korelasyon katsayıları hesaplanmıştır. Dikkate alınan tüm meteorolojik parametrelerin hava kalite ölçümleri üzerindeki toplam etkisini görebilmek için ise çoklu regresyon uygulanmıştır. Sıcaklık, rüzgar hızı ve atmosferik kararlılık gibi meteorolojik değişkenler ile günlük ortalama SO_2 ölçümlerinin yüksek derecede ilişkili olduğu görülmüştür.

Newall ve Eaves (1962), 1956-1960 yılları arasında İngiltere'de rüzgar hızı ve yağışın atmosferdeki SO_2 konsantrasyonuna etkisini inceledikleri çalışmada, SO_2 konsantrasyonunun rüzgar hızı ile ters orantılı olarak değiştiğini ve yağışın etkisiz olduğunu tespit etmişlerdir.

Londra'da, hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkilerinin araştırılması kapsamında Ocak 1934'den 1964' e kadar 10 yıldan uzun bir süre boyunca kirlilik ölçümleri yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda, yıllık ortalama ve pik partiküler madde konsantrasyonunda bu süre içerisinde bir azalma olduğu fakat SO_2 konsantrasyonunda önemli bir oranda azalma olmadığı tespit edilmiştir. Sıcaklık enverziyonu ile birlikte tüm Londra'da episod günlerce devam etmiş ve kirliliğin emisyon kaynaklarının az olduğu bölgeleri de etkilediği belirlenmiştir (Commins ve Waller, 1967).

Blifford ve Meeker (1967) ile Prinz ve Stratman (1968) şehir hava kirliliği örneklerindeki kimyasal bileşenlerdeki değişimlerin incelenmesinde faktör analizi yöntemini kullanmışlardır.

Schmidt ve Velds (1969) yaptıkları çalışmada Ekim 1962'den Mart 1968' e kadar Hollanda'nın Rotterdam endüstri bölgesindeki SO_2 konsantrasyonundaki kademeli düşüşün tamamen meteorolojik faktörlere bağlı olduğunu göstermişlerdir. İncelemede, meteorolojik değişkenler olarak rüzgar hızı, sıcaklık ve yağış miktarı ve atmosfer basıncının yüksek olduğu gün sayısı alınmıştır. Rotterdam'a yakın 4 ayrı istasyondaki ortalama SO_2 konsantrasyonun yüksek olduğu, gün sayısının episod gün sayısıyla bağlantılı olduğu bulunmuştur. Bunun yanı sıra yağış ve rüzgar hızının Batı Avrupa üzerindeki güneyli siklonların sıklığı ile yüksek korelasyon gösterdiği bulunmuştur. Yağış miktarı, sıcaklık ve dinamik türbülans şiddeti kullanılarak çoklu doğrusal regresyon uygulamışlar ve 6 kış döneminde SO_2 konsantrasyon seviyesinin meteorolojik faktörlerin etkisinde olduğunu göstermişlerdir.

Peterson (1970), Missouri, St Louis'de 1964-65 kış döneminde 40 istasyonda günlük SO_2 konsantrasyonlarını ölçmüş ve bunların meteorolojik parametreler ile ilişkisini incelemiştir. Meteorolojik parametreler olarak, sıcaklık, yüzey rüzgar hızı ve yönü, kararlılık, karışma yüksekliği, ölçülen yağış miktarı kullanılmıştır. Bu analizde özvektörler ve ampirik ortogonal fonksiyonlar kullanılmış ve ölçümlerle yeterli karşılıklı ilişkili birçok SO_2 paterninin belirlenebileceği gösterilmiştir.

Bringfelt (1971), yaptığı çalışmada 1967-68 ve 1968-69 kış mevsimlerinde İsveç'in Stockholm şehir merkezindeki 4 ölçüm bölgesinden elde edilen SO_2'nin ortalama günlük konsantrasyonları ile sıcaklık, rüzgar hızı ve karışma yüksekliği arasındaki

ilişkiyi çoklu doğrusal regresyon analizini kullanarak karşılaştırmıştır. Çalışmada, SO_2 konsantrasyonunun 1967-68 döneminde İsviçre hava kalite standardını çok sık olarak aştığı, sıcaklığın kış mevsiminde ihtiyaç duyulan yakıt ve SO_2 emisyon miktarının artması dolayısıyla önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir.

A.B.D. California Riverside'da Ağustos 1964-Haziran 1972 dönemi arasında, CO, NO_2 ve hidrokarbonların günlük maksimumlarının haftalık ortalamalarına tek değişkenli istatistik analizlerinin yapıldığı çalışmada karbon monoksitin artış, hidrokarbonların azalış gösterdiği tespit edilmiştir (Chock ve diğ., 1975).

İtalya'da, Venedik'in tarihi merkezi ve çevresindeki SO_2 konsantrasyon değişiminin rüzgar yönü ve hızı, sıcaklık, bulutluluk, basınç, bağıl nem, yağış ve görüş uzaklığının ortalama saatlik değerlerini de içeren meteorolojik parametrelerle incelendiği çalışmada ise kirliliğin tarihi dokuya zarar verdiği tespit edilmiştir (Zannetti ve diğ., 1977). Çalışmada ayrıca bu tip kirlilik dönemlerinin yalnızca kış aylarında ve çok hafifte olsa batı rüzgarları ile bağlantılı olduğu gösterilmiştir. Tarihi bölge ve çevresinde doğal gaz gibi kirletici olmayan yakıtların kullanılması yönünde yasa hazırlanmış ve uygulama başlatılmıştır. Aylık SO_2 değişimi 1973-75 yılları arasında incelenerek (Aralık-Şubat) kışın evsel kaynak artışı ve meteorolojik parametre etkileri sebep olarak açıklanmış, mevsimsel SO_2 konsantrasyonu ve tek tek meteorolojik parametreler arasındaki korelasyon ve saatlik SO_2 konsantrasyonunun standart değerleri aşma sıklığı ile bu meteorolojik parametreler arasındaki ilişki incelenmiştir

Economopulos (1987), Atina'da hava kirliliğinin azaltılması için 3,5 yıl süren bir çalışma yapmıştır. Endüstriyel emisyon kontrolleri, araç ve ısıtma fırınlarının kontrol ve bakımı, taksilerde LPG ve katalizör kullanımı ile emisyonların 1990'da %27 oranında azalacağını belirtilmiştir.

Ghauri ve diğerleri (1994) tarafından meteorolojik ölçümleri de kapsayan atmosferik hava kirliliği ile ilgili bir araştırma 1990 yılının Mayıs ayında Pakistan'ın Karaçi şehrinin 13 ayrı bölgesinde yapılmıştır. İnceleme bölgesi olan, Karaçi'de havadaki karbon monoksit seviyesinin 9-10 ppm değerine ulaştığı tespit edilmiştir. Bunun yanısıra NO_2 seviyesinin hava kalite standartlarını aştığı tespit edilmiştir. Saat 06:00 ile 21:00 arasında yapılan gözlemlerde maksimum NO_2 konsantrasyonun 0.3-0.5ppm

değerine ulaştığı tespit edilmiştir. Pb konsantrasyonunun şehir hava standart değerlerinin yaklaşık olarak 3 ila 7 katı olduğu tespit edilmiştir. Ticari bölgeler ile nüfus yoğunluğunun fazla olduğu yerleşim birimlerinde meydana gelen hava kirliliğinin en büyük sebeplerinin araçlar, deri ve tekstil imalathanelerinde, güç santrallerinde yakıt kullanımı kaynaklı olduğu belirlenmiştir.

Mage ve diğerleri (1996) ise gelişmekte olan ve hava kirliliği kontrolü için yeterli maddi gücü olmayan mega şehirlerin kontrol stratejilerini geliştirmeleri ve uygulamaları halinde hava kirlilik potansiyellerini incelemişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda ele alınan ve nüfusu 10 milyonu aşan mega şehirlerde; a) hava kalitesi yönetiminin çok acil devreye sokulması, b) kısa vadede gerçekçi çözüm arayışlarına daha çok önem verilmesi, enerji tasarrufu, kurşunsuz benzin kullanımı, toplu taşımaya teşfik) uzun vadede, uygun şehir ve taşıma planları yapılması ve temiz teknolojilerin kullanılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Romero ve diğerleri (1999), hızlı şehirsel büyümenin meydana geldiği Şili'nin başkenti Santiago'daki arazi kullanımındaki değişimle hava kirliliği arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. Santiago sürekli bir enverziyon tabakasının altında, coğrafik olarak etrafı tamamen dağlarla çevrili ve kültürel olarak ise yoğun nüfus (toplam nüfusun %40'ı) ve yoğun sanayii ve araca (toplamın %70'i) sahip bir şehirdir. Latin Amerika'nın en kirli şehirlerinden birisi olan Santiago'daki kirliliğe neden olan en önemli faktörler meteorolojik, coğrafik ve kültürel olmak üzere 3 grupta toplanmıştır.

Şehirlerdeki hava kalitesi doğal ve antropojenik çevresel durumlar arasındaki etkileşimlerin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Şehirlerdeki hava kirliliği özellikle gelişmekte olan ülkeler için ciddi bir çevresel problemdir. Şehir atmosferinde oluşan hava kirliliği hava kirleticilerinin taşınımı ve emisyonu ile bağlantılıdır. Kirleticilerin yayılma yönü ise birçok faktöre bağlıdır. Dünyanın mega şehirleri için motorlu araç trafiğinden çıkan emisyonların en büyük kaynak grubunu oluşturduğunu Mayer (1999), yaptığı çalışmasında vurgulamıştır. Bu çalışmada trafik kaynaklı kirleticilerin zamansal değişimine değinilmiştir.

Pemberton ve diğ. (1959) İngiltere, Sheffield'de 1957-58 ve 1958-59 kış dönemlerinde SO_2 ve partiküler madde dağılımı ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Bu

çalışmada, iki kış döneminin ortalama değeri ile arazi yüksekliği ve nüfus yoğunluğu arasında korelasyon incelenmiştir. Kirlilik seviyesinin yükseklikle ters orantılı olmasıyla birlikte partiküler madde için ölçüm alanını çevreleyen alandaki nüfus yoğunluğunun etkili olduğu, endüstriyel kaynakların daha ziyade SO_2'e neden olduğu bulunmuştur. İki kış ve bir yaz sezonuna ait kirlilik haritaları eşit seviyedeki kirlilik alanları belirlenmiştir.

Çevresel parametrelerin ve hava kirliliğinin mekansal dağılımı gösterebilmek, insan ve bitkiler üzerinde hava kirliliği etkilerinin tahmini için hava kirliliği haritaları üretilmiştir Birçok hava kirliliği araştırmalarında kirlilik konsantrasyon haritaları mekansal enterpolasyon yöntemleri kullanılarak oluşturulmaktadır. Çok sayıda hava kirliliği çalışmasında hava kirliliği konsantrasyon haritalarının üretilmesi için jeoistatistiksel bir yöntem olan Kriging (McBartney ve Webster, 1981; ;Lefhon ve diğ.,1988; Loibl ve diğ., 1994; Westenberger ve Frisvold, 1994; Ertük, 1995; Liu ve Rossini, 1996; Godzik, 1997; Philips ve diğ., 1997; Mulholland ve diğ., 1998; Holland ve diğ., 2000, Tayanç, 2000, Şen ve Öztopal, 2001) mekansal enterpolasyon metodu olarak kullanılmaktadır. Bunların yanısıra Finkelstein, 1982, 1984; Olsen ve Wantson, 1984; Seilkop ve Finkelstein, 1987; Endlich ve diğ., 1988, Eynon, 1988; Bilonick, 1983, 1985, 1987; Egbert ve Lettenmaier, 1986; Venkatram, 1988; Rouhani ve diğ,, 1992a,b asit yağmurlarının trend ve patern araştırmasında kriging metodunu kullanmışlardır. Tobios ve Salas, 1985; Phillips ve diğ., 1992 ise yağış verileri için kriging'in bilinen eski yöntemlerden daha iyi tahminler verdiğini göstermişlerdir.

Casado ve diğerleri (1994), ABD'nin güney bölgesindeki 29 ayrı istasyondan toplanan saatlik ozon ölçümlerinin jeoistatistiki ve görüntüleme işlemlerinin analizini yapmışlardır. Günün farklı saatlerinde yapılan ozon ölçümlerinin bölgenin tamamını içeren mekansal haritalarını küresel variogram modeli kullanarak nokta krigingle haritalarını oluşturmuşlar ve mekansal haritalarla, bölgesel ozon bulgularının davranışlarının daha net anlaşılabilmesini sağladığını belirtmişlerdir.

Tayanç ve diğerleri (1997), 1951-1990 periodu için Türkiyenin çeşitli illerinden seçilmiş 54 iklim istasyonuna ait sıcaklık verilerinin kriging ile dağılımını inceleyerek şehirleşmenin hava kirliliği ile ilişkisini araştırmıştır. Soğumanın sebepleri SO_2 ve APM gibi bazı kirleticiler ile bağlantı kurularak ortaya konmuştur.

Oliver ve Webster (1990), krigingi diğer enterpolasyon ve haritalama metodları ile karşılaştırarak onun mekansal değişimi gerçekle en uyumla yansıtan jeoistatistik bir metod olduğunu belirtmişlerdir. Yer bilimlerinde doğal olayların sürekli değişimini ve ölçüm yapılamayan noktalardaki değerleri belirleyerek haritalarla göstermek için CBS'in jeoistatistik gibi mekansal analiz yöntemleri ile geliştirilebileceğini ve krigingin bunun için en uygun yöntem olduğunu açıklamışlardır.

CBS sadece harita yapımı değil, bitki yetiştirme alanlarının tahmini gibi çok daha karmaşık modelleri kullanabilmektedir. CBS nin digital harita yapma özelliğinden yararlanarak çok daha özel ve ileri düzeyde coğrafik analizlere cevap verilebilmiştir (Oliver ve Webster, 1990).

ABD'de çevre koruma kuruluşu (EPA) ile birlikte ve çeşitli eyalet kuruluşları tarafından geliştirilmiş uygulamalar vardır. Bu uygulamalarda yeraltı ve yerüstü su kaynakları yönetimi ve kalite kontrolu, zararlı atık yönetimi, hava, yer ve su kirliliği kontrolü gibi konular üzerinde çalışılmıştır (EPA,1992). Çevresel işletim için 20 yılı aşkın bir süredir Minnesota eyaletinde CBS uygulamaları yapılmaktır. CBS uygulamalarının yapıldığı alanlar: asit yağmurları denetimi, toprak erozyonu, su kaynakları değerlendirilmesi (yüseysel ve yeraltı), orman kaynakları işletimi ve maden araştırmalarıdır (Robinette 1992).

CBS yazılımı noktasal olmayan kaynakları belirleyebilmesi sebebiyle çevre kirliliği çalışmalarında kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Corwin ve Wagenet, 1996). Buna ilaveten şehirsel hava kirliliği kontrolü uygulamalarında (Sengupta ve Venkatachalam, 1994; Moragues ve Alcaide, 1996) ve diğer şehir kirliliği göstergelerinde (Ebbinghaus ve diğ., 1997) ve bölgesel ölçekteki toprak kirliliği çalışmalarında (Adamus ve Bergman, 1995; Meinardi ve diğ., 1995) CBS özellikle kullanılmaktadır.

Collins ve diğ. (1995), CBS'yi minimum bir hata payı ile gerçek dünyayı yansıtan sağlıklı verilerin ve çevresel koşulların modellenmesi için güçlü bir araç olarak sunmuşlardır. Bu çalışmada kullanılan CBS modeli, entegre edilmiş bir CBS ortamı içinde istatistik enterpolasyon ve dispersiyon modellemesinden oluşmaktadır. İngiltere'nin Huddersfield şehrinde Haziran 92- Mart 93 döneminde 80 istasyonda NO_2 ölçümleri kullanılarak kriging yöntemiyle fon kirliliği hesaplanmış ve meteorolojik faktörler ile nokta ve çizgi kaynakların emisyonlarını içeren modelde

kullanılmıştır. Şehirlerin kompleks yapısı nedeniyle interpolasyon için çok geniş bir istasyon ağının gerekliliği vurgulanmıştır.

Leeuwen ve diğerleri (1996) Avrupa ölçeğinde 1989 yılı için Avrupa üzerinde dağılmış 824 yerleşim biriminden alınan yağış örneklerinde birçok asidik bileşenin (sülfat, amonyum, sodyum, nitrat vb.) konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Eksponansiyel ve gaussian variogram modelleri kullanılmıştır. CBS'le yapılan mekansal analizde kriging yöntemi ile asidik bileşenlerin konsantrasyon haritaları oluşturularak emisyon paternleri yorumlanmıştır.

Sengupta ve diğ (1996) Hindistanın önemli ölçüde yüksek nüfus ve sanayiye sahip dünyadaki belli başlı büyük şehirlerinden olan Büyük Bombay bölgesinde CBS kullanarak hava kirliliğine maruz kalan nüfus ve risk alanlarını belirlemiştir. Çalışmada 22 hava kalitesi ölçüm istasyonundan elde edilen NO_2, SO_2, APM'nin 24 saatlik ortalama değerleri bir CBS programı olan GRAM-GIS kullanılarak her bir kirletici için belirlenen ağırlık değeri ile çarpılmış ve elde edilen haritalar çakıştırılarak hava kalite indeksi (HKİ) elde edilmiştir. HKİ haritası arazi kullanım haritası ile çakıştırılarak farklı bölgelerdeki hava kalitesi tespit edilmiştir. Nüfus yoğunluğu ile artış haritaları çakıştırılarak arazi üzerindeki nüfus baskı haritası ve bu haritanın HKİ ile çakışımı ile de hava kalitesinin nüfus üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Çalışma neticesinde Bombay'de 5 potansiyel risk alanı tesbit edilmiştir. Bu çalışmada CBS sistemiyle insanlar üzerindeki sağlık riski tayini gösterilmiştir. Elde edilen son haritalar hava kirliliği kontrol ve ölçüm alanlarının belirlenmesi, ulaşım rotalarının belirlenmesi, gelişim projelerinin yapılması gibi hava kirliliği çalışma stratejilerinde kullanılabilir. Bu çalışma CBS'in planlama için önemli bir araç olduğunu göstermiştir.

Goovaert (2000), Portekiz'de 36 istasyondan elde edilen yağış verilerini kullanarak üç jeoistatistik metodun (mesafe karelerinin tersi, Thiessen poligonu, olağan kriging) tahminlerini karşılaştırmıştır. Yağış ve yükseklik arasında orta seviyede bir korelasyon olduğunda en doğru tahminin olağan krigingle elde edildiğini açıklamıştır.

Dai ve David (2000), CBS'ı; mekansal veriyi geliştirmek ve entegre etmek için , emisyonlardaki mekansal değişimleri analiz etmek ve hücre tabanlı hava kirlilik modellerine veri üretmekde kullanan bir metodoloji geliştirmiştir. Mevcut veriye

dayandırılan emisyon kaynak aktivitelerinin mekansal dağılımını tahmin etmek için bu yaklaşımın istatistiki modellerle birleştirilebileceği açıklanmıştır.

Fiala ve diğerleri (2001), Çekoslavakya'da 1989-1998 'e kadar olan on yıllık periotta hava kalite ölçüm istasyonundaki SO_2 ölçümlerini kullanarak kriging ile yıllık SO_2 konsantrasyon ve yağış verilerini kullanarak da atmosferde kükürt birikiminin CBS ile haritalarını oluşturmuşlardır. Hava kalitesinin iyileşmesi ile SO_2 konsantrasyonunda düşüşle toplam kükürt birikiminin 1989 yılı değerlerinin %50 altına inmesine neden olduğunu tesbit etmişlerdir.

Kuzey Belçika'daki 2200 evden elde edilen Radon ölçüm verilerini modellemek ve sayısal hale getirmek için CBS kullanılmıştır. Radon konsantrasyonunun (Rn) mekansal dağılımını incelemek için 1988'den 1995'e kadar olan sürede yaklaşık 1700 ölçümden oluşan kısa-süreli Rn veri setinden küresel variogram modeli kullanılarak kriging yöntemiyle kontur haritalar oluşturulmuştur. Bu haritalardan CBS kullanılarak yüksek riskli bölgeler belirlenmiştir (Zhu ve diğ., 2001).

1.4. İstanbul'da Hava Kirliliği Araştırmaları

İstanbul'da bölgesel hava kirliliği seviyesi ile ilgili çalışmalarının ilki Kartal bölgesinde Çatalbaş (1969) tarafından ve Nişantaşı Bölgesinde de Tebbens (1970) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalarda, İstanbul'un rüzgarlı yapısının o tarihlerde, oluşabilecek ciddi bir hava kirliliği problemini önlediği ancak genelde kullanılacak yakıt türünün seçiminde dikkatli olunması gerektiği vurgulanmıştır.

Ayalp (1976) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise İstanbul'un ticari, meskun ve endüstriyel bölgelerinde kurulan istasyonlarda yapılan ölçümlerde kükürt dioksit, azot oksit, karbon monoksit, toplam asılı partiküler madde ve duman parametreleri ölçülmüştür. Mevcut meteoroloji istasyonlarında ölçülen meteorolojik parametreler kullanılarak kükürt dioksit değerleri ve rüzgar hızı parametreleri arasındaki regresyon analizlerinde çeşitli lineer ve parabolik ilişkiler kurulmuştur. Kükürt dioksit konsantrasyonlarının en düşük seviyede kaydedildiği günlerde hakim rüzgar yönünün kuzey ve kuzey-doğu, en yüksek seviyede kaydedildiği günlerde ise kuzey-batı yönünde olduğu gözlenmiştir.

İstanbul'daki hava kirliliğinin deterministik modellemesi ile ilgili ilk çalışma Ertürk (1981; 1986) tarafından, Haliç bölgesinde alansal kaynaklardan meydana gelen hava kirliliğinin göstergesi olarak SO_2 ve APM parametreleri üzerinde; ikinci olarak Öztürk (1983) tarafından, Beyoğlu Caddesinde motorlu taşıtlardan ileri gelen karbon monoksit konsantrasyonu üzerinde yapılmıştır. Her iki çalışmada da gözlenen ve matematik modelle hesaplanan değerler arasında yüksek korelasyonlar bulunmuştur. İncecik (1986) tarafından Haliç bölgesinde alt atmosferin mikro meteorolojik yapısı ile ilgili olarak yapılan çalışmada ise düşük rüzgar hızları, gece vakti oluşan kararlı atmosfer durumu ve zayıf dağılma (dispersiyon) gibi meteorolojik şartların, kirleticilerin bu bölgede birikmesine sebep olduğu belirtilmiştir. Bir başka çalışma ise İşli (1990) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada da yine meteorolojik parametrelerle kirlilik parametrelerinin birlikte istatistiksel ilişkileri ile beraber kirlilik verileri, zaman serileri şeklinde analiz edilerek geleceğe dönük tahmin çalışması yapılmıştır.

Ertürk ve diğ. (1995), İstanbul'da doğal gaz kullanımında öncelik verilecek bölgelerin tespiti için kriging yöntemini kullanarak kirlilik haritasını oluşturmuştur. Karaca ve diğerlerinin (1995) yapmış oldukları çalışmada İstanbul ve Ankara'da şehirleşmeden dolayı meydana gelen iklim değişimi araştırılmış, ısı adası özellikleri incelenmiştir. Endüstrileşmeden dolayı İstanbul'un güneyinde kırsal bölgelere göre sıcaklık artış trendi bulunmuştur. Kuzey bölümleri ise soğuma trendi göstermiştir. Şen (1995), SO_2 konsantrasyonu için birikimli yarı variogram metodunu önermiştir. Deniz ve Karaca (1995), 1985-91 dönemi içersinde İstanbul'da hava kirliliği ile siklon sayıları arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Hava kirliliğinin en yoğun olduğu Kasım, Aralık, Ocak, Şubat ve Mart ayları için siklon sayılarında azalma olurken hava kirliliğine neden olan SO_2 ve APM konsantrasyonlarında artış gözlenmiştir. Atmosferik şartların hava kirliliğini yönlendirdiği İncecik (1996) tarafından belirtilmiştir. Bunun yanı sıra, Batuk ve diğerleri (1997), 1991-94 döneminde İstanbul'daki meteorolojik şartlar ile SO_2 ve APM arasındaki ilişkileri inceledikleri çalışmalarıyla hava kirliliği üzerine çeşitli yorumlar getirmişlerdir. Şen (1998) tarafından yapılan çalışmada ise İstanbul'un 1989 yılından başlayarak 5 yıllık dönemi kapsayan kış mevsimlerindeki SO_2 ve APM değerlerinin istatistik özellikleri incelenmiştir.

Ünal ve diğerleri (2000), İstanbul' da SO_2 konsantrasyon değişiklerini etkileyen faktörleri incelemişlerdir. Bu çalışmada, İstanbul'daki SO_2 konsantrasyon seviyesini etkileyen en önemli parametrenin atmosferik basınç, enlemsel yüzey rüzgarı (kuzey-güney) ve kış aylarında (batı-doğu) zonal rüzgar olduğunu belirtmişlerdir. İstanbul'da yüksek basınç altındaki Gaziosmanpaşa, Şişli, Fatih, Bakırköy, Ümraniye ve Kartal'da yüksek SO_2 konsantrasyonu tespit edildiği, bu nedenle yüksek basıncın baskın olduğu zamanlarda bu ilçelerde önlem alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Üsküdar ve Göztepe'de ise zonal rüzgarın SO_2'yi etkileyen en önemli parametre olduğu bulunmuştur. Son zamanlarda, Tayanç (2000) İstanbul'da 1985-91 periyodundaki SO_2 ve APM değerleri arasında doğrusal regresyon analizi uygulayarak her iki kirleticinin benzer değişim gösterdiğini belirtmiş ve 1993-94 ve 1995-96 yılları arasında SO_2'nin Aralık, Ocak, Şubat aylarındaki ortalama konsantrasyonlarının mekansal değişimini incelemiştir. Şen ve Öztopal (2001)'in çalışmasında noktasal birikimli yarı variogram (PCSV) modeli kullanılarak İstanbul'daki SO_2 ve APM konsantrasyonlarının bölgesel değişimleri değerlendirilmiştir. Topçu ve diğerleri (2001) ise İstanbul'da 1993-94 ve 1994-95 dönemlerinde kış aylarını içeren periyotta toplam 34 yüksek APM konsantrasyonu içeren episod tespit etmişlerdir. Episod günleri ve ait APM konsantrasyonu, rüzgar hızı, ortalama basınç değerleri episodun olmadığı gün ortalamalarıyla karşılaştırılmış ve episodun yaşandığı günlerde daha yüksek basınç ve daha düşük rüzgar hızları ile rüzgarın GB,GGB yönlerde estiği tespit edilmiştir.

1.5. Çalışmanın Amacı

Bu çalışma da, İstanbul'un hava kirliliği sorununun mekansal ve zamansal değişimini, şehirleşme ve hava kalitesi koruma planlarının hazırlanması için geliştirilecek stratejileri belirlemek üzere hava kirliliği bileşenlerinin durumunu emisyon kaynakları ile bağlantısını araştırmak ve şehrin gelişme planlamasına gelecekte hava kalitesi tahmini yoluyla katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

Buna göre İstanbul'da 1990 yılı başlarından itibaren değişmeye başlayan emisyon paternine bağlı olarak şehirde ortaya çıkan hava kirliliği seviyelerinin yapısını Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) bakışı altında ortaya koymak ve şehrin gelecekte

emisyon projeksiyonu ile arazi kullanımına ışık tutmak üzere aşağıdaki adımların gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir:

i) 1992-2000 yılları arasındaki hava kirliliği değişimi eğiliminin analiz edilmesi,

ii) Kirlilik konsantrasyonunun tanımlanması ve bunun meteorolojik faktörlerle ilişkisinin istatistik yöntemlerle incelenmesi ve araştırılması,

iii) Kirlilik seviyesinin arazi kullanım ve nüfus arasındaki ilişkisinin tanımlanması.

1.6. Metodoloji

Bu çalışmada uygulanan araştırma metodolojisi üç analizden oluşmaktadır. Bunlar:

a. Zamansal değişim,

b. Korelasyon , ana bileşenler ve regresyon,

c. Mekansal Analiz (CBS)'dir.

a) Bu çalışmada zamansal değişimi belirlemek üzere ilk olarak yerel yönetimler tarafından yakıt türlerine ve yanma kaynaklarına müdahale edilerek emisyon indirim çalışmalarının henüz başlamadığı 1992 yılından bu süreci içerisine alan 2000 yılına kadar hava kirliliğinin değişim eğiliminin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu adımda dikkate alınan hava kirliliği parametreleri SO_2 ve APM'dir. 24 saatlik ortalama değer olarak ölçülen bu kirletici konsantrasyonlarının aylık, mevsimlik ve yıllık ortalama değerleri hesaplanarak 1992-2000 yılları arasındaki değişimleri belirlenmiştir. Gözönüne alınan 17 istasyonda iki ayrı dönem (ısınma ve ısınmanın olmadığı) için Avrupa ve Anadolu yakasında değerlendirme yapılmıştır.

b)Nokta veya alan kaynaklardan yayılan kirleticilerin taşınma ve yayılması atmosferde dağılımının açıklanması bölgesel meteorolojik olaylara ve topografyaya bağlıdır. Bu amaçla kirlilik konsantrasyon seviyesi ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişkileri araştırmak üzere rüzgar şiddeti ve yönü, sıcaklık, basınç, bağıl nem ve yağış gibi önemli meteorolojik parametreler gözönüne alınmıştır. Bunun yanısıra, günlük hava kalitesi ile meteorolojik veriler arasındaki ilişkiler birbirine yakın meteoroloji ve hava kalite istasyonları arasında 1994 yılından 1996 yılına ve 1997 yılından 1999 yılına kadar olan iki ayrı dönem için araştırılmıştır. Bu

istasyonlardan birinin Anadolu diğerinin ise Avrupa yakasında seçilerek her iki bölge arasında karşılaştırma yapılmıştır.

Episod niteliği taşıyan kirliliğin yaşandığı günlerde bu hava kirliliği istasyonlarındaki SO_2 ve APM nin meteorolojik faktörler ile bağlılığı 1994-96 periodunda Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve ABD Çevre Koruma Organizasyonu (EPA) Kirlilik Standart İndeksi (KSİ) kullanılarak analiz edilmiştir. Çapraz analiz ile her bir meteorolojik sınıf için (rüzgar hızı 1 m/sn'den küçük, hava sıcaklığı 5°C'den az, yağış hadisesinin olmadığı vb) bu iki standarda göre sınır değerlerin aşma sıklığı hesaplanmıştır.

c) Bu çalışmada hava kirliliği seviyeleri ile arazi kullanımı ve nüfus arasındaki ilişkinin belirlenmesinde jeoistatistik ile CBS mekansal analiz tekniği kullanılarak 1995-96 ve 1999-2000 ısınma mevsimleri ile 1995-96 ısınma mevsiminde sınır değerlerin aşıldığı günkü ortalama hava kalite seviyesi araştırılmıştır.

Çalışma sekiz bölümü kapsamaktadır. Birinci bölümde tez çalışması hakkında genel bilgi, literatür araştırması ile çalışmanın amacı ve kullanılacak metodoloji verilmiştir. İkinci bölümde, atmosfere ait genel bilgiler ve şehir hava kirliliğinin fiziksel elemanları ve hava kalite standartları ve üçüncü bölümde CBS tekniği açıklanmaktadır. Dördüncü bölüm, çalışma bölgesinin konumu, iklim, topografya, nüfus ve hava kalite ölçüm istasyonlarına ait bilgileri kapsamaktadır. Beşinci bölümde hava kirliliği ve meteorolojik verilerin yanı sıra ilçe nüfus hareketleri ve arazi kullanım haritalarına ait veri tabanı oluşturulması ile ilgili bilgi ve hava kirliliğini etkileyen meteorolojik faktörler, hava kalitesi, meteorolojik veriler ile arazi kullanımı, nüfus bilgilerinin hazırlanışı verilmiştir. Hava kirliliği ile meteorolojik değişkenler arasındaki ilişkinin istatistik analiz yöntemleriyle incelenmesi ve hava kirliliğinin kısa vadeli modellemesi altıncı bölümde sunulmuştur. Yedinci bölüm, hava kirliliğinin mekansal değişimi üzerinde CBS'nin kullanımı ve mekansal analizini içermektedir. Sekizinci bölüm ise sonuçlar ve öneriler başlığını taşımaktadır.

1.6.1. Jeoistatistik metod

Yer ve atmosfer ile ilgili çalışmalarda ilgilenilen olayın özelliklerini tanımlamak için ölçümle elde edilen verilere güvenilir. Bununla birlikte çok sayıda ölçüm mevcut

olsa bile, pek çok durumda bu özelliklerin zamansal ve mekansal değişimleri hatasız tahmin yapmayı engeller. Aynı zaman periyodu içinde değişik yerlerde alınan örnekler ve yapılan ölçümler geniş bir değişim aralığı gösterir. Sonuç olarak, hemen yakınında yapılan ölçümler olsa bile, kimse ölçüm yapılmamış bir yerdeki değişim değerini kesin olarak tahmin edemez. Jeoistatistik bu gibi zorlukları anlar ve; (1) ölçümler ve diğer ilgili bilgilere bağlı olarak en doğru tahminin hesaplanması, (2) bu tahminlerin doğruluğunun sayısallaştırılması ve (3) eğer daha fazla bilgi toplama imkanı var ise bu bilgilerin nerede ve ne zaman ölçüleceği ve ölçülecek parametrelerin seçimi için gerekli istatistiki çözümleri üretir (Casado ve diğ.,1994). Jeostatik, konumsal değişkenlerin tahmin ve hesaplama problemlerinin çözümüne yönelik tekniklerin bir toplamı olarak tanımlanmaktadır (Matheron, 1971). Bu yöntem harita yapma, simülasyon ve analiz gibi çeşitli problemlerin çözümlenmesinde uzun zamandan beri kullanıla gelmiştir (ASCE, 1990 a,b). Jeostatiğin esası, hesaplama prosesinde mekansal korelasyonu kullanmasıdır. Konumsal korelasyon yapısı variogram modelleri kullanılarak gösterilmektedir (Clark, 1979).

1.6.2. Mekansal korelasyon

Enterpolasyonun temel prensibinde değişkenin yakın mesafedeki değerlerinin uzak mesafedekilere nazaran daha çok benzer olduğu kabulü yatar. Bunun doğru olup olmadığını kontrol etmek ve benzerliğin artan mesafelerle değişiminin ne kadar olduğunu görebilmenin bir yolu açıklayıcı mekansal veri analizidir.

Örnek noktalarının oluşturduğu çiftlerin birbirlerinden değişen mesafelerdeki Z değeri karşılaştırılabilir ve varyans veya kovaryans olarak açıklanır. Mekansal korelasyon birçok değişik yolla açıklanabilir fakat daha ziyade semivaryans (yarıvaryans) olarak adlandırılan metot ile analiz edilir (David, 1988).

Semivaryans belirli noktalar arasındaki mekansal korelasyonun derecesinin bir ölçüsüdür ve formül *1-1*'deki gibi ifade edilir.

$$\gamma_{(h)} = \frac{1}{2m}\sum_{i=1}^{m}\left[Z_{(Xi)} - Z_{(xi+h)}\right]^2 \qquad (1\text{-}1)$$

m= h mesafesindeki nokta çiftlerinin sayısı

$Z_{(Xi)}$= i noktasındaki değişken değeri

$Z_{(Xi+h)}$= i noktasından h (lag) uzaklıktaki değer

Semivaryansın mesafeye karşı grafiği çizilir. Mesafe aralıkları ve semivaryans arasında çizilen eğri ile semivariogram oluşturulur. Semivariogram, variogram olarak da adlandırılır ve mekansal korelasyon yapısını tespit etmenin temel yöntemidir. Yönün hiçbir etkisi olmadığı kabul edilmesi halinde omni-directional variogramdan söz edilir (Meijerink ve diğ, 1994).

Bir bölgenin gerçek variogramı sürekli olduğundan ve hesaplamalar da hatalara bağlı olduğundan, tek tek örnek Semivaryanslara bir matematik model uydurmak yaygın bir uygulamadır (Oliver ve Webster, 1990). Bu işlemde, modelden alınan değerlerin nümerik setlerinin simülasyonu ve her bir setten gözlenen variogramın hesaplanması mümkündür (Oliver ve Webster, 1990). Jeostatistikçiler semivariogram analizinden elde edilen birçok sonucu daha iyi gösterebilmek için birkaç tip model geliştirmişlerdir. En yaygın kullanılan alansal değişkenin hareketlerinde beklenen model tipi 1970 yılında Matheron tarafından geliştirilen küresel modeldir. Diğer yaygın kullanılan modeller ise Eksponansiyel model, Gaussian model ve Power modeldir. Küresel model beklenen çok çeşitli değişimleri sezgileri güçlü olarak gösterilebilmektedir (Houldig, 2000).

Bu çalışmada daha önce hava kirliliği çalışmalarında da kullanılmış, güçlü bir model olan ve değişken çiftlerinin dağılım modeline uyumu dikkate alınarak küresel model seçilmiştir. Küresel modelin matematiksel ifadesi formül (1-2)-(1-4)'de yeraldığı şekildedir.

$$\gamma_{(h)} = Co \qquad h=0 \text{ için} \qquad (1\text{-}2)$$

$$\gamma_{(h)} = Co + C\left(\frac{3h}{2a} - \frac{h^3}{2a^3}\right) \qquad 0<h<a \text{ için} \qquad (1\text{-}3)$$

$$\gamma_{(h)} = Co + C \qquad h>a \text{ için} \qquad (1\text{-}4)$$

Co= Nugget değeri olarak adlandırılan 0 mesafede örnek değeridir.

a= örneklerin birbirinden bağımsız hale geldiği mesafedir, range olarak adlandırılır.

C= örneklerin birbirinden bağımsız hale geldiği mesafede genellikle örneklerin istatistiki semivaryansı ile aynı düzende olan semivariogram modelinin sill değeridir.

Ölçülen mekansal değişime bir variogram modeli uydurabilmek için karşılıklı olarak modelin sill, nugget ve range parametreleri analitik semivariograma görsel olarak yaklaşık en iyi uyum sağlanana kadar değiştirilir ve modelin nihai parametre değerleri belirlenir (Houlding, 2000).

1.6.3. Kriging

Kriging yöntemi Matheron (1963; 1971) tarafından geliştirilen ve D.G. Kriging anısına onun adı verilen sapmasız ve bilinmeyen değerlerin en iyi doğrusal tahminini sağlayan bir mekansal tahmin tekniğidir. Başlangıçta, maden yatağı değerlendirmelerine ait geliştirilmiş olmakla birlikte, hava kalitesi verilerinin modellenmesi ve analizi gibi, diğer mekansal değerlendirme uygulamalarında kriging kullanıla gelmiştir (Lefohn ve diğ.,1988). Kriging, CBS ile kullanılan geleneksel interpolasyon metotlarının birçok noksanlıklarını gidermektedir. Kriging, hesaplamaların sapmasız olması ve minimumun varyansları bilmesi bakımından optimal bir interpolaratördür. Tahminin varyansları, tahminler gibi belirlenip haritalandırabildiğinden ve belirli bir dağılımı tahmin ettiğinden; güvenilirlik değerlendirmelerde hesaplanabilir . Bu durum Kriging'i diğer enterpolasyon yöntemlerinden daha farklı ve daha hassas kılmaktadır (Webster ve Oliver, 1990). Laslett ve diğerleri (1987) Kriging'i diğer değerlendirme metotları ile kıyaslamışlar Kriking'in her koşulda güvenilir, kullanılabilen tek yöntem olduğunu göstermişlerdir. Değerlendirmeler noktalar veya bloklar için yapılabilmektedir.

Basit olarak Kriging, otomatik bir kontur çizen program ve mekansal verilerin interpolasyonu için bir yöntem olarak düşünülebilir. Bununla birlikte Kriging, belirli bir bölgede veya coğrafik arazide mekansal değişimin en iyi lineer sapmasız hesaplayıcısı olarak tanımlanabilir. Kriging uzak örneklere düşük ağırlıklar tahsis eder, yakın olanlar için ise bunun tersi geçerlidir. Hesaplanan bölge veya alanın ve örneklerin birbirine göre relatif pozisyonunu da dikkate alır. Sonuç olarak Kriking, veriye verilebilecek en uygun ağırlıkları belirlemektedir (Lefohn va diğ.,1987).

Bağımsız bir tahminci için, bir değişkenin en iyi lineer değeri lineer kriging teknikleri ile temin edilir. Lineer olmayan kriging daha kesin ve doğru tahminler

vermesine rağmen daha karmaşık ve istatistiki bilgi gerektirdiğinden dolayı genellikle pek sık kullanılmaz. Üç çeşit Lineer Kriging vardır. Değişikliklerin beklentilerinin bilindiği Basit (Simple) Kriging, bilinmediği ancak sabit olduğu Olağan (Ordinary) Kriging, ve bulgularında eğilim olan Genel (Universal) Kriging. Universal Kriging'de beklentiler sabit veya bilinmeyen olmamakla beraber fonksiyonel formları tanımlanmıştır (Schaug ve diğ., 1993).

Kringte mekansal değişken $Z^*_{(v)}$ komşu verilerin doğrusal bir kombinasyon ile tahmin edilmektedir.

$$Z^*_{(v)} = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \cdot Z_{(Xi)} \qquad (1\text{-}5)$$

$Z^*_{(v)}$ = tahmin edilen alan

n = örnek sayısı

$Z_{(Xi)}$ = xi noktasındaki örnek değeri

λ_i = i örneğine uygulanan ağırlıktır.

Kriging ağırlığı λi tahminin varyansı minimum olacak şekilde belirlenir (Lefohn ve diğ., 1987). Minimum olacak tahmin varyansı diğer bir istatistik metot olan variogram ile açıklanır. Veri setinin deneysel variogram modeli belirlendikten sonra kriging hesaplanır. Variogram modeli belirlendikten sonra minimum varyans olacak şekilde ağırlıklar formül (1-6)'da arka arkaya gelen formüller seti çözülerek hesaplanır.

$$\sum_{i=1}^{n} \lambda_i \gamma_{(i,j)} - \mu = \bar{\gamma}_{(j,v)} \qquad (1\text{-}6)$$

j=1,n için; n denklem

ve $\sum_{i=1}^{n} \lambda_i = 1$

μ = Lagrange çarpanı

$\bar{\gamma}_{(j,v)}$ = Tahmin edilen alan v ile j noktası arasındaki ortalama variogram değeri

Bu formüller seti Lagrange çarpanı metodu kullanılarak minimum varyansın optimum olması sorunu çözülerek hesaplanır. Bu formüller setinin çözümlenmesi λ_i ağırlıklarını ve tahminin varyansını verir. Ağırlıklar belirlendikten sonra alanının tahmini $Z^*_{(v)}$ hesaplanır (Lefhon ve diğ., 1987). Metodun daha ayrıntılı açıklaması Matheron (1971), Journel and Huijbregts (1978) ve Cressie (1991) tarafından verilmiştir.Krigingde altı çizilen kabuller şöyledir: mevcut örneklerin mekansal değişimi semivariogram ile gösterilebilir; örnek değerler istatistiki olarak yaklaşık normal dağılım göstermektedir; örnek değerler arasında belirlenen mekansal bir trend yoktur (Houlding, 2000).

2. HAVA KİRLİLİĞİ VE METEOROLOJİ

2.1. Hava Kirliliğinin Tanımı

Havanın normal bileşiminde bulunan kimyasal bileşenlerin standart değerlerinden daha yüksek seviyede bulunması hava kirliliği olarak tanımlanır. Kirliliği tanımlayan bu seviye insan, hayvan, bitki, ekosistem ve maddelere zararlı olmaya başlanan düzeyi göstermektedir (Stern, 1968). Hava kirliliğinin en yaygın tanımlarından biri ise havada katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zararlı olabilecek konsantrasyon ve sürede bulunması şeklindedir.

2.1.1. Hava kirliliğinin bileşenleri

Çevre kirliliği temel olarak iki ana kaynaktan oluşur:

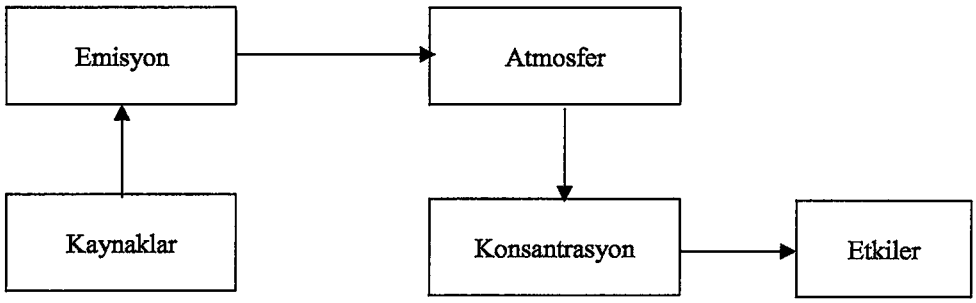
1. İnsanların yaptıkları faaliyetler: Bunlar, ekolojik dengeyi değiştirir ve kirleticilerin yayıldığı kaynakları yaratırlar.

2. Çevresel sistemin birçok bileşenlerinin birbirleri arasında ve içlerindeki karşılıklı ilişkiler: Bunlar ise kirliliğin çevrede taşınması ve dağılmasından sorumludurlar.

Çevresel sistemin atmosfer, su, toprak vb. gibi bölümlerinden birine yayılan kirleticiler yine sistemin aynı bölümleri içinde taşınırlar.

Hava kirliliği, kirleticilerin atmosfere verildiği bir kaynak ile başlar. Bu kirleticiler atmosferik mekanizmalarla taşınır, dağılır ve bazen de kimyasal dönüşümlere uğrarlar. Kirleticilerin bu yayılım konsantrasyonlarının sayısal ifadesi bu kirleticinin atmosferdeki mevcut seviyesini verir (Godish, 1991). Bu kapsamda kaynak, emisyon, atmosferik mekanizmalar ve konsantrasyon hava kirliliğinin temel bileşenleridir (Şekil 2.1). Kentsel hava kirliliği problemleri, çoğunlukla meteorolojik

ve topografik faktörlerin şehirde kirleticileri bir bölgede yoğunlaştırması ve kirleticilerin normal dağılımının engellenmesi ile daha da kötüleşmektedir.



Şekil 2.1. Hava kirliliğinin bileşenleri

2.1.2. Havanın bileşenleri

Kuru havanın bileşimine su buharı dikkate alınmaksızın bakıldığında hacimsel olarak iki büyük bileşenin, %78.08 ile azot ve %20.95 ile oksijen olduğu görülür. %0.934 ile argon ve %0.034 ile karbon dioksit kuru havanın küçük bileşenleridir. Bunların dışında kuru havanın bileşiminde %1-3 oranında su buharı, çok az miktarda helyum, ksenon, kripton vb. asal gazlar ile metan, karbon monoksit, amonyak, kükürt dioksit bulunur.

2.1.3. Hava kirleticiler

Kirleticiler havada katı, sıvı veya gaz halinde bulunurlar. Kirleticiler kimyasal yapılarına göre organik ve inorganik kirleticiler olarak sınıflanırlar. Diğer bir sınıflama şekli ise kaynağa bağlı olarak yapılır. Bu sınıflamaya göre; kirleticiler belirli bir kaynağı olan birincil (SO_2, APM, CO_2, CO gibi.) veya belirli bir kaynağı olmayıp atmosferdeki çeşitli kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan ikincil (O_3, NO_3, H_2SO_4 vb. gibi) kirleticiler olarak adlandırılırlar. Hava kalitesi yönetimi açısından kirleticiler ise konvansiyonel ve spesifik kirleticiler olarak adlandırılırlar.

Atmosferik olaylar bir bölgedeki kirleticilerin dağılımını ve seyrelmesini belirler. Bu nedenle hava kirletici kaynakların yol açtığı kirlilik seviyelerinin belirlenmesinde meteorolojik şartların rolü çok önemlidir.

Hava kirliliği ile ilgili en önemli meteorolojik değişkenler; basınç, rüzgar, sıcaklık, güneş radyasyonu ve nem olarak ifade edilebilir. Bunun yanısıra atmosferik kararlılık, enverziyon, karışma yüksekliği vb. hava kirliliği araştırmalarında en çok kullanılan parametrelerdir. Hava kirlenmesi olaylarında aşağı atmosferin en önemli özelliklerinden biri sıcaklığın yükseklikle değişmesidir. Örneğin kararlılığın artması halinde türbülans hareketleri oluşmayacak ve difüzyon meydana gelemeyecektir. Bu durum ise kirleticilerin yayılmasına engel olacaktır. Enverziyon durumunda ise atmosfer oldukça kararlı olacak ve kirleticilerin yayılması için gerekli düşey hareketler önlenecektir.

Bunun yanı sıra güneş radyasyonu ile hava kirleticileri arasında bir bağlantı bulunmaktadır. Yeryüzü-atmosfer sistemini ısıtmak için gerekli olan güneş enerjisinin verimliliği aerosol kirleticiler nedeniyle etkilenir. Kirleticiler güneş enerjisinin kaybına neden olur. Diğer taraftan güneş radyasyonu da kirlenmeye neden olabilir. Güneş radyasyonunun en çok bilinen olumsuz etkisi, spesifik kirleticilerin (NO_2, HC) ultraviyole radyasyonu vasıtasıyla fotokimyasal kirliliğin (smog) oluşumudur (Godish, 1991). Bunun yanısıra, atmosferin en etkili doğal temizleme mekanizması da yağıştır. Yağış, aynı zamanda atmosferik nemin hava kirliliği üzerindeki önemini de gösterir. Yağmur ve kar atmosferin doğal yolla temizlenmesidir. Görüş mesafesi ve hava kirliliği arasındaki bir ilişki vardır. Bir bölgede görüş mesafesi azaldıkça, hava kirliliği konsantrasyonunun artacağı düşünülebilir.

2.2. Şehir Hava Kirliliğine Neden Olan Fiziksel Etkenler

Hava kirliliğinin izleme ve kontrolünü yönetebilmek için hava kirliliğine neden olan fiziksel etkenler ve bunların arasındaki ilişkiler ve kullanıcıların görev ve amacı bilinmelidir.

Kentsel hava kirlenmesi olaylarında aşağıdaki belli başlı etkenler görülebilir:

1. Bölgenin topografyası ve arazi karakteristiği .
2. Rüzgar, yağış, sıcaklık, nem, enverziyon ile kirliliğin taşınması ve difüzyonuna etkisi .

3. Şehrin büyümesi, nüfus karakteristikleri, şehir ve nüfusun büyüme hızı, arazi kullanımı, trafik yoğunluğu vb. hava kirliliği ile ilişkili değişiklikler ve olaylar.

4. Hava kirliliğinin kaynakları (örneğin yerleşimi ve tipi) ve emisyonları .

5. Ölçülen ve tahmin edilen konsantrasyonlar, hava kalitesi değişimleri gibi hava kalitesi ile ilgili bilgiler.

Kentsel hava kirliliğini yaratan öğeler birincil ve ikincil elementler olarak sınıflandırılabilir. Birincil etkenler hava kirleticilerini üreten ve taşıyan hava kalitesine doğrudan etki eden; kaynak emisyonları (örneğin SO_2 ve toz) ve atmosferik şartlardır. Birincil etkenleri etkileyen diğer öğeler ise dolaylı veya ikincil etkenler olarak düşünülebilir. Topografya, bir bölgede oluşan kentsel gelişimler ve aktiviteler ikincil etkenlere örnek verilebilir (Chandler, 1976). Hava kirliliği açısından ikincil öğe olan topografya kent hava kirleticilerine neden olan fiziksel etkenleri etkiler, bu da onu dolaylı etken yapar.

Bir bölge üzerindeki üç boyutlu akış topografya tarafından etkilenir. Rüzgarın hız ve yönü arazideki doğal engeller (dağlar, tepeler vs.) tarafından etkilenir. Göller, su havzaları gibi yüzeysel su alanları, ormanlar ve insanların yaptıkları bina vb. yapılar da bir bölge üzerindeki üç boyutlu rüzgar alanı davranışını belirleyen faktörlerdir. Sıcaklık, yağış ve nem dağılımı da topografyadan etkilenir. Kentsel planlama yönünden en önemli değişiklikler, büyük bina ve bina grupları nedeniyle oluşan küçük ölçekli iklim değişiklikleridir. Büyük binalar rüzgarın akışına engel olurlar, ve bunun da bölgenin sıcaklığı üzerinde direkt etkisi vardır.

Arazi karakteristikleri, arazi kullanımını örneğin: yerleşim alanlarının, kaynakların ve ulaşım sisteminin (yolların) yerleşimini ve dolayısıyla da trafikten kaynaklanabilecek kirliliği de etkilemektedir. Örneğin, yokuş yukarı araç kullanımında düşük vites dolayısıyla daha çok kirlilik meydana gelmektedir. Arazi yapısı özellikle belirli atmosferik şartların bulunduğu hallerde kirleticilerin konsantrasyonu ve seyrelmesi üzerinde önemli rol oynar. Örneğin sıcaklık enverziyonu oluşması halinde, havanın düşey hareketi engellenir ve böylece kirleticiler seyrelemez. Enverziyonun atmosferin alt tabakalarında meydana geldiğinde dağ ve tepecikleri içeren doğal arazi yapılarının bulunması halinde kirleticilerin düşey taşınması ve dağılımı önemli derecede engellenir. Bu durumda

kirleticilerin seyrelme şansı yoktur. Park, orman gibi yeşil alanların merkezlerinde ölçülen kirleticilerin bu alanların dışına göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Yeşil alanlar partiküler maddeleri ve gaz halindeki kirleticileri azaltabilirler (Koussoulakou, 1990).

2.3. Hava Kalite Standartları

Hava kalite kriterleri, hangi seviyeden sonra bir kirleticinin zarar verebileceğini belirleme çalışmalarıdır. Bu yeterli bir güvenlik sınırı ile yapılır. Zararlı emisyonların kontrolü için emisyon standartları ve atmosferde kirlilik konsantrasyonları genellikle birbirlerine eşlik ederler. Oluşturulan kriterler çevre hava kalitesi, epidemiolojik bilgi ve çevre hava kalite standartlarına dayanmalıdır (WB,1995).

Hava kalite kriterlerinin amacı hava kirleticilerinin zararlı olacak seviyeye ulaşan konsantrasyonlarından korunmaktır. İki temel standart yaygın olarak kullanılmaktadır. Belirli bir kaynaktan oluşan kirleticiler için emisyon standartları kullanılır. Bu standartlar hava kirliliğinin oluştuğu kaynakta kabul edilebilir standartları belirlerler.

Çevre hava kalitesi standartları ise endüstri bölgesi, yerleşim bölgesi gibi belirli bir alan üzerindeki genel hava kalitesi ile ilgilidir. Bu standartlar bu tür alanlar üzerinde izin verilebilen seviyeleri belirler. Çevre ve insanın zarardan sakınmasını sağlayacak güvenlik marjlarını belirler. Birinci standart insan sağlığını korumak ve güvenlik sınırları, ikincisi ise toplumun uzun vadede sağlığı mutluluğu ve çevresel etkiler ile ilgilidir (Ryding, 1992). Herhangi bir kirletici için hava kalite standardı belirlendiğinde bu; çevre koruma birimlerinin bu standardı tutturmak için program geliştirme sorumluluğunu oluşturur. Oluşturulan bu tür standartları sağlayabilmek çevre hava kalitesi ölçüm istasyonları, emisyon envanter çalışmalarının geliştirilmesi, emisyon limitlerini içeren kanunların hazırlanması gibi birçok kompleks kontrol programının uygulanmasını gerektirir (Godish, 1991). Birçok ülke Çevre Koruma Örgütünün (EPA) oluşturduğu emisyon standartlarını kabul ederek uygulamıştır. Bazı ülkeler de insan sağlığının korunmasını yasal olarak sağlayabilmek için kendi ülke standartlarını oluşturdu. Gelişmekte olan ülkelerde bazı standartlar çok katı değildir (WB, 1995). Türkiye de kendi ulusal standartlarını

2872 sayı ve 11.08.1983 tarihli Çevre Kanununa bağlı 1986 yılında çıkarılan Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) ile belirlemiştir. Bu standartlar Tablo2.1'de gösterilmiştir.

Table 2.1. Farklı kurumlar tarafından oluşturulan hava kalitesi standartları (SO_2 ve APM)

Kurum	**Birim**	**SO_2 Yıllık**	**SO_2 Günlük**	**APM Yıllık**	**APM Günlük**
[1]WHO	$\mu g/m^3$	40-60 (50)	100-150	60-90	150-230
[2]EPA	$\mu g/m^3$	80	365	50	150
[3]HKKY	$\mu g/m^3$	150^a-250^b	$400^{a,b}$	150^a-200^b	300^a-400^b

[1]WHO: Dünya Sağlık Örgütü
[2]EPA: Çevre Koruma Örgütü
[3]HKKY: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği
a: Genel, b: Endüstri Bölgeleri

Bunun yanı sıra EPA, günlük kirlilik seviyesi hakkında doğru ve zamansal bilgi sağlamak ve kirletici seviyesinin kolayca anlaşılması amacı ile kirletici standart indeksi (KSİ) geliştirmiştir. Bu seviyeler; iyi, kabul edilebilir, sağlıksız, kötü şeklinde belirtilmektedir (UNSCECE,1984).

Kirletici konsantrasyonu 0–500 arasındaki bir sayıya dönüştürülerek ölçülür. Bu ölçekte Temiz Hava Yasasına uyan en önemli sayı 100 dür. Bu indeks ile, asılı partiküler madde, kükürt dioksit, karbon monoksit, azot dioksit ve ozon gibi kirleticiler ölçülür. Bu beş kirleticinin endeks sayıları günlük bazda Çevre Koruma Örgütü (EPA) tarafından belirlenmiştir. Tablo 2.2 kirletici standart indeksini SO_2 ve APM konsantrasyonu için göstermektedir.

2.4. Hava Kirleticilerinin Kaynak ve Etkileri

2.4.1. Kaynaklar

Kirleticilerin atmosfere karışmaları, doğal ve yapay (antropojenik) olmak üzere iki kaynaktan meydana gelir. Volkanlar, orman yangınları ve polenler kirleticilerin atmosfere verildiği doğal kaynaklara bazı örneklerdir. Enerji tesisleri, endüstri, ticari

Tablo 2.2. SO_2 ve APM konsantrasyonları için KSİ seviyeleri

İndeks Değeri	**KSİ Göstergesi**	**(Günlük) SO_2 (µg/m3)**	**(Günlük) APM (µg/m3)**
- 50	İyi	80	50
50 –100	Kabul Edilir	365	150
100-200	Sağlıksız	800	375
200-300	Çok Sağlıksız	1600	625
300+	Tehlikeli	>2100	>875

faaliyetler, ulaştırma aktiviteleri, yapay kaynaklara örnek olarak verilebilir. Bu çalışmada incelenen kirleticiler kükürt dioksit (SO_2) ve asılı partiküler maddedir. Kükürt dioksit ağır, keskin kokulu ve renksiz bir gaz olup kömür ve yağın yanmasından oluşur. Kükürt bileşikleri ve fosil yakıtların yanmasını da içeren insan aktiviteleri nedeniyle atmosfere girer. Antropojenik kükürtün en önemli kaynağı kömürdür. SO_2 emisyonunun kabul edilebilir seviyelere düşürülebilmesi için kükürdün kömürden ayrıştırılması gerekmektedir. Kükürt baca gazından da giderilebilir fakat bu giderim yalnızca yanmadan sonra sağlanabilir. Atmosferde serbest kalan SO_2'nin büyük kısmı endüstriyel aktiviteler nedeniyledir. Atmosferdeki SO_2'nin varlığı şehir alanına bırakılan toplam kirliliği gösterecek şekilde endüstriyel aktivite ve bölgenin büyüklüğü ile doğrudan ilişkilidir. Şehir alanlarında azot oksitler 5-6 saat kalırken bu süre SO_2 için çok daha uzundur (Ryding, 1992). Partiküler madde olarak da adlandırılan partiküller, değişik maddelerden ve değişik büyüklüklerde oluşabilir. Kömürlerin yanmasından kaynaklanan partiküler uçucu külleri öncelikle karbon, silika gibi maddeleri içerirler. Partiküler emisyonların miktarı kömürün kül içeriğine ve yakma sistemine bağlıdır (EPA, 1972). Partiküler maddeler kaynaklarına ve oluşma metotlarına göre birincil veya ikincil olarak sınıflanırlar. Partiküler maddelerin en büyük iki kaynağı endüstri ve yakıtlarıdır. Endüstriyel proseslerde enerji, güç kaynağı olarak veya ısıtma sisteminde yakıt tüketimi ile trafikte araç kullanımı da partiküler kirletici kaynaklarıdır. Volkanik aktiviteler, orman yangınları ise partiküler maddeleri oluşturan doğal kaynaklardır.

Tablo 2.3. İstanbul' da 1990 yılına ait partiküler madde ve kükürt dioksit emisyon oranları

Kirleticiler	Isınma/Endüstri (%)	Trafik (%)
SO_2	98,64	1,35
APM	99,19	0,87

İstanbul'da 1990 yılında sabit kaynaklardan ve trafikten kaynaklanan kükürt dioksit ve partiküler madde emisyon oranları Tablo 2.3'de verilmiştir.SO_2 ve APM'nin çoğunlukla evsel ve endüstriyel ısınma ile endüstriyel prosesler için enerji yaratmadan kaynaklandığı gözlenmiştir (Borat ve diğ,, 1990). Ancak bu dağılım genellikle kış ayları için geçerlidir. Bilhassa yaz aylarında sabit kaynaklarda yanma asgari seviyede olduğu için, motorlu taşıtların katkısı daha fazla olabilmektedir.

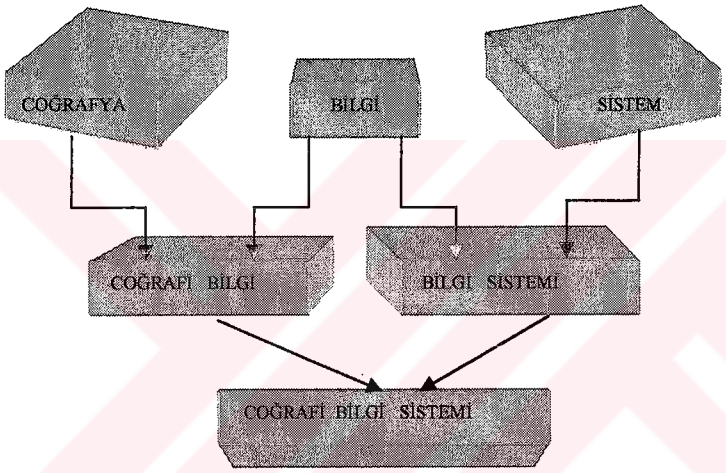
2.4.2. Hava kirliliğinin etkileri

Kirleticiler genel olarak sağlık üzerinde sadece nefes alma sırasında değil, indirekt olarak içme suyu, yiyecekler ve deri yoluyla transfer ile de olumsuz etkiye sahiptir. Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki direkt etkisi, kirliliğin yoğunluğu ve devam süresine bağlı olarak değişir. Ayrıca insanların özel sağlık durumları da bu etkiyi değiştirir. Örneğin; yaşlılar ve kalp hastaları gibi dolaşım sistemi rahatsızlığı olan kişiler daha çok etkilenirler. Kükürt dioksit ile az miktarda SO_3, fosil yakıtların yanma ürünlerinde partiküler madde ile değişmez şeklinde bulunmuştur (Dobbins, 1979). Kirleticilerin insan sağlığı üzerinde belli etkileri vardır. Örneğin, bilinen çoğu kirleticiler gibi SO_2 solunum ve dolaşım sistemi üzerinde direkt etkiye sahiptir. Fakat özellikle SO_2'nin hastalıkları, ölümleri ve iyileşmez akciğer bozukluklarını arttırdığı bilinmektedir. Partiküler maddeler de SO_2 ile aynı direkt etkilere sahiptir (Koussoulakou, 1990; Godish, 1991; Zannetti, 1990; WB, 1995).

3. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ TANIM VE KAVRAMLAR

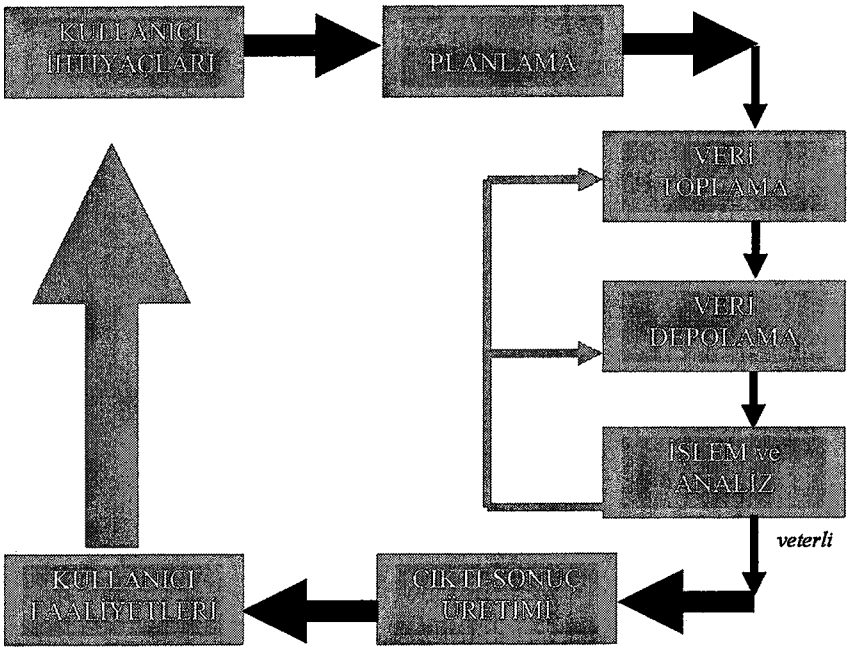
3.1. Bilgi Sistemi ve Coğrafi Bilgi Sistemi Tanım ve Kavramları

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS); coğrafya, bilgi, coğrafi bilgi, sistem ve bilgi sistemi kavramlarından oluşmaktadır. Bu kapsamda CBS'in kavramsal yaklaşımı Şekil 3.1 de görüldüğü gibi ifade edilebilir.



Şekil 3.1. Coğrafi Bilgi Sistemi'ne kavramsal yaklaşım (Taştan,1991).

Bilgi sisteminin amacı, araştırma , planlama, yönetim fonksiyonları için kullanıcıyı destekleyerek , alternatifler arasından en doğru kararı bulmasına yardımcı olmaktır. Böyle sistemler yazılı belgelere dayalı olabileceği gibi bilgisayar destekli de olabilir. Coğrafi bilgi, yeryüzünde yer alan her tür varlığın mekandaki konumu ile ilgili tüm sayısal ve sözel bilgileri içerir. Bilgi sistemleri, kaynaklar ve verilerin dağınıklığı yok edilerek bir noktada toplandığı merkezsel bir yapıya sahiptirler. Bilgi sistemini oluşturan verilerin hacmi ne olursa olsun, bilgileri kısa sürede üretme ve kullanma olanağı bulunmaktadır . Basit anlamda bir bilgi sisteminde işlem akışı Şekil 3.2 deki gibidir (Star ve Estes,1990).



Şekil 3.2. Bir bilgi sisteminde işlem akışı (Star ve Estes,1990).

Bilgi sistemleri, konumsal olmayan yani herhangi bir mekandan bağımsız ve konumsal mekanın açıklayıcı bilgilerini ve koordinat bilgilerini içeren bilgi sistemleri olarak iki grupda değerlendirilebilmektedir (Masser ve Blakemore, 1991). Buna göre mekansal veri elemanları haritalar üzerinde noktalar, çizgiler ve alanlar olarak standart koordinat sisteminde (enlem, boylam, deniz seviyesinden yükseklik) bulunur. Mekansal olan veriler aynı zamanda grafik veriler olarak da tanındığı ve mekansal olamayan veriler ise metinsel-nitelik verileri olup daha çok açıklama-bilgi içerirler. Marble (1990), CBS'de mekansal verilerin raster ve vektör olarak iki temel tipte çalışıldığını göstermiştir. Turoğlu (2000), mekansal özelliklerin raster data tipinde hücre elemanı ile unsur tanımlanarak ve grid organizasyonu ile adresleme yapılarak vektör data yapısını ise geometrik koordinat sistemindeki (x,y) değerleri ile ifade edildiği belirtilmiştir.

CBS kartografik veya mekansal coğrafi veriyi, raster veri yapısında veya bir x,y koordinatında nokta, çizgi ve poligonlar olarak depolayabilir. CBS, yeryüzü şekillerinin yerleştirilmesinde birçok koordinat sisteminden faydalanır. Bu kordinat sistemleri de birçok harita projeksiyonundan faydalanarak yeryüzü referanslarını iki

boyutlu yüzeye dönüştürürler. Modern CBS' ler ayrıca harita topolojisini de bir bilgi bankasına depolayabilir. Çeşitli özelliklere ait bilgiler (arazi sahibi, toprak türü, ve bitki örtüsü gibi bilgiler) özelliklere bağlantılı alt dosyalar olarak depolanır (Dangermond,1992).

Bilgisayar teknolojisi kullanılarak bilgilerin derlenmesi, depolanması, analiz edilmesi ve değerlendirilerek kullanılmasında, çeşitli sistemler geliştirilmektedir. Coğrafi verileri kullanan bu sistemlerden biri de "Coğrafi Bilgi Sistemleri – CBS"dir.

CBS kullanıcılarının çok farklı disiplinleri içermesi nedeniyle bu kavram değişik şekillerde tanımlanmaktadır. Görüşlerdeki bu farklılık kısa bir seçimle gösterilebilir. Burrough'un (1986) "CBS, gerçek dünyadan elde edilen mekansal verilerin toplanması, saklanması, istenildiği zaman düzeltilmesi, dönüştürülmesi ve gösterilmesi için kullanılan, güçlü bir araçlar topluluğudur." ifadesi CBS tanımı için sıkça yapılan bir alıntıdır. Burada CBS, mekansal verileri yönetmek için, işlevselliğin geniş çapta değişkenliğini içeren bir araçlar topluluğu olarak görülmektedir. CBS' in karar destekleyici karakteri Cowen (1988) tarafından söyle vurgulanmaktadır: "Bir problem çözme ortamında mekansal referanslı verilerin entegrasyonunu içeren bir karar destek sistemi". CBS' i yalnız teknik perspektiften değil, çok daha geniş bir kurumsal içerikte pozisyonlandıran bir grup tanım yapılabilir. Örneğin Dueker ve Kjerne (1989; Nyerges, 1993) CBS' i, "yeryüzünün çeşitli bölgelerinden elde edilen bilginin toplanması, depolanması, analizi ve gösterilmesi için bir donanım, yazılım, veri, insan organizasyonlar sistemi ve kurumsal düzenlemeler" olarak tanımlamaktadırlar. Aynı bakış açısıyla, Scholten ve Stillwell (1990), CBS'i, "kullanıcılara işlerin yapılması için gereken coğrafik bilgileri sağlayan ve mekansal problemler içeriğinde karar almaları kolaylaştıran aktivite ve araçların bir bütünü" olarak tanımlayıp daha fazla vurgulamaktadır.

Aronof (1989), CBS'i coğrafi referanslı verilerin idare edilmesinde ve depolanmasında kullanılan bir el yapımı veya bilgisayar temelli bir grup prosedür olarak tanımlamıştır.

Star ve Estes (1990), CBS'i konumsal veya coğrafik kordinatların baz alındığı verilerle çalışmak için oluşturulmuş bir bilgi sistemi olarak tanımlamıştır. Diğer bir değişle, CBS hem konumsal bazlı veri için belirli kabiliyetleri ile bir veri tabanı

sistemi hem de veriler ile çalışan işlemler zinciridir (Şekil 3.2). Bir bakıma, CBS yüksek düzenlenmiş harita olarak düşünülebilir. Parker CBS'i mekansal olan veya olmayan bilgileri depolayan, analiz eden, ve gösteren bilgi teknolojisidir şeklinde tanımlamıştır.

Bir diğer CBS tanımlaması da Clarke (1995) tarafından konumsal verilerin toplanması, depolanması, analizi ve gösterilmesi için otomatik sistemlerdir şeklinde yapılmıştır.

CBS mevcut durumda yenilik ve analiz uygulamalarından, yönetim uygulamalarına kadar gelişmektedir. Cowen'in tanımı özellikle adı geçen ikinci tipteki uygulamalar üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bir çok araştırmada ve karar verici kullanıcı topluluklarında CBS aktivitelerinin hızla artması gerçeğinden dolayı ve bu toplulukların arasındaki ve içindeki iletişim ihtiyacından dolayı, daha geniş bir bilgi teknolojisi ortamında CBS'in yer alması, bugünlerde ana konulardan biridir.

3.2. Coğrafi Bilgi Sistemi Hakkında Değerlendirmeler

Coğrafi Bilgi Sistemleri, bilgisayar teknolojisinin gelişimine bağlı olarak ortaya çıkmış ve özellikle 1960'lı yıllardan sonra tanınmaya ve kullanılmaya başlanmıştır. 1970'lere gelindiğinde, CBS işlevlerine sahip görüntü işleme ve uzaktan algılanma sistemlerinde belirgin gelişmeler kaydedilmiştir. CBS konusundaki çeşitli görüşler değerlendirildiğinde harita, veri tabanı ve mekansal analiz gibi üç farklı fakat birbiri ile çakışan görüş ortaya çıkmaktadır. Harita görüşü CBS'nin kartografik görünüşler olduğu üzerinde yoğunlaşır. Bu görüşü destekleyenler CBS'yi haritalama veya gösterim (sunuş) sistemleri olarak görürler. Haritalama işleminde, her veri seti harita olarak gösterilir. Haritalar genellikle raster format halinde tutulur ve örnekler, araştıran, ortaya çıkaran ve etkileyen fonksiyonlar tarafından işletilir. Bu işlemlerden elde edilen çıktı ise diğer bir haritadır.

Topografik ve tematik haritalandırma ajansları da harita görüşünü desteklerler, ve genellikle vektör formatında grafikler ve yüksek kalitede haritalar elde etmek için CBS'in kabiliyeti üzerinde önemle dururlar.

CBS'nin veri tabanı görüşü iyi dizayn edilmiş ve uyarlanmış veri tabanının önemini vurgular. Felsefi bir veri tabanı yönetim sistemi CBS'nin entegre bir parçası olarak görülebilir. Bu görüş, bilgisayar bilimi geçmişine sahip CBS grupları arasında ağır basar. İlişkileri kayıt eden ve basit ihtiyaçların kullanımına ihtiyaç duyan aplikasyonlar genellikle bu yaklaşıma uygundurlar. Çeşitli tip coğrafik bilginin kullanımına ihtiyaç duyan karmaşık analitik operasyonlar bu görünüm içinde zorlukla birleştirilebilirler.

Üçüncü görüş, mekansal analizin önemi üzerinde durur. Bu görüş CBS'nin teknolojiden daha ziyade mekansal bilgi bilimi olarak görüldüğü analiz ve modelleme üzerinde yoğunlaşır. Kullanılan mevcut sistemler, mekansal analizler için sınırlı fonksiyonlara sahip olmasına rağmen, bunun gelişmeye açık bir çalışma sahası olduğu nettir. Bu görüş CBS sektöründe en çok kabul gören bakış açısı olup CBS'nin diğer bilgi sistemleri ile arasındaki farklılığı belirlemede kullanılabilir.

CBS'nin bu üç bakış açısı genel bir kabul görmesine karşın, bazı insanlar onları karışık bulurlar. Tek bir sistem, bu üç bakış açısı yerine, kullanıcının görüşüne veya elindeki özelliklere bağlı olarak düşünülebilir. Bununla birlikte, bu sıralama, CBS sektöründe kullanılan CBS'yi öne çıkartan kullanışlı bir fonksiyon olarak hizmet eder (Maguire, 1992).

İlk CBS'ler pek çok disiplinden gelen uzmanların oluşturduğu kavramsal çatı altında uygulanmıştır. CBS olarak tanımlanabilecek ilk sistem 1964 yılında uygulamış olan Kanada Coğrafi Bilgi Sistemidir (CGIS) (Parent ve Church, 1989; Smith ve diğ., 1989). Pekçok işletim sistemi, coğrafi alan, veri türleri sayısı ve sağlayabildikleri modelleme ve analitik yetenek açısından sınırlıyken, 25 yıl önce uygulanabilir görülmeyen birçok işlem bugün CBS ile gerçekleştirilebilmektedir (Star, Estes 1990).CBS'nin üniversiteler ve çeşitli resmi kurumlarca yaygın olarak kullanımı 1980'ler de bilgisayar maliyetlerinin düşmesiyle başlamiştir. Böylece CBS yazılımı ile ilgili bir ticari sektör meydana gelmiştir (Goodchild, 2000). Dolayısıyla CBS 'in 1980'lerin sonunda 90'ların başında önemli bir haritalama ve analiz aracı olarak kullanımı artmıştır. Bunun sonucu olarak pekçok resmi kuruluş, CBS'leri haritalama programlarının içine dahil etmiş ve analiz yeteneklerini proje yönetimi ve planlamasında uygulamaya başlamıştır (Treitz ve diğ., 1993). CBS'nin sağladığı faydaların bir çoğu teknolojinin kendisinden değil, bu teknolojinin uygulanış

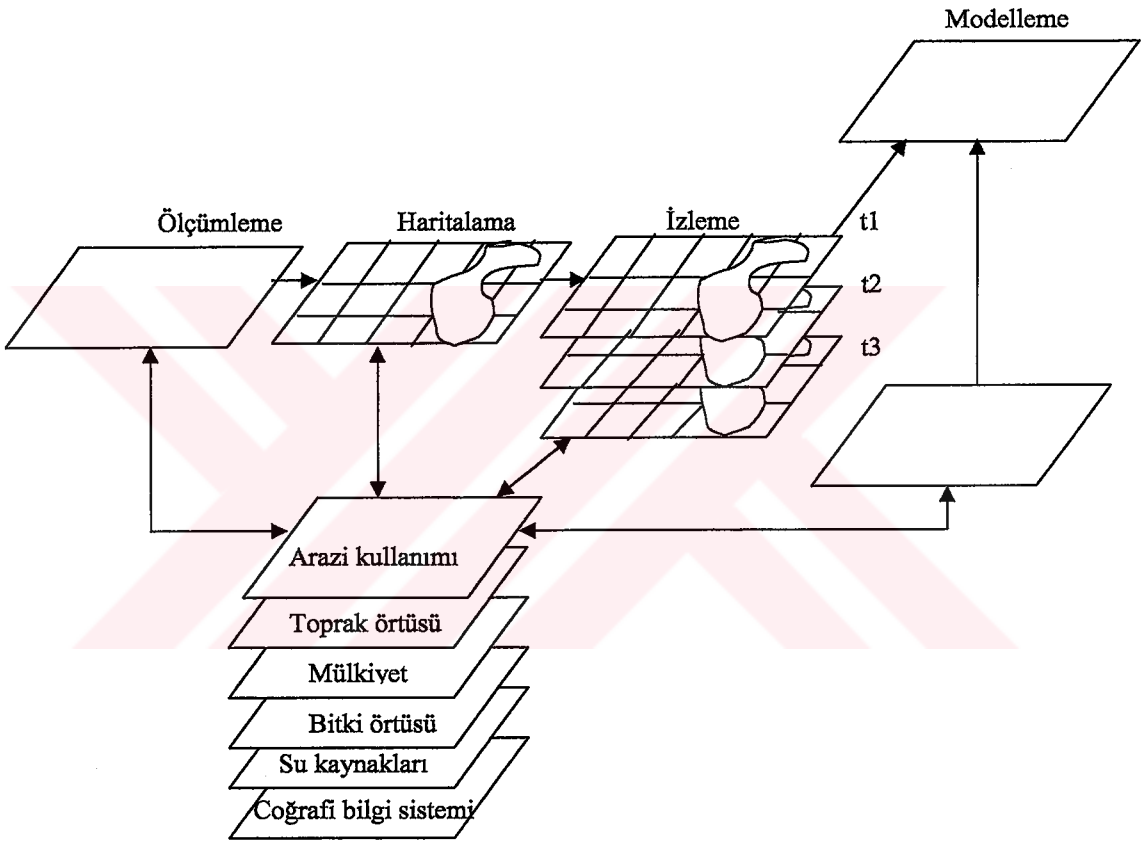
yönetiminden kaynaklanmaktadır. CBS'nin gelişmesindeki en önemli unsur insan sorunları ile ilgilenmesidir. CBS'nin geliştirilmesi doğrudan kullanıcılar, dolaylı kulanıcılar, politik kişiler ve halk arasındaki birlikte çalışma, karar verme ve iyi iletişime bağlıdır (McFarland, 1990). Son yıllarda CBS'nin gerçek potansiyeli ve öneminin anlaşılmaya başlaması, üniversitelerdeki devlet ve özel sektördeki araştırma çabalarının başlaması, ilgili teknolojilerdeki gelişmeler ve edinilen tecrübeler sayesinde olmuştur. Buna bağlı olarak CBS, ulusal ve küresel ölçekte karmaşık ve çok disiplinli çevresel gözlemleme, değerlendirme ve yönetim konularında tutarlı bir teknoloji olarak kullanılmakta ve hızla yayılmaktadır (Marble, 1990).

3.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Yapısal Özellikleri ve Çevre Modellemesi

CBS'ler çevremizdeki dünyayı algılayabilmemiz ve değerlendirebilmemiz konusunda önemli bir potansiyele sahiptir. Bir CBS'de işlem, gerçek dünya ile başlayıp gerçek dünya ile biter. Bu işlem ayrıntılı olarak açıklanacak olursa; dünyaya ait bilgiler toplanır ve bir veri tabanı veya veri kümesi oluştururlar. Toplanan veriler düzenlenir ve analiz edilir. Analiz yöntemi ne olursa olsun sonuçta bir karar verilir ve ardından karar uygulanır (Aronoff,1989).

Coğrafik Bilgi Sistemi, kodlama, kaydetme ve dünya hakkında bilgi edinmekten çok daha fazla şey içermektedir. CBS'deki bilgiler, gerçek dünyanın bir modelini temsil eder. Bu bilgilerin analizi sonucu elde edilen veriler, çevresel olayların anlaşılmasında ve karar aşamasında kullanılır. CBS, farklı katmanlı verilerin entegre edilmesini, genellikle kartografik format olmak üzere, yeni bir bilgi katmanına entegre edilmesini sağlar. Bu yeni format, karar verme sırasında kullanılır. Yeni bilgiler, basit gözlemler veya karmaşık similasyonları içerebilir. CBS, bütün bu verilerin birleştirilmesi ve dönüştürülmesi sırasında ortaya çıkan soruları çözme yeteneğine sahiptir. CBS, istatistiksel ve coğrafik verileri destekler ve birçok fonksiyonu yerine getirebilir. Bu verilerin yönetilmesi CBS'ın temel görevidir. Uygulamaya bağlı olarak, CBS kartografik, veri entegrasyonu,özelliklerin ölçümü, istatistiksel analiz gibi çok farklı fonksiyonları bir arada yerine getirebilir (Maguire ve diğ., 1991).

Veri entegrasyonu, CBS'in en iyi bilinen işlevidir. Bu işlev, farklı veri gruplarını çakıştırmayı ve onlar ile aritmetik ve ilişkisel işlemleri uygulamayı kapsar. Bazı durumlarda, veri entegrasyonu, bir veya birkaç veri katmanını değiştirmeye yönelik mekansal işlemler içerebilmektedir. Özelliklerin ölçümü, bir olayın tekrarlanma sayısını, cisimler arası uzaklıkların ölçülmesi,alan ve hacim gibi değerlerinin hesaplanması gibi işlemleri içerir. Mekansal araştırma, CBS'in en bilinen yönüdür. Ayrıca, CBS, mekansal planlama projelerinde kullanılan çeşitli istatistiksel analizleri de gerçekleştirebilir (Sengupta ve diğ., 1996).



Şekil 3.3. Çevresel özelliklerin Coğrafi Bilgi Sistemi kullanımıyla modellenmesi (Yomralıoğlu, 2000)

İyi bir bilgi sistemi, gerekli verileri organize olarak sağlayan, değerlendiren ve bunun sonucu olarak da doğru kararların verilmesine yardımcı olan bir bilgi sistemidir. CBS'ler ile yapılabilecekler kullanılan verilerin niteliğine bağlıdır. Elde edilen yüksek nitelikte veriler, pek çok farklı alanda çalışan ve CBS kullanan uzmanlar tarafından yapılan uygulamanın amacına uygun formatta kullanılabilmektedir. Birbirlerinden farklı alanlarda yapılan bu çalışmalar yüksek nitelikli veriler çevresel parametrelerin önce gözlemlenmesi ve ölçümlenmesi ile elde edilmektedir. Bu

veriler ile yeryüzünün özelliklerini tanımlayan haritalar geliştirilerek çevredeki alan ve zaman değişimleri izlenir. Daha sonra çevrede gerçekleşebilecek alternatif eylem ve işlemler çalışmacının amacına uygun biçimde modellenir. Sözü edilen bu ölçme, haritalama, izleme ve modelleme etapları (Şekil 3.3) CBS teknolojisinin kullanımı için uyulması gereken önemli adımlardır (Star ve Estes, 1990).

Geçmişte pek çok çevre modelleri, parametrelerin mekansal dağılımını hesaba çok az katan, klasik, hantal bir yaklaşımla karakterize edilirdi. CBS' in girişi, gittikçe daha fazla kullanılan bir mekansal dağılımlı parametre yaklaşımına doğru gidişi mümkün kılmıştır (Goodchild ve diğ., 1993; Fedra, 1993; ve Steyaert ve Goodchild, 1994). Örneğin Jelinski ve diğ. (1994) CBS'yi bu perspektifte "modeller için verilerin toplanması, düzenlenmesi ve ön işlemlerden geçirilmesi, potansiyel olarak farklı veri modelleri mekansal ve zamansal açıklama ve tanımları olan ayrık kaynakların birleştirilmesi, çevresel karakteristiklerin ve bir ölçüm dizisi içindeki değişikliklerin gözlenmesi, ve bir yol izlenmesini destekleyici karar oluşturma ortamında modellenen sonuçların görsel sunumu için etkili bir araç" olarak görmektedir. Parks (1993) ve Fedra (1993) çevre modelleme alanının ve CBS alanının bu tarzda birleştirilmesinin faydalarını tartışmaktadır. Parks (1993), kompleks problemlerin incelenmesi için, CBS içerisinde tahmin ve ilgili analitik yetilerin mevcut eksikliğini vurgulamaktadır. Çevre modelleme, CBS'nin veri yönetimi ve birleştirme yetilerinden yararlanacaktır. Üstelik CBS'nin sunduğu görsel analiz yetileri, modelleri çeşitli kullanıcı grupları tarafından daha kolay kullanılır olmasını sağlar. Geniş çapta özellikleri kapsayan çevre veri tabanlarındaki yüksek artış, mekansal veri tabanlarının çevre modellerine olan bağlantısını çok daha hızlandırmıştır. Bu tür bağlar yalnız mekansal dağılım için değil aynı zamanda çeşitli boyutlar ve çözünümler için olasılıklar sunar. Buna göre, çevre süreçlerinin hiyerarşik ölçülerini elde etmek için, çok ölçekli veri modellemeleri yeni bir uğraştır (Stafford ve diğ., 1994). Burada CBS araçları esnek ölçüleme, değişken ağ hücre çözümlerinin oluşturulması ve mekansal verilerin toplanması ve birleştirilmesini sağlıyor olabilir. Aynı zamanda, bir dizi ölçü boyunca bilginin korunması ve ölçünün küçültülmesiyle kaybolan bilginin hesaplanması gerekir (Jelinski ve diğ., 1994).

Fotheringham (1993), model geliştirilmesinde ve CBS'de birleşik yaklaşımların birçok avantajını vermektedir. Birincisi bu tür birleşik bir yaklaşım, kompleks

modellere daha geniş bir kitlenin ulaşmasını sağlar (Parks, 1993). İkincisi, araştırmacı analizler vs. gibi olasılıkların önünü açan etkileşimli (interaktif) girişlerden dolayı, birleştirme yeni görüşlere öncülük edebilir. Üçüncüsü, mekansal veri analizlerinin temel problemlerinin yeniden araştırılmasına yol açabilir.

3.3.1. Coğrafi bilgi sistemlerinin temel elemanları

CBS dört temel elemandan oluşmaktadır. Bunlar donanım, yazılım, veri ve kullanıcıdır. Bu elemanların her biri kendine özel bileşenleri kapsamakta ve bir araya gelerek sistemin bütününü oluşturmaktadır (Maguire, 1992).

a) Donanım: Donanım elemanı, en basit kişisel bilgisayardan yüksek performanslı iş istasyonları ve mini bilgisayarlar ve büyük bilgisayarlara kadar hemen her türlü bilgisayar platformu içerir.

b) Yazılım: CBS yazılım bileşenleri, CBS'den beklenen işlevleri yerine getirebilmek için kullanılan bileşenlerdir. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Maguire, 1992; Şeker, 1993).

- CBS veri giriş yazılımları; Veri tabanı oluşturma ve yönetim yazılımları;
- Veri dönüşüm yazılımları; Sorgulama yazılımları;
- Coğrafi bilgi sunuş yazılımları; Kullanıcı ile iletişim yazılımları.

c) Veri: CBS'lerin üçüncü önemli elemanı veridir. Coğrafi veriler, depolanması ve işlenmesi oldukça pahalı verilerdir. Coğrafi verinin özellikleri coğrafi pozisyon, nitelikler, mekansal ilişkiler ve zaman olarak dört etkene bağlıdır. Coğrafi verinin ana formu koordinat bilgilerini içeren "mekansal veri" şeklidir. Nitelikler ise, mekansal olmayan ve konumların nitelikleri hakkında bilgi içeren verilerdir. Farklı özellikler içeren veriler arasındaki ilişkiler "mekansal ilişkiler" içinde değerlendirilmektedir. Bir verinin hangi zaman süreci içinde geçerli olduğu da coğrafi verilerin en önemli özelliklerindendir (Aronoff, 1989).

CBS uygulamalarında karşılaşılan en büyük sorun bilginin güncel tutulmasıdır. CBS maliyetlerinin yazılım ve donanımdan değil veri sağlama, işleme ve korunmasından kaynaklanmaktadır. Yapılan çalışmanın özüne ve esnek kullanımına uygun bilgi akışı sağlanmadığı ve bu bilgi sürekli güncelleştirilmediği taktirde; sistem kapasite

ne olursa olsun, etkin kullanımın gerçekleştirilmesi zorlaşır, zaman bazında maliyet artarken üretilen bilgi bazında da güvenilirlik azalır. Araştırma ve yönetim çabaları, veri tabanı bakımı ve doğru harita bilgisi elde etmek için veri toplama tekniklerine yönlendirilmelidir (Treitz ve diğ., 1993).

Sonuncu ve en önemli CBS elemanı, CBS'nin tasarımından, geliştirilmesinden ve kullanılmasından sorumlu olan kişiler; kullanıcılardır. CBS kullanıcı bileşeni; CBS Yöneticileri, CBS Geliştiricileri ve CBS Aktif kullanıcıları olmak üzere üç gruba ayrıla bilir (Toppen, 1991; Maguire, 1992).

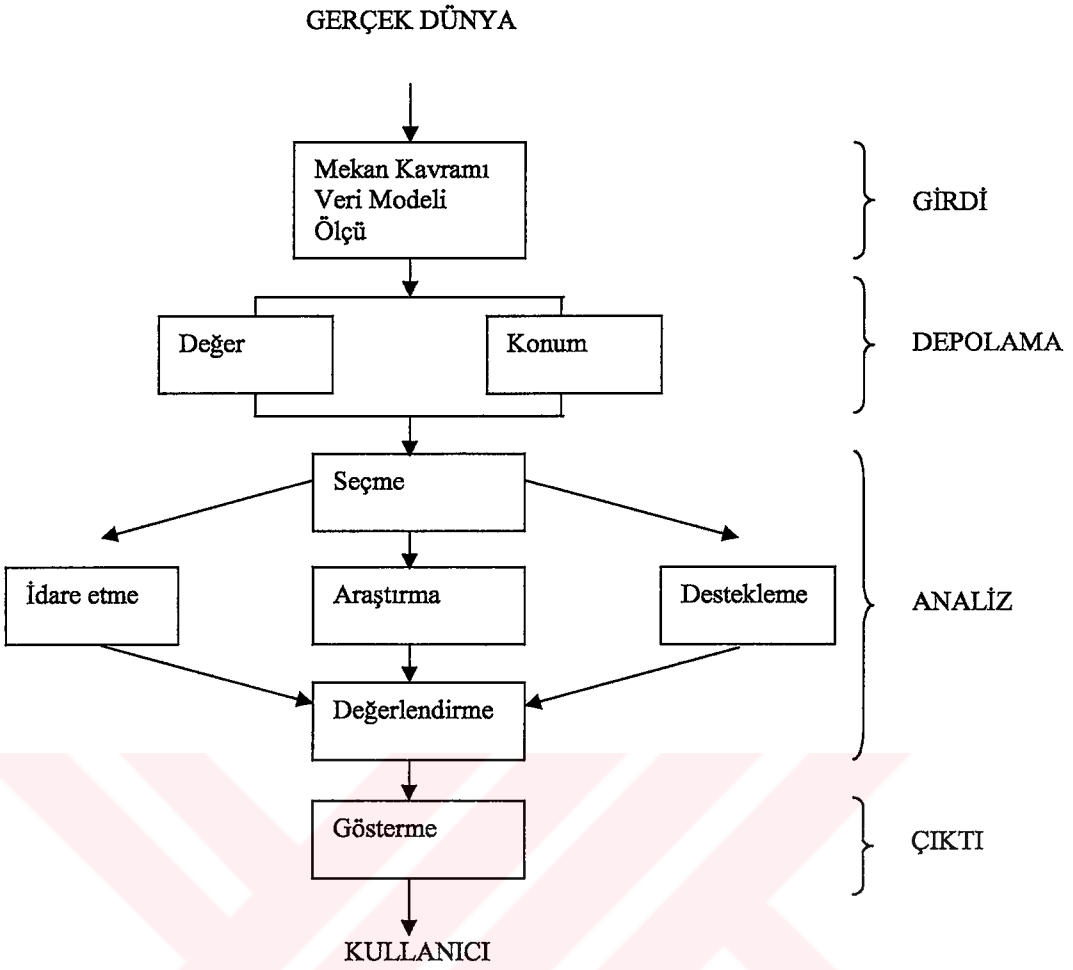
3.3.2. Coğrafi bilgi sistemlerinin fonksiyonları

CBS tüm tanımlamaları kapsamında mekansal data dikkate alınarak basitçe veri girişi, veri depolanması , veri analizi ve çıktı şeklinde dört fonksiyonun uygulanması olarak düşünebilir (Burrough, 1986; Anselin ve Getis, 1992).

a) Veri Girişi

Bir veri modelinde mekanın temsil edilmesi karışık bir iştir. Öncellikle bunun nedeni pek çok mekanın olması, elementlerin konusu ve zamansal boyutları ve bu elementler arasındaki etkileşimlerdir. Özelde çevresel alan, iki veya üç boyutsal dinamik süreçlerle (hava ve su sistemleri gibi) karakterize edilmektedir. Ayrıca, temsil prosesi durum koşullarına özgüdür ve bilginin kullanıcısına oldukça bağlıdır. Bunlar aynı zamanda, tek tip mekan temsili için gerçekçi teori veya metodolojinin olmamasının da nedenleridir (Peuquet, 1988; 1990). Giriş fonksiyonu mekanın kavramsallaştırılması, mekansal veri modelinin geliştirilmesi ve mekansal objelerin ölçülmesi şeklinde üç faza ayrılabilir.

İlk giriş fazında mekan kavramları, algıladıkları gerçeği organize etmek ve yapılandırmak amacıyla insanlar tarafından kullanılır. Örneğin mekan, her bir noktanın bir koordinat değeri ve niteliklerin vektörü ile karakterize edildiği bir süreklilik oluşturan bir dizi sonsuz sayıdaki boyutsuz noktalar seti olarak algılanır. Goodchild (1990) bunu "coğrafi gerçeklik" olarak göstermiştir. Mekanı algılamanın diğer yolları ise konulu tabakalar olarak, öklidiyen geometri olarak, özel bir alanlar seti olarak veya ulaşım problemlerinde sıkça kullanılanlara benzer grafikler olarak mevcuttur (Frank, 1990).



Şekil 3.4. CBS'nin fonksiyonları (Anselin ve Getis, 1992).

Kullanılan kavramlar genellikle, bir bilgisayar sistemine doğrudan uygulanamayan nosyonlara genellikle dayandırılır. Gerçek dünyanın özelliklerini analiz etmek için, gözlemlenebilir ve ölçülebilir birimlere yönelik onun sonsuz karmaşıklığını ve sürekli değişimini azaltmak gereklidir. İkinci giriş fazı olan mekansal veri modelleme, karmaşık coğrafik gerçekliği veri tabanının kayıtlarını veya objelerini sonlu bir sayıya dönüştüren ayırma prosesidir (Goodchild, 1993).

Geliştirilen veri modeline göre, mekansal objelerin ve niteliklerinin ölçümü, veri girişi fazında üçüncü adımdır (Şekil 3.4). Esas aktivitelerden biri veri elde edilmesidir. Coğrafik veri elde edilmesine gelince; uzaktan algılama, global konum belirleme sistemleri ve yerine inceleme yapılarak gerçek dünyadan doğrudan elde edilen verilere istinaden birincil veri toplanması ile harita kaynaklarından elde edilen ikincil veri toplama arasında ayırım yapılabilir. Birincil veri toplama, henüz

haritalanmamış bölgelerde kullanılır. Bu bakımdan uzaktan algılama, özellikle daha geniş ölçekli projeler olmak üzere çevre araştırma için mekansal verilerin, önemi gittikçe artan bir kaynağıdır. Mevcut haritaların kullanımının tersine, herhangi bir yorumlama eğilimi olmaksızın yeryüzü yüzeyini kaydeder. Harita kaynaklarından elde edilen dijital mekansal veriler veri modeli ile hali hazırda şekillendirilmektedir.

b) Veri Depolama

CBS'nin bir ikinci önemli fonksiyonu ise mekansal verinin yapılandırılmasıdır. Bu görev bazen mekansal olmayan bilgi sistemleri ile çakışır. En önemli farklılık, veri tabanında mekansal bilgilerin mekansal olmayan bilgilerle entegrasyonudur (Sheperd, 1991).Coğrafi yapıların en önemli alt bölümü mozaik, vektör ve karışım (mozaik ve vektörün birleşimi) tipleri içerisindedir (Maguire and Dangermond, 1991). Mozaik tipi düzenli (gridler) ve düzensiz yapılar olmak üzere ikiye bölünür. Vektör yapıları ise yapılandırılmamış (basit haritalar çizmek için) ve topolojik (ağ analizi veya komşuluk analizi gibi analizler için daha uygundur) olmak üzere iki gruba ayrılır. Belirtilen veri modelleri için, veri yapısı ile direkt bir bağlantı vardır. Düzensiz nokta örneklemesi, konturlar ve poligonlar vektör tipine, düzenli nokta örneklemesi ve grid hücreleri veri modelleri genellikle mozaik veri yapısına sahiptir.

Verilen çalışma alanındaki her bir konum grid hücresinde bir değer ile gösterildiğinden, sürekli çevresel özellikler, genellikle gridlerle gösterilirler. Böyle bir yapının avantajları onun basitliği ve işleme kolaylığı, verinin birleştirilmesi ve çakıştırılmasındaki kolaylığı ve çok boyutlu mekansal analiz ve mekansal benzeşimin modellemesi için düzenli hücre ebadı ve biçimidir (Burrough, 1986).

c) Mekansal Veri Analizi

Mekansal analiz CBS'nin başka bir anahtar elemanıdır. Anselin ve Getis (1992) kavramsal CBS modellerinde dört analitik fonksiyon grubu tanımlamışlardır; seçme, idare etme, araştırma ve pekiştirme (Şekil 3.4). Seçme, sorguyu veya verinin veri tabanından çıkarılmasını içerir. Seçme, konumsal veriye (Belirli bir konumda doğal özelliğin değeri nedir?) veya doğal özellik verisine (Belirli bir doğal özellik verisi nerede konumlandırılmıştır?) uygulanabilir. Seçme, analizin uygun ölçüsünün seçimini de içerir. İdare etme, dönüşüm tekrar yapılandırma ile, mesela rasterden vektör veri yapısına değiştirilmesi ile, bölünme, genelleme, çakıştırma ve

enterpolasyon prosedürlerini gerektirir. Orijinal veri çok detaylı ve kompleks olabildiğinden, veri genellemesi (birleştirme, sınıflandırma) gösteri ve iletişim maksatları için gereklidir. Bunun yanı sıra, genelleme ekonomik, veri sağlamlığı ve çok amaçlı gereksinmelere hizmet eder (Muller, 1991). Çok amaçlı gereksinimler, analizin değişik tipleri için değişik kullanıcılarına hizmet etmek amacıyla değişik ölçeklerde bilgi için gereksinmeye yöneliktir. Bu özellikle, birçok doğal sistemin kalıplar ve geniş bir dizi karakteristik mekansal ve zamansal ölçekler üzerinde meydana geldiği hiyerarşik organizasyonu gösterdiğinden dolayı, çevresel araştırma ile ilgilidir (Michener ve diğ., 1994).Seçme ve idare etme prosedürleri birlikte güçlü bir analiz aracı olabilirler. Örneğin, mekansal özelliklerin iki veya daha fazla haritanın, belirli bir konumda veya belirli bir alanda nitelik değerlerinin sınırlandırılması gibi, sorgulama veya mekansal araştırmadan sonra uygulanabilecek çakıştırma tekniği sayesinde bütünleştirilmesi. Seçme ve idare etme işlemlerinin pek çok tasarım ve sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir (Burrough,1992).

Mekansal veri analizinin, CBS ile bir çok bilim dalında kullanılması anlayışını öneren kapsamlı çalışmalar yapılmıştır. Örneğin mekansal verinin kamu sağlık sektöründeki kapasitesinin incelemesi Douven ve Scholten (1995) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Anlatılan bu dört fonksiyon, mekansal verinin analizinin mantıksal düzeni olarak tanımlanabilir. Burada değerlendirme olarak ifade edilen, karar vermeyi destekleyici bir sonraki önemli adım mekansal analizden elde edilen haritaların daha detaylı birleştirilmesi ve yorumlanmasıdır. Bu adımı destekleyici teknikler son zamanlarda son derece önem kazanmıştır (Janssen ve Rietveld, 1990; Eastman ve diğ. 1993; Jankowski, 1995).

d) Çıktı

CBS projesindeki en son aşama, kartografik tekniklerle yakın bağlantıları olan sonuçların sunumudur. Sonuç, karar vermeyi destekleyici, net ve kolay yorumlanabilir bir sunum olmalıdır (Rejeski, 1993; Kraak ve diğ., 1995). Kraak ve diğ. (1995), bu bağlamda, görsel karar destekleyicilere başvurur. Bu tip bir karar destekleyiciye yardım edici unsurlardan biri gerçek hayatın kusursuz sunumu yerine, örneğin, genel kalıp ve eğilimlerin sergilenmesidir (Muller, 1991) İki tip görünüm

göz önüne alınabilir: ürün olarak görüntüleme ve sorgu olarak görüntüleme. Birinci tip, tablolarla birleştirilen, harita gibi, nispeten daha statik sonuçlar sunar. Daha dinamik ikinci tip, kullanıcının veriye ulaşmasını sağlar ve daha interaktif bir süreçte sonuçlanır. Bu tip bir sunum, özellikle, çevresel yönetimi desteklemek için daha uygundur. İkinci tip görüntülemede, örneğin, interaktif grafiklerin kullanımı, araştırıcı analizin en önemli bir bileşenidir (Haslett ve diğ., 1990). Bilgilendirme aracı olmanın yanı sıra, görüntüleme, araştırmacılar ve karar vericiler ile, karar vericiler ve kamuoyu arasındaki iletişimi destekleyen en optimal yoldur (Rejeski, 1993). Şekil 3.4'de gösterildiği gibi, haritanın oluşturulması, çoğunlukla mekansal verinin (ham datanın), bilgiye dönüştürülmesinin bir ürünüdür. Genelleme ve tahmin etme süreci kaçınılmaz olarak belirsizliği doğurur (Goodchild ve Bopal, 1989) Bu belirsizlikler biriktirilmiş veya çoğalmış olabilir (Burrough, 1986). Bu nedenle, bilginin yanlış kullanımını önlemek ve karar vericilere doğru haritaları sunmak için bu belirsizliklerin kartografik sunumlarına önem verilmelidir (Kraak ve diğ., 1995; Pebesma, 1996). Böylece harita yapma bilimi ve sanatı olan kartografya, gerçek dünya olaylarını (ham data), bizim kullanımımız için, doğru, açık ve anlaşılır sunumlara dönüştürür.(de By ve diğ., 2000).

3.4. Coğrafi Bilgi Sistemi Uygulamaları

CBS' ler ve uzaktan algılama sistemleri son on yıl içerisinde kayda değer gelişmeler göstermişlerdir. CBS, uzaktan algılama sistemlerinin kaydettiği verilerin kullanılması için en etkili sistemdir (Marble, 1990). CBS'ler çok çeşitli uygulamlarda, şahıslar veya kurumlarca yaygın olarak kullanılmaktadır.Bunun kaçınılmaz bir sonucu olarak CBS' lerin doğası ve faaliyet alanı ile ilgili çok farklı görüşler bulunmaktadır (Maguire, 1992).

Coğrafi bilgi sistemleri bir çok meslek grubu tarafından kullanılan etkin bir konumsal analiz aracı olarak, günümüzde geniş bir uygulama alanına sahiptir. Cografi bilgi sistemleri sahip olduğu özellikleri itibarıyla, konum bilgisiyle alakalı her türlü uygulamanın içinde yer almaktadır. En çok kullanıldığı alanlar kaynak ve tesis yönetimi, telekominikasyon, kentsel ve bölgesel planlama, taşıt rota planlaması ve yeryüzü ile ilgili tüm bilim dallarıdır (Goodchild, 2000).

Tablo 3.1. CBS Teknolojisinin Kullanıldığı Uygulama Alanları (Yomralıoğlu, 2000)

Çevre Yönetimi	Çevre düzeni planları, Çevre koruma alanları, ÇED raporu hazırlama, Göller, göletler, sulak alanların tespiti, Çevresel izleme, Hava ve gürültü kirliliği, Kıyı Yönetimi, Meteoroloji, Hidroloji
Doğal Kaynak Kullanımı	Arazi yapısı, su kaynakları, akarsular, havza analizleri, yabani hayat, yer altı ve yerüstü doğal kaynak yönetimi, madenler, petrol kaynakları
Mülkiyet-İdari Yönetim	Tapu kadastro, Vergilendirme, Seçmen tespiti, Nüfus, Kentler, Beldeler, Kıyı sınırları, İdari sınırlar, Tapu bilgileri, Mücavir alan dışında kalan alanlar, Uygulama imar planları, Nazım imar planları, Halihazır haritalar, Altyapı
Bayındırlık Hizmetleri	İmar faaliyetleri, Otoyollar, Devlet yolları, Demir yolları ön etütleri, Deprem zonları, Afet yönetimi, Bina hasar tespitleri, binaların cinslerine göre dağılımları, Bölgesel kalkınma dağılımı
Eğitim	Araştırma-inceleme, eğitim kurumlarının kapasiteleri ve bölgesel dağılımları, okuma-yazma oranları, öğrenci ve eğitmen sayıları, planlama
Sağlık Yönetimi	Sağlık-coğrafya ilişkisi, sağlık birimlerinin dağılımı, personel yönetimi, Hastane vb. birimlerin kapasiteleri, bölgesel hastalık analizleri, sağlık tarama faaliyetleri, ambulans hizmetleri
Belediye Faaliyetleri	Kentsel faaliyetler, imar, emlak vergisi toplama, imar düzenlemeleri, çevre, park bahçeler, fen işleri, su-kanalizasyon-doğal gaz tesis işleri, TV kablolama, Uygulama imar planları, Nazım imar planları, Halihazır haritalar, Altyapı, Ulaştırma planı toplu taşımacılık, Belediye yolları ve tesisleri
Ulaşım Planlaması	Kara, hava, deniz ulaşım ağları, doğal gaz boru hatları, iletişim istasyonları, yer seçimi, enerji nakil hatları, ulaşım haritaları
Turizm	Turizm bölgeleri alanları ve merkezleri, Turizm amaçlı uygulama imar planları, Turizm tesisleri, kapasiteleri, Arkeoloji çalışmaları
Orman ve Tarım	Eğitim-Bakı hesapları, Orman amenajman haritaları, Orman sınırlar, Peyzaj planlaması, Milli parklar, Arazi örtüsü, Toprak haritaları
Ticaret ve Sanayi	Sanayi alanları, Organize sanayi bölgeleri, Serbest bölgeler, Bankacılık, Pazarlama, Sigorta, Risk Yönetimi, Abone, Adres yönetimi
Savunma, Güvenlik	Askeri tesisler, Tatbikat ve atış alanları, Yasak bölgeler, sivil savunma, emniyet, suç haritaları, araç takibi, trafik sistemleri, acil durum

Özellikle, kentsel ve bölgesel planlama, kadastro, tarım, orman, peyzaj, jeoloji, savunma, emniyet, turizm, arkeoloji, yerel yönetim, nüfus, eğitim, çevre, tıp ve benzeri birçok uygulamalı meslek dallarında CBS önemli bir ortak kavram olarak kullanılmaya başlamıştır (Tablo3.1). Temelde harita bilgisine dayalı işlemlere ya da konum bağlantılı yoğun hacimli verilerle uğraşmak, bunları analiz ederek ortaya

çıkacak sonuçlara göre bir takım kararların doğru olarak verilebilmesi CBS fonksiyonlarının etkin kullanımıyla mümkün olabilmektedir (Yomralıoğlu, 2000).

CBS uygulamalarında topografya büyük önem taşır. Batılı ülkelerde, fotogrametrik yöntemlerle elde edilen grid formattaki "sayısal arazi modeli" kütükleri ticari olarak pazarlanmakta, bu veriler yardımı ile üretilen yüksek geometrik duyarlılığa sahip görüntü verileri, nitelikli CBS'nin temelini oluşturmaktadır. Topografik analiz ve üç boyutlu görüntüleme yöntemlerinin CBS ile entegrasyonu mekansal araştırma ve analizlerin etkinliğini arttırmıştır (Marble, 1990). Bu bölümde CBS'in kullanılmakta olduğu belli başlı uygulama alanları ile ilgili açıklamalara yer verilmiştir.

CBS, tarımda bitki deseni tahmini, rekolte tahmini, çayır ve mera alanlarının belirlenmesi, nadasa bırakılan alanların belirlenmesi, bitki gelişiminin izlenmesi, toprak tasnifi, sulama ve drenaj etütleri, su toplama havzası etüt ve planlaması, su kaynaklarını koruma planlaması, tarım ve hayvancılığa ilişkin kaynak tahminleri, kırsal yerleşim yerlerinin belirlenmesi gibi birçok tarımsal amaçlı çalışmalarda kullanılabilir. CBS ayrıca tarımsal alanların uydu görüntüleriyle tespit edilerek, tarımsal iyileştirme, bitki örtüsünün varsa hastalıklı bölgelerini tespit etme ve zirai vergilendirme konusunda da belirleyici rol oynamaktadır (Yomralıoğlu, 2000)

Ormandan sorumlu kuruluşlar birbirlerine alternatif görünen kaynakların korunması ve kullanılması etkinliklerin uzlaştırılması, uyumunun değerlendirilmesi ve amaç değişikliklerinin analiz gibi güç planlama çalışmalarında önemli ölçüde CBS tekniklerinden yararlanmaktadırlar. CBS ormancılık konusunda orman envanteri ve planlaması, değişim etütleri, ürün denetimi, orman yangınlarının izlenmesi, yangın koridoru/ulaşım etütleri, orman kadastrosu ve ağaçlandırma uygulamalarında kullanılmaktadır (Aronoff,1989). Dünya ormancılığında, günlük arazi uygulama planlarının yapımından uzun vadeli stratejik amenajman planlarının yapılması arasındaki bütün alt sahalarda hizmete girmiştir. Ormancılıkta ilk kullanma alanı orman envanterinin ve meşcere haritalarının sayısal olarak hazırlanması olmuştur, buda mevcut altlık, yani orman bilgi sisteminin temelini oluşturur (Mısır, 1996).

Jeoloji ve jeofizik alanında CBS, jeolojik ve jeomorfolojik haritaların yapımı, jeofizik değerlendirme, maden ve petrol kaynakları belirleme ve yönetimi, yeraltı analizi konularında uygulama olanağı bulmaktadır (Aronoff, 1989).

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Arkeoloji alanında CBS sayısal arazi verileri olarak adlandırılan arazi yüzeyinin sayısal verilerinden alan için gerekli çevresel ölçütlerin elde edilmesinde kullanılır. Raporlar bilinen ve tahmin edilen arkeolojik alanların yoğunluk ve dağılımını gösteren haritalar şeklinde elde edilir ve arkeolojik ve çevre ölçümleri tablolar halinde düzenlenir (Aronoff, 1989).

Yerel yönetimlerde CBS uygulamaları, alana ilişkin verileri sistematik olarak toplanmasını, güncelleştirilmesini, kullanılmasını ve dağıtılmasını sağlar. Yerel yönetimler, CBS'ni yasal, yönetimsel ve ekonomik konulardaki karar verme sürecinde ve çeşitli planlama etkinliklerinde kullanılabilirler (Star, Estes, 1990).

Kent bilgi sistemleri (KBS), kentsel faaliyetlerin yerine getirilmesinde optimum karar verebilmek için ihtiyaç duyulan planlama, altyapı, mühendislik, temel hizmetler ve yönetimsel bilgileri hızlı ve sağlıklı bir şekilde irdelemek amacıyla oluşturulan, coğrafi bilgi sistemlerinin kent bazında bir uygulaması olan kurumsal bilgi sistemlerinden biridir. KBS ile temel olarak coğrafi konuma, mülkiyete ve mükellefiyete bağlı sözel ve grafik, tüm bilgi ve belgeler; bilgisayar ortamına aktarılmış ve birbiriyle ilişkilendirilmiş olmaktadır. Bunun sonucu olarak, sistemin devreye girmesi ve yaşatılması; özellikle yerel yönetimlerin günlük işleyişinde, plan ve kararlarında önemli yer tutan, zaman alan; takibi, denetimi zor olan bir çok faaliyetin daha hızlı, etkin ve ekonomik olarak yürütülmesi mümkündür (Yomralıoğlu, 2000).

CBS teknolojisinin en yaygın olarak kullanıldığı uygulama alanlarından biri de haritacılık olup sayısal kartoğrafya olarak adlandırılmaktadır. Sayısal kartoğrafya ile gerçek dünya varlıklarına ait grafik ve grafik olmayan veriler bilgisayar ortamında modellenebilmektedir. Bu veriler CBS yardımı ile istenen ölçeğe, amaca ve konuya uygun sembolleşme, ölçeklendirme, projeksiyon dönüşümü yapılması, genelleştirilmesi ve harita kenar bilgilerinin eklenmesi ile sayısal haritaların üretilmesini kapsamaktadır (Taştan, 1991).

CBS' nin haritacılık konusunda olduğu gibi öncelikle askeri-savunma amaçlı sayısal haritaların hazırlanması konusunda CBS teknolojisinden yararlanılmaktadır. Bundan başka, savunma alanında CBS, savunma ve harekat yönetimi, hedef belirleme,

ulaştırma, radar kaplama etütleri, istihbarat ve sivil savunma amaçlı acil durum planlaması konularında kullanılmaktadır.

Doğal değerlerin ve yaban yaşamın korunması coğrafik olarak tanımlanmış bir alanda kaynakların uyumlu kullanımına bağlıdır. CBS su kaynakları yönetiminde su havzası etütleri ve planlaması, baraj yer seçimi ve yerleşimi, bataklık alanlarının belirlenmesi, su kaynaklarının koruma planlaması konularında, çevre korumada ,deniz, toprak, hava kirliliği ve endüstriyel kirliliği izleme konularında ve balıkçılık ve yaban yaşamın yönetimi konularında uygulama alanı bulmaktadır. Yaban yaşamında CBS; çeşitli hayvan ve kuş türlerinin yaşama alışkanlıklarını ve yaşadıkları alanları yiyecek ve barınma yerlerini, yırtıcı hayvanlardan korunma alanlarının varlığını, bu alanların yumurtlamaya veya yuva yapmaya elverişliliği vb. konuları analiz etmek için kullanılmaktadır.

Ülkemizdeki CBS uygulamalarında ise kent bilgi sistemlerinin CBS'in en yoğun uygulama alanı bulduğunu görmekteyiz. Bu konuda gerçekleşen uygulama örneklerinden bazıları: İstanbul doğalgaz-altyapı bilgi sistemi projesi, Ankara kent-altyapı bilgi sistemi, GAP (Güneydoğu Anadolu Projesi) kapsamında Diyarbakır kent bilgi sistemi, BUSKİ-Bursa kent bilgi sistem projesi ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından yapılan trafik bilgi sistemidir.

Ülkemizde çevre alanında CBS uygulamaları Çevresel Etki Değerlendirmesinde (ÇED) kullanılmış ve bu amaçla Türkiye' de ilk kez Adana ili Çevre Atlası projesinde arazi kullanım potansiyellerinin tespiti için yeni bir yaklaşım yapılmıştır. Bu projenin amacı uzaktan algılama ve CBS tekniklerinden yararlanılarak her türlü planlamaya altlık olacak bir veri tabanı oluşturmaktadır. ÇED çalışmalarında haritaya dayalı konumsal veri önemli bir yer tutmaktadır. CBS, coğrafik verileri kullanarak çok değişik amaçlı konum analizleri gerçekleştirme yanında nitelikli ve nicelikli güvenilir bilgiler de sunabilmektedir. Bu bakımdan, özellikle ÇED açısından CBS' nin analitik potansiyeli büyük önem taşımaktadır (Yomralıoğlu, 2000)

Çevre, birçok coğrafi fonksiyonun bir arada bulunduğu, doğal ve yapay gelişmelere ilişkin bilgileri içeren bir konu olması sebebiyle, CBS' nin en yoğun uygulama alanlarından biridir. CBS' nin çevresel ve küresel ölçekteki uygulamalarda da yaygın kullanımı söz konusudur. 1980 ve 90'larda Dünya sistemini ve küresel

değişmeleri esas alan pek çok ulusal ve uluslar arası ölçekte programlar önerilmekte ve uygulanmaktadır.

Çevresel problemler sadece ulusal problemler olmaktan çıkıp bunların sosyal ve ekonomik sonuçları kıtasal ve dünya ölçeğinde etkili olmaktadır. Çernobil olayı bu konuda verilebilecek en önemli örnektir. Afrika kıtasından Amerika'nın orta batısına uzanan bir alanda etkileri tespit edilmiştir. Bu tip karmaşık ve tüm Dünya' yı ilgilendiren problemlerin incelenip çözülebilmesi yine ancak çevresel bilgileri içeren küresel bir veri tabanı üzerinde yapılacak çalışmalarla mümkündür (Clark ve diğ., 1992).

1984 yılından beri Avrupa Ekonomik Topluluğu tarafından desteklenen CORINE (CO-ordinated Information on the European Environment) programı CBS uygulaması için en önemli örneklerden biridir. Bu programın amacı, Avrupa'nın politikasını geliştirmek üzere ilgili çevre verileri için geniş kapsamlı entegre edilmiş bir veri tabanı oluşturmaktır. Toprak, iklim, topografya ve ekolojik veri kümeleri geliştirilmekte, atmosferin kirliliği, su kirliliği ve toprak erozyonu gibi özel çevresel sonuçların analizi ile ilgili projeler gerçekleştirilmektedir. Henüz oluşma aşamasında olmasına rağmen CORINE; veri tabanı, uzaktan algılama sistemi olanlar hariç, en büyük entegre sistemlerden biridir (Mounsey, 1992).

CBS' lerin gelişmekte olan ülkelerdeki tanıtım kullanımında Birleşmiş Milletler çok etkindir. Nairobi ve Cenevre'deki Birleşmiş milletler, çevre programı "Global Resource Information Database" i (GRID) geliştirmektedir. Bunun nedeni, Birleşmiş Milletlerin planlama ve karar verme amaçlı çevresel bilgi toplama ve işletmesini sağlamaktır. GRID, BM' in Global Environmental Monitoring System (GEMS)'in bir parçasıdır. GEMS, 1985' de kurulan ve farklı kaynaklardan oldukça kapsamlı çevresel veriyi rasyonalize etmeye yardımcı bir sistemdir. GEMS, B.M' in başka kuruluşları ve uluslararası organizasyonlar tarafından 5 alanda kullanılmaktadır. Bu alanlar; iklim ve atmosfer, okyanuslar ve bölgesel denizler, yenilenebilir doğal kaynaklar, ekosistemler ve insan sağlığı üzerinde kirlilik etkenleri, hava kirliliğin uzun vadede yayılımıdır (Clark ve diğ., 1992)

Gelişmekte olan ülkelere CBS tanıtımını aktif olarak gerçekleştiren bir başka kuruluş ise ITC'dir. ITC esas olarak bir eğitim kuruluşu olmasına rağmen gelişmekte olan

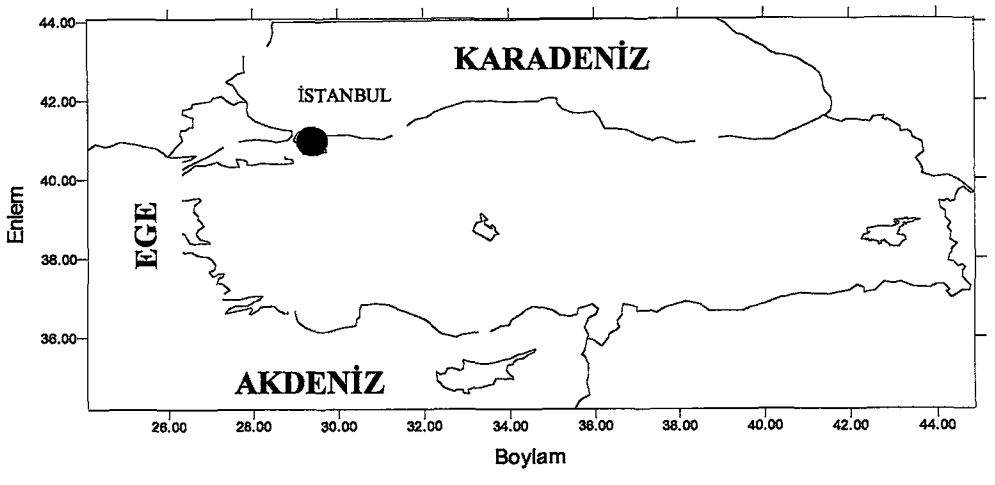
ülkelerde CBS alanında araştırma ve anlaşmalar yapılmaktadır ve kendi mikrobilgisayar tabanlı CBS sistemi olan ILWIS (Integrated Land and Water Information System)'i geliştirmiştir. ITC çalışmalarının büyük bir kısmı ulusal ve uluslararası yardım kuruluşları tarafından desteklenmiştir (Taylor,1992).

4. İSTANBUL'UN GENEL İKLİM ÖZELLİKLERİ VE TOPOGRAFYA

İstanbul' un ekonomik ve sosyal yapısında 1900'lü yıllardan beri yaşanan değişimler nedeniyle yoğun ekonomik büyüme ve aşırı nüfus artışı oluşmuştur. Sonuç olarak şehir önemli çevre problemlerine sahip olmuştur. Bu bölümde İstanbul'un konum, iklim, nüfus ve topografyasına ait genel özellikler ile hava kalite ölçüm istasyonlarının konumları açıklanmıştır.

4.1. İstanbul'un Konumu

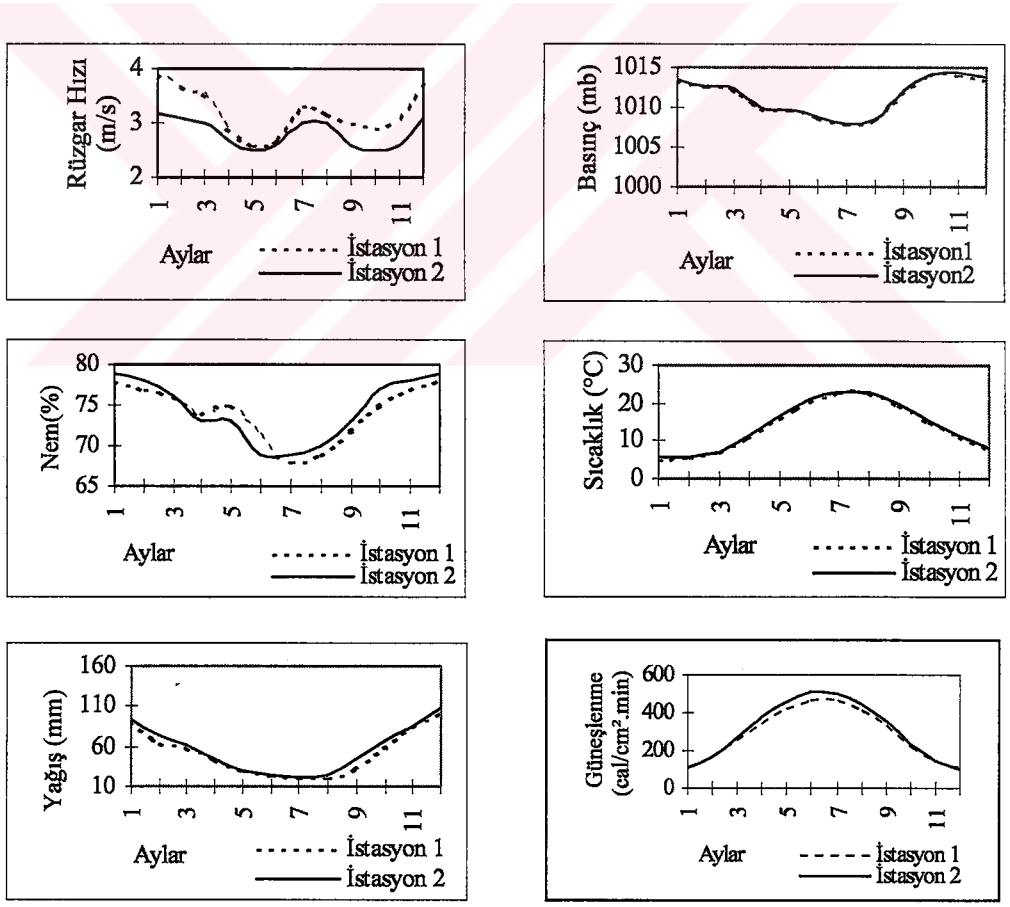
28° 01′ ve 29° 55′ Doğu boylamlarıyla 41° 33′ ve 40° 28′ Kuzey enlemleri arasında kalan İstanbul'un il toprakları toplam 5512 km²'lik bir alanı kaplamaktadır (Şekil 4.1). İli Kuzeyde Karadeniz, doğuda Kocaeli Sıradağları'nın yüksek tepeleri, Güneyde Marmara Denizi ve batıda ise Ergene Havzası'nın su ayrım çizgisi sınırlamaktadır. İstanbul Anadolu ve Avrupa'yı birleştiren şehirdir. İstanbul Boğazı 26 km uzunluğuyla şehri KD/GB ekseninde ikiye ayırır, Marmara ve Karadeniz'i birleştirir. Çalışma alanı olan İstanbul ili 32 ilçe belediyesinden oluşmaktadır. Bu ilçelerden 27'si Büyükşehir Belediyesi çalışma alanı içinde kalmaktadır. Bu çalışmada ölçüm ağı kapsamında 26 ilçenin bulunduğu alan dikkate alınmıştır.



Şekil 4.1. İstanbul'un coğrafik konumu

4.2. Bölgesel İklim

İstanbul, Akdeniz ve Karadeniz arasındaki geçiş bölgesinde yer alır. Avrupa ve Akdeniz üzerinde etkili olan basınç sistemlerinin sonucu olarak İstanbul ve çevresinde hakim rüzgarlar KD/GB yönünde esmektedir. Aylık ortalama sıcaklık kışın 6.5 °C, ve yazın ise 21.8 °C'dir. Yıllık toplam yağış ortalaması 700 mm'dir. Şehirdeki ortalama güneş radyasyonu şiddeti yazın 21 MJm^{-2}, kışın ise 6 MJm^{-2} değerindedir. Şehirde 250 metreye ulaşan tepeler bulunmaktadır. Bunun yanı sıra şehrin 2/3'ü su havzalarıyla kaplıdır (Topçu ve diğ., 2002). İstanbul, genellikle, Akdeniz iklimi ile Balkanlar ve Karadeniz ikliminin etkisi altında kalmaktadır (İncecik, 1996). Kuru yaz ayları Haziran–Temmuzda başlar ve Ağustosa kadar devam eder. Kış ayları çoğunlukla yağışlıdır ve yağışlı periyot Kasımdan Şubat sonuna kadar devam eder.



Şekil 4.2. 1 (Florya) ve 2(Göztepe)'nolu istasyonlarda meteorolojik parametrelerin uzun süreli aylık değişimi.

Şekil 4.2'de, şehirde bulunan 1'nolu Florya ve 2'nolu Göztepe istasyonlarındaki uzun dönemli ortalama meteorolojik parametrelerin değişimi gösterilmektedir. Avrupa yakasındaki 1'nolu Florya istasyonunda 1937–1990, Asya yakasındaki 2'nolu Göztepe istasyonunda ise 1929–1990 yılları arasındaki dönem için rüzgar şiddeti, basınç, sıcaklık, nem, yağış ve güneşlenmenin ortalama değerlerini içermektedir. Her iki istasyonun da aynı trende sahip olduğu görülmüştür. Ortalama basınç, sıcaklık ve yağmur verilerinin her iki istasyondaki değişimleri arasında önemli bir fark yoktur. Rüzgar hızı Avrupa yakasında Asya'ya göre biraz daha fazladır. Bağıl nem ise özellikle yazın Avrupa yakasında Asya yakasındakine göre daha yüksektir, kış mevsiminde ters bir trend göstermektedir.

4.3. Topografya

Şehir, Marmara Denizi, Haliç ve Boğaz kıyıları üzerinde kurulmuştur. Şehrin topografyası Şekil 4.3'de verilmektedir. Bu yarımada doğudan Marmara, kuzeyden Boğaz, batıdan Haliç ile çevrilmiştir. Şehrin arazisi bir çok vadiyle birbirinden ayrılmış, yaylalar ve tepelerden oluşmuştur. Eski İstanbul, surlar içinde kalan bölge, 1) Topkapı Sarayı, Ayasofya ve Sultanahmet, 2) Çemberlitaş – Nuri Osmaniye, 3) Süleymaniye, 4) Fatih, 5) Yavuz Sultan Selim, 6) Edirnekapı, 7) Samatya (Koca Mustafa Paşa – Yedikule) olmak üzere 7 tepe üzerinde kurulmuştur. Eski İstanbul denen bu bölgenin alanı 25 km^2 civarındadır. İstanbul' un topografyası 4 ana bölümde incelenebilir:

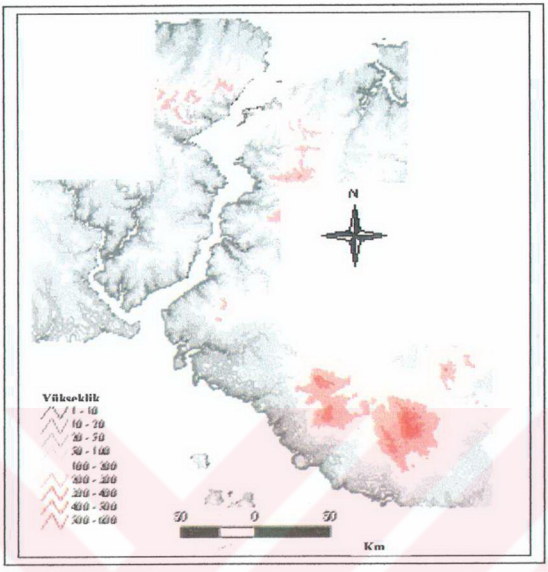
1. Batı Bölgesi: Marmara Denizi'nin kuzey kıyısında Kumburgaz'dan Bakırköy'e kadar uzanan 35 km uzunluğundaki bölgedir. Topografik olarak Kuzey Marmara özelliğindedir. Bölgede üç vadi vardır, bunlar sularını Büyükçekmece'ye, Küçükçekmece'ye ve doğrudan Marmara Denizine verir. Arazi irtifalar 0–200 metre arasında değişir. Vadiler Marmara Denizinden kuzeye doğru uzanan alçak tepelerde sınırlanmıştır.

2. Merkezi Bölge: Bakırköy'den Boğaz'a kadar Marmara sahili boyunca uzanan Haliç' i içine alan; Galata Köprüsünden Ortaköy'e kadar olan bölgedir. Bu bölgede arazi tatlı eğimli tepelerle kuzey–batı yönünde uzanan vadilerden oluşur. Arazi yüksekliği deniz seviyesinden itibaren 120 metreye kadar değişir. Arazi

eğimi Marmara sahillerine göre Boğaz sahillerinde daha diktir. Bölgede bulunan havzalar sularını Marmara Denizi'ne, Boğaz'a ve Haliç'e verir. Sularını Marmara'ya veren bölgede Çırpıcı Deresi, Haliç'e veren bölgede ise Alibeyköy ve Kağıthane dereleri bulunur. Haliç, İstanbul ile Beyoğlu ilçesini ikiye ayırır. Sarayburnu'ndan itibaren Haliç'in uzunluğu 7.5 km'dir. En geniş yeri Kasımpaşa ve Cibalı arasındadır (700m), (Ayalp, 1976). İçeri doğru gittikçe darlaşan Alibeyköy deresi ile Kağıthane deresinin Haliç'e döküldüğü yerde son bulur. Bu iki derenin boynuz şekline benzemesinden dolayı Haliç'e "Altın Boynuz" adı verilmiştir. Haliç, dünyanın en mükemmel doğal limanlarından biridir.

3. Boğaziçi Bölgesi: Boğaziçi, iki büyük kıta, Avrupa ile Asya arasında nehir- deniz halinde geçer ve şehri ikiye böler, uzunluğu 26 km'dir. Marmara Denizini Boğaz'a bağlayan kısma "kanal" denir, uzunluğu 2 km'dir. Boğaz'ın en dar yeri Anadolu ve Rumeli Hisarları arasında olup, 550 metre mesafededir. Boğaziçi Bölgesi, fazla yüksek olmayan tepeler ve Boğaz'a dik yönde uzanan vadilerden meydana gelmektedir. Arazi irtifası 0–430 metre arasında değişmektedir. Boğaz'ın Avrupa kıyısı Ortaköy'e kadar homojen olarak giden yaklaşık 130 metre yüksekliğindeki tepelerle 5 km genişliğindeki şerit halinde Haliç drenaj sahasından ayrılır. Ortaköy'den sonra Rumeli Kavağı'na kadar yükseklikler 150 metreye kadar çıkar. Boğaz'ın Anadolu kıyısı, Avrupa yakasına göre daha engebeli ve tepeler daha yüksektir. Kısıklı'da 200 metre, Küçük ve Büyük Çamlıca'da 250 metre yüksekliğe kadar ulaşır. Bu bölgede 16 tane küçük vadi vardır.

4. Üsküdar – Kadıköy Bölgesi: Bu bölge, fazla yüksek olmayan tepelerden ve yaylalardan oluşur. Bölgeye topografik bakımdan iki ana gruba ayrılabilir. Bunlar sularını Marmara Denizi'ne ve Boğaz'a veren yerlerdir. Arazi irtifası 0–260 metre arasında değişir. Bölgede 4 vadi mevcut olup , bunlar, Kurbağılıdere, Bostancı Deresi, İbrahim Ağa Deresi, Marmara'ya; Beylerbeyi deresi ise Boğaz'a dökülmektedir. Mevsimlik değişikliklerden dolayı bazı dereler zaman zaman kurumaktadır.



Şekil 4.3. İstanbul'un topografik haritası

4.4. İstanbul'un Nüfusu, Nüfus Yoğunluğu Ve Sanayi Kolları

İstanbul topografyasında, Kuzeyde Karadeniz kıyılarına kadar uzanan su kaynakları ve orman alanlarından oluşan çok değerli yaşam kaynaklarının varlığı, şehrin bu alanların güneyinde yerleşip gelişmesine yol açmıştır.

Şehrin çeşitli yönlerden gelişmesine paralel olarak nüfus çoğalmış 1927 yılında 690 bin iken, 1980'de 4.741.890 (nüfus yoğunluğu 829 kişi/km^2); 1985'de 5.842.985 (nüfus yoğunluğu 1021 kişi/km^2); 1990'da 7.309.190 (nüfus yoğunluğu 1277 kişi/km^2) kişiye çıkmıştır. Beş yılda % 23-25 arasında nüfus artışı olmuştur ki, bu yılda yaklaşık % 5 artışa karşılık gelmektedir (DİE, 1989).

1960'larda şehrin nüfusunun % 78'i batıda, % 22'si doğuda yerleşmiş iken bugün doğuda nüfusun % 35'i, batıda ise % 65'i yerleşmiş, neticede Boğaziçi'nin geçilme ihtiyacının artmasına bağlı olarak ülke ekonomisine çok büyük yük getiren

köprülerin inşaası ile iki yakanın birleştirilmesi kaçınılmaz hale gelmiştir (İBB, 1995).

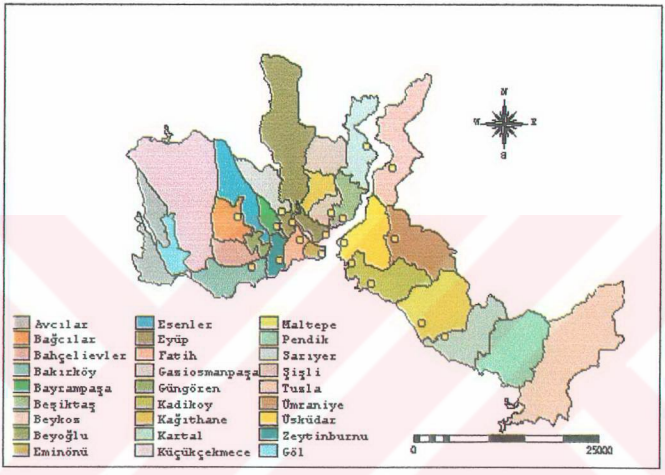
İstanbul, Türkiye'nin dış ve iç ticaret bakımından önde gelen birinci şehridir. Ülke ekonomisinin temeli ve vergiye esas olan ihracat ve dış ticaret hacminde İstanbul'un Türkiye içindeki payı % 65 civarındadır (İBB, 1995). Türkiye'nin ithalatının % 60'ı İstanbul limanlarında yapılmaktadır. Türkiye'nin ihracatının % 20-25'i buradan yapılmakta, bu nedenle uluslararası ticaret merkezi özelliğini taşımaktadır. İstanbul il sınırları içerisinde ağırlıklı sanayii sektörlerine bakıldığında genel olarak dokuma sektörü 1. sırada, metal eşya sektörü 2. sırada görülmektedir. Bunları kimya, gıda, kağıt, ana metal, taş toprak, orman ürünleri ve diğer sanayi sektörleri izlemektedir. İstanbul bütününde sanayi sektörünün işgücü ağırlığına bakıldığında, ilk sırayı 100-499 işgücü çalıştıranlar alırken, bunu 500+, 25-99, 10-24 işgücü izlemektedir. İşgücünün sanayi iş kollarına göre sıralanışında dokuma ve metal eşya sektörleri önde gelmektedir. İşgücü büyüklüğünün ilçelere göre ağırlığına bakıldığında ise en fazla işgücü çeken ilçeler sırasıyla Bakırköy, Şişli, Kartal, Zeytinburnu ve Eminönü'dür.

İstanbul Metropoliten alanı içerisinde (Gebze hariç) iki organize sanayi bölgesi bulunmaktadır. Bunlar; Tuzla Organize Deri Sanayi ve İkitelli Organize Küçük Sanayi Bölgesidir (İBB, 1995). İstanbul'da, küçük sanatlar, el sanatları da geniş bir yer tutmakta ve artış göstermektedir. Bunlar arasında demircilik, bakır dövme ve silindiraj, alüminyum, gümüş ve altın işletmeciliği, dökümcülük ve çeşitli madeni işler geniş yer tutmaktadır.

4.5. Hava Kalitesi İzlenmesi ve Şehirde Ölçüm İstasyonlarının Konumları

Çevre hava kalitesinin izlenmesi çoğunlukla aralıklı ve gerçek zaman ölçümlerinden ziyade ortalama elde edilen örnekleme sistemi ile elde edilir. Sağlık Bakanlığı, İstanbul İl Sağlık Müdürlüğü Hıfzısıhha Enstitüsü 1980'li yıllarda 7 noktada hava kalitesi ölçümleri yapılmaya başlanmıştır. Enstitü 1990 yılından sonra ise hava kirliliğinin yoğun olduğu on iki ayrı ilçede de ölçüm yapmaya başlamıştır. Bu 19 istasyondan 12'si Avrupa, 7'si Anadolu yakasında yer almaktadır (Şekil 4.4). Bazı istasyonlarda 1990-1997 yılları arasında süreklilik arz eden ölçümler yapılmamıştır.

1994-97 yılları arasında 17 istasyonda SO_2 ve APM konsantrasyonu ölçülmeye devam edilmiştir. 1997-2000 yılları arasında ise ölçüm istasyon sayısında ve sıklığında önemli bir azalış olmuştur. Şekil 4.4'den görülebileceği gibi istasyonların her biri bir ilçeyi temsil edecek şekilde yerleştirilmiştir. Yalnızca Anadolu yakasında 1994 yılından sonra bir ilçede (Kadıköy) iki istasyonda ölçüm yapılmıştır.



Şekil 4.4. İlçe Belediye sınırları ve hava kirliliği ölçüm istasyonlarının konumu

5. VERİ TABANININ OLUŞTURULMASI

Bu bölümde, kullanılan verilerin kaynakları, ölçüm metodları ve düzeni ile analizlerde kullanılan temel veri düzenleri açıklanmıştır. Analizler verinin doğru olduğu kabuli ile yapılmıştır.

5.1. Hava Kirliliği Verileri

Bölüm 4'de açıklandığı gibi İstanbul'da 1985 yılından itibaren; önce 10 daha sonra da 17'ye ulaşan istasyonlarda 24 saatlik SO_2 ve APM ölçümleri yapılmaktadır. İstasyonlardan 11'i Avrupa yakasında, 6'sı Anadolu yakasında yer almaktadır. Bu istasyonlarda ölçülen günlük SO_2 ve APM konsantrasyonlarının 1992-2000 yılları arasındaki değerleri Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE)'den temin edilmiştir.

Kükürt dioksit ölçümü prensip olarak havanın bu gaz sebebi ile sahip olduğu asiditesinin ölçümü olarak yapılmaktadır ve eşdeğer $\mu g/m^3$ şeklinde ifade edilmektedir. Ölçüm, asidimetrik titrasyon metodu ile yapılmaktadır. Bu metotta, hava numunesi 24 saat boyunca seyreltik hidrojen peroksit çözeltisi içinden geçirilmekte ve kükürt dioksit çözeltide absorbe olup sülfürik aside dönüşmektedir. Daha sonra bu çözeltinin asiditesi NaOH çözeltisi ile titre edilip sonuç eşdeğer SO_2 konsantrasyonu şeklinde ifade edilmektedir.

Partiküler madde tayini ise, partiküler maddenin filtre kağıdı yüzeyi üzerinde oluşturduğu karartının eşdeğer $\mu g/m^3$'e çevrilmesi ile tayin edilmektedir. Bu metotta hava numunesi 24 saat boyunca bir filtre kağıdı üzerinden geçirilmektedir. APM, filtre kağıdı üzerinde konsantrasyonuna bağlı olarak bir karartı oluşturmakta ve bu karartı da filtre kağıdının ışığı yansıtma miktarını değiştirmektir. Bu şekilde yansıyan ışık miktarı çevrim tabloları ile eşdeğer $\mu g/m^3$ olarak konsantrasyona çevrilmektir.

Hava kirliliği ölçüm istasyonlarının yerleşim koordinatları Yıldız Teknik Üniversitesi Proje Raporundan (Ertürk ve diğ., 1995) ve yüksek lisans tez

çalışmasından (Saral, 1995) temin edilmiştir. Tablo B.1'de istasyon koordinatları ve bulunduğu ilçe alanları verilmiştir.

Kirlilik parametreleri değişik zaman aralıklarında istatistiki analize imkan verecek şekilde Excel ve SPSS10 yazılım formatlarında organize edilmiştir. Zamansal değişimin incelenmesinde, günlük, aylık, mevsimlik, yıllık ortalama konsantrasyonlar kullanılmıştır. Tüm istasyonlardaki günlük ölçüm sonuçları değişik zaman periyotlarında ortalama konsantrasyonlar şeklinde GEO-EAS, VARIOWIN, SURFER, ILWIS formatında jeoistatistik ve mekansal analiz için hazırlanmıştır.

5.2. Meteorolojik Veriler

Bu çalışmada meteorolojik veriler, mevcut veri ve bunların hava kirliliği ile fiziksel ilişkisi dikkate alınarak seçilmiştir. Hava kirliliği ile ilişkili önemli atmosferik olaylar rüzgar, sıcaklık, basınç, bağıl nem ve yağıştır. Bu rutin meteoroloji verileri ikisi Avrupa ikisi Asya yakasında olmak üzere dört istasyonda ölçülmektedir. Radyozonde verileri Göztepe Sinoptik Meteoroloji istasyonun 00.00 GMT ve 12.00 GMT için vardır. Meteorolojik veriler 1990 yılından 2000 yılına kadar ki dönem için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir (DMİ,1997, 2001).Meteorolojik değişkenlerin ölçümlerinde eksik ölçüm sayısı çok azdır veri seti %75 in üzerinde doluluk oranına sahiptir. Veri seti analize ve SPSS10 formatına uygun olacak şekilde organize edilmiştir. Meteorolojik değişkenlerin hava kirliliğine etkileri çalışmada istatistik analiz ile irdelenmiştir..

5.2.1. Sıcaklık

İstatistik analizlerde saatlik sıcaklık ölçümlerinden elde edilen günlük ortalama değerler kullanılmıştır. Sıcaklıkla hava kirliliği teorik olarak ters orantılıdır. Kış aylarında sıcak geçen günlerde ısınma maksatlı yakıt tüketimi az olacağından atmosfere bırakılan kirletici miktarı da az olacaktır, dolayısıyla hava kirliliği de soğuk geçen günlere oranla daha az olacaktır

5.2.2. Rüzgar şiddeti

Meteorolojik veri seti rüzgar yönü ve şiddetinin saatlik ölçümlerini içermektedir. Meteorolojik değişkenlerin hava kirliliği ile olan korelasyon, faktör, regresyon gibi istatistik analizlerinde günlük ortalama rüzgar şiddetleri kullanılmıştır.

5.2.3. Rüzgar yönü

Rüzgar atmosferdeki hareketliliğin en baskın parametresi olup kirletici gazların yatay taşınımlarını ve dolayısıyla seyrelmelerini sağlamaktadır. Rüzgar yönünün kirletici konsantrasyonlarına etkisi geldiği yöne bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Rüzgar, deniz gibi temiz hava kütlesinin bulunduğu bir yönden esiyorsa kirli bölgedeki kirleticileri seyreltebilir.

Bu çalışmada, veri setinde nümerik olmayan rüzgar yönü bilgileri günlük hakim rüzgar yönünün bulunabilmesi amacı ile nümerik değerlere çevrilmiştir. Saat yönünde 0° Kuzey, 22.5° Kuzey-Kuzeydoğu, 45° Kuzeydoğu şeklinde 16 yön belirleyecek şekilde sayısal değerlere dönüştürülmüştür. Günlük hakim rüzgar yönü ise saatlik rüzgar yönü frekansı hesaplanarak belirlenmiştir. Günlük hava kirliliği ve meteorolojik faktörler arasındaki istatistik analizler için rüzgar yönünün nümerik olarak belirlenmesi gereklidir. Yıllık ve mevsimlik rüzgar yönü de her yıl ve mevsimdeki rüzgar yönü frekanslarına göre hesaplanmıştır. Günlük kirlilik seviyesi analizinde saatlik rüzgar yönleri ile hazırlanan rüzgar gülleri oluşturulmuştur.

Saatlik rüzgar yön ve şiddetleri kullanılarak günlük ortalama rüzgar şiddeti m/s olarak ve frekans olarak en çok esen yönde hakim rüzgar yönü olarak hesaplanmaktadır.

5.2.4 Basınç

Basınç değerleri gün içinde 07.00, 14.00, ve 21.00 saatlerinde ölçülmektedir. Analizlerde günde 3 kez yapılan ölçüm sonuçlarından elde edilen günlük ortalama basınç değerleri kullanılmıştır.

5.2.5. Bağıl nem

Bağıl nem değerleri gün içinde 07:00, 14:00 ve 21:00 saatlerinde ölçülmektedir. Analizlerde günlük ortalama bağıl nem verileri kullanılmıştır. Havadaki nem miktarının (su buharının) % olarak ifadesidir. Bağıl nem $1m^3$ havada gram olarak ölçülen nem miktarının aynı sıcaklıkta $1m^3$ havanın taşıyabileceği en yüksek nem miktarına (mutlak nemlilik) oranıdır. Havadaki su buharı miktarının artması atmosferde bulunan kirletici parametrelerin bu su buharı içinde o oranda çözünüp gaz ortamından sıvı ortama geçmesine sebep olması ve dolayısıyla hava kirliliğini azaltmasının yanı sıra bulutlar, sis ve yağışlar hep havadaki nem miktarına bağlı olarak oluştuğu için bağıl nemin atmosfer olaylarına etkisi oldukça karmaşık olup hava kirliliğine etkisi de o derece karmaşıktır.

5.2.6. Yağış

Meteoroloji istasyonlarında yağışlı günlere ait yağış verileri de mevcuttur Günlük kirlilik seviyesi ile meteorolojik değişkenler arasındaki istatistik çalışmalarda günlük yağış verileri kullanılmıştır. Veriler bir gün boyunca $1m^2$ alana düşen yağış miktarının mm olarak yüksekliğini ifade etmektedir.

5.3. Arazi Kullanım Verileri

Arazi kullanım haritasının oluşturulmasında İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) Şehir Planlama Müdürlüğü tarafından 1995 yılında hazırlanan 1/250000 ölçekli nazım imar planı kullanılmıştır. İmar planı ARC-INFO programı kullanılarak digite edilerek sayısallaştırılmış ve mekansal analizlerin yapılabilmesi için ILWIS yazılım formatına çevrilmiştir. Çalışmada analizlere uygun olarak imar planı 11 ana arazi kullanım sınıfını içerecek şekilde yeniden sınıflandırılmıştır. İlçe belediyelerin yasal sınırlarını gösteren harita, digital formatta Büyükşehir Belediyesinden temin edilmiştir.

5.4. Ulaşım, Doğal Gaz Tüketimi ile İlçe Belediye, Nüfus ve Alan Verileri

İstanbul'da 32 ilçe belediyesi mevcuttur. Büyükşehir Belediyesi idari sınırları ise 27 ilçe belediyesini kapsamaktadır. Bu ilçe belediyelerinden 17'sinde hava kalitesi

ölçüm istasyonu ve verileri mevcuttur. İlçe belediyelerinin yüzölçümü değerleri Büyükşehir Belediyesi'nden ve her bir ilçeye ait 1990 ve 1997 yılında yapılan nüfus sayımı, 2000 yılı nufüs sayımı geçici sonuçları ile 1996 yılına ait tahmini nüfus verileri Devlet İstatistik Enstitüsünden (DİE) temin edilmiştir (BB, 1997 ; DİE., 1997,2001). Bu veriler CBS analizinde kullanılmak için sayısal formatta hazırlanmıştır. Aylık doğal gaz tüketim miktarları m^3 olarak İgdaş Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir (İGDAŞ, 2002).

Büyükşehir Belediyesi, Altyapı Planlama ve Koordinasyon Bölümünden il trafik sisteminde mevcut ana arter ve otobanlar ile 1996 yılında trafiğin en yoğun olduğu saatlerde 123 noktada yapılan trafikteki araç sayısı ölçümleri sayısal olarak temin edilmiştir. Gün içinde sabah saatlerinde trafikteki araç sayısını içeren haritalar hazırlanmışıtır.

6. HAVA KİRLİLİĞİNİN ANALİZİ VE MODELLEME

Bu bölümde İstanbul'da çalışmada göz önüne alınan SO_2 ve APM'nin 1992-2000 periyodunda trend analizi yapılmıştır. Kirlilik seviyeleri ve meteorolojik faktörler arasında ilişki ve hava kalitesi standart değerlerinin aşıldığı dönemlerde meteorolojik şartlar araştırılmıştır.

6.1. Veri ve Kabuller

Trend analizi, zamanla hava kirliliğin değişimini gösteren bir yöntemdir. Trend analizi süreklilik arz eden ve en az üç yılı kapsayan veri gerektirir (UNSCECE, 1984). Bu çalışmada yapılan tüm analizlerde veri setinin %70 doluluk oranında olması gerekliliği kabul edilmiştir. Buna göre aylık ortalama kirlilik seviyesinin tanımlanabilmesi için ayda en az 21 gün, ısınma ve ısınmanın olmadığı mevsim için en az 128 gün ve yıllık analiz için ise en az 255 gün ölçüm yapılmış olması gerekmektedir. Tüm yıllar için analize katılan mevsimlik, yıllık ölçüm sayısı TabloB.2 ve B.3'de verilmiştir. 1992, 1993 yıllarında hiçbir istasyon yıllık minimum olması gereken ölçüm sayısını (255 gün) sağlamadığı ve 2000 yılında ise verinin sadece ilk üç ay için mevcut olmasından dolayı yıllık trend analizine katılmamıştır. Böylece 1994 yılı ve sonrası 1999 yılı dahil olmak üzere kirlenme seviyesinin yıllık trend analizi için dikkate alınmıştır. Aylık ve mevsimlik değişim ise 1992 yılında yine hiçbir istasyon ölçüm sıklığı kriterine uymadığı için 1993-1999 yılları arası dikkate alınarak incelenmiştir.

Çalışmada göz önüne alınan ısınma mevsimi Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinde (HKKY) olduğu gibi Ekim ayından Mart ayına kadar olan periyot olarak tanımlanmıştır. Nisan ayından Ekim ayına kadar olan periyot ise ısınmanın olmadığı dönem olarak tanımlanmıştır. Meteorolojik faktörler ile kirlilik arasındaki ilişkinin incelenmesi günlük ortalama değerler dikkate alınarak yapılmıştır.

Meteorolojik parametrelerin kirlilik üzerindeki etkisi 1994–1996 yılları arasında ve 1997-1999 yılları arasında ayrı ayrı Avrupa yakasında Bakırköy (İst.No:1) ve Anadolu yakasında ise Göztepe (İst.No:18) istasyonlarındaki SO_2 ve APM ölçümleri dikkate alınarak Bölüm 6.4'de incelenmiştir. 1997 yılı sonrasında kirlilik ölçüm istasyonlarında ve ölçüm yapılan gün sayısında olan azalma; 1994-96 periyodunda doğal gaz tüketiminin %70 gibi yüksek bir artış, 1997–1999 periyodunda ise sadece %11gibi düşük artış göstermesi dikkate alınarak bu şekilde iki dönem olarak inceleme yapılmıştır. 1994-96 yılları arasında Bakırköy ve Göztepe istasyonlarında sırasıyla 827 ve 861 gün ölçüm yapılmışken 1997-99 yılları arasında ölçüm gün sayısı sırasıyla 406 ve 543'e düşmüştür. Bu iki hava kalite ölçüm istasyonu Avrupa ve Anadolu yakalarını kıyaslayabilmek ve meteorolojik istasyonlara (Florya, Göztepe) olan yakın konumları dikkate alınarak belirlenmiştir. Bölüm 6.4'de yapılan meteorolojik değişkenler ile kirlilik arasındaki ilişki analizinde Bakırköy hava kalite istasyonu ile Florya meteoroloji istasyon çifti 1'nolu, Göztepe hava kalite istasyonu ile Göztepe meteoroloji istasyon çifti ise 2'nolu istasyon olarak adlandırılmıştır.

6.2. İstatistiksel Analiz ve Model Teknikleri

Bu çalışmada kirlilik değişimlerinin incelenmesinde ve modelleme için SPSS 10 yazılım paketi yoğun olarak kullanılmıştır. Bu amaçla göz önüne alınan kirleticilerin yıllık ve aylık ortalama konsantrasyonu ve meteorolojik faktörlerin yıllık ortalamaları minimum, maksimum seviyeleri ile standart sapma değerleri hesaplanmıştır.

Günlük ortalama konsantrasyonlarda EPA ve WHO hava kalite standardını aşma sıklığı 1 ve 2'nolu istasyonlar için çeşitli meteorolojik faktörlerin ışığı altında açıklanmıştır.

Meteorolojik faktörler ve kirlenme seviyeleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için önce iki değişkenin verilerinin kartezyen koordinat sistemine yerleştirilmesiyle saçılma diyagramları çizilmiştir. Veriye uyan lineer eğri muhtemel trendleri göstermek için uygulanmıştır. Pearson korelasyonu meteorolojik faktörler ve kirlilik seviyesi arasındaki ilişki derecesini belirlemek için uygulanmıştır. Çoklu doğrusal regresyon metodu, 24 saatlik ortalama kirlilik ölçümleri ve meteorolojik faktörler arasındaki

ilişkinin fonksiyonel tanımlamasını analiz etmek için kullanılmıştır. Modeller için lineer regresyon denklemleri çıkarılmıştır.

6.3. Hva Kirliliğinin Değişimleri

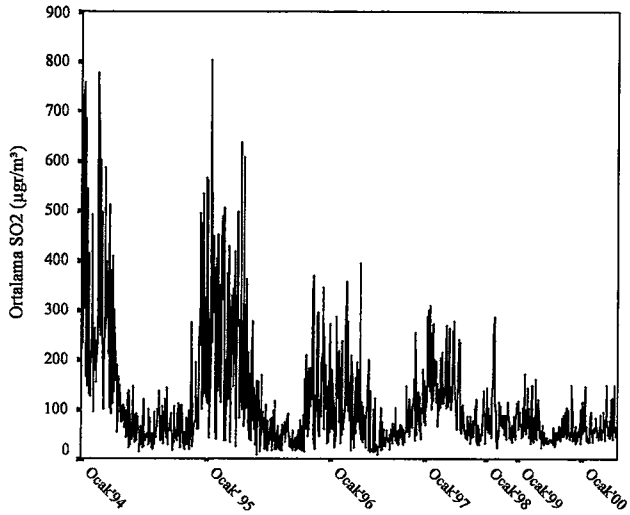
Bu bölüm kapsamında kirlilik değişimleri Avrupa yakasında Bakırköy ve Anadolu yakasında Göztepe istasyonları için günlük olarak, Tablo 6.1'de yer alan tüm istasyonlar için ise aylık ve mevsimlik ve yıllık olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 6.1. İstasyon ad ve numaraları

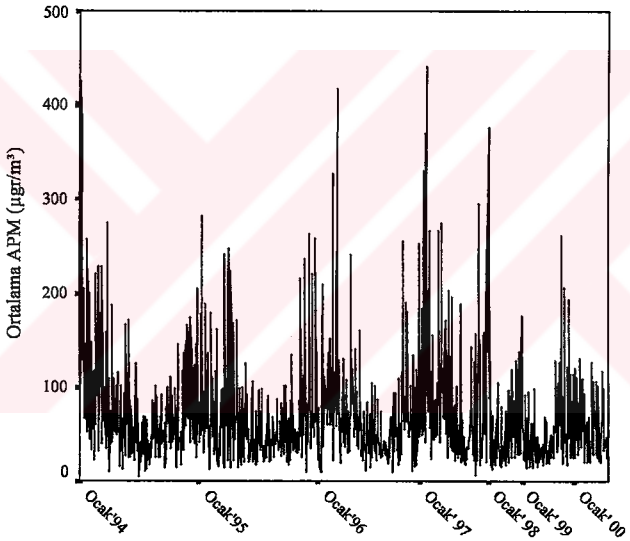
Avrupa Yakası		Anadolu Yakası	
İstasyon No	İlçe Adı	İstasyon No	İlçe Adı
1	Bakırköy	15	Üsküdar
2	Bağcılar	16	Ümraniye
3	Bayrampaşa	17	Kadıköy
4	Gaziosmanpaşa	18	Göztepe
5	Zeytinburnu	19	Maltepe
6	Eyüp	20	Kartal
7	Fatih		
8	Eminönü		
10	Şişli		
11	Beyoğlu		
12	Beşiktaş		

6.3.1. Günlük analiz

1994–2000 yılları arasında Bakırköy ve Göztepe istasyonları için SO_2 ve APM' nin günlük değerlerine ait analizler Şekil 6.1 ve 6.2'de gösterilmiştir. Her iki istasyonda da genel olarak tahmin edildiği gibi SO_2 ve APM'nin en yüksek değerleri ısınma mevsiminde meydana gelmektedir. Bu istasyonlarda SO_2 konsantrasyonun ısınma mevsimlerindeki seviyesinin 1994 yılından 2000 yılına kadar önemli bir azalma gösterdiği açıkça görülmektedir. APM konsantrasyonu ise tüm ısınma mevsimleri için her iki istasyonda yaklaşık olarak aynı kalmış, ardışık günler arasında ki değişimin ise çok yüksek olduğu belirlenmiştir.

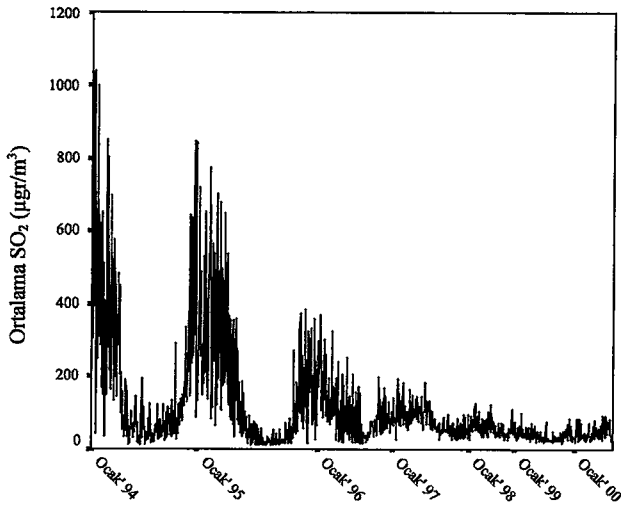


(a)

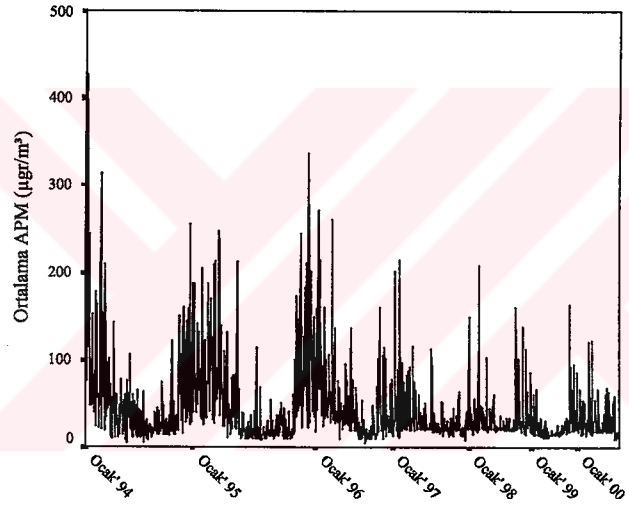


(b)

Şekil 6.1. Bakırköy istasyonunda, (a); SO_2 ve (b); APM' nin 1994-2000 periyodu için günlük değişimi



(a)

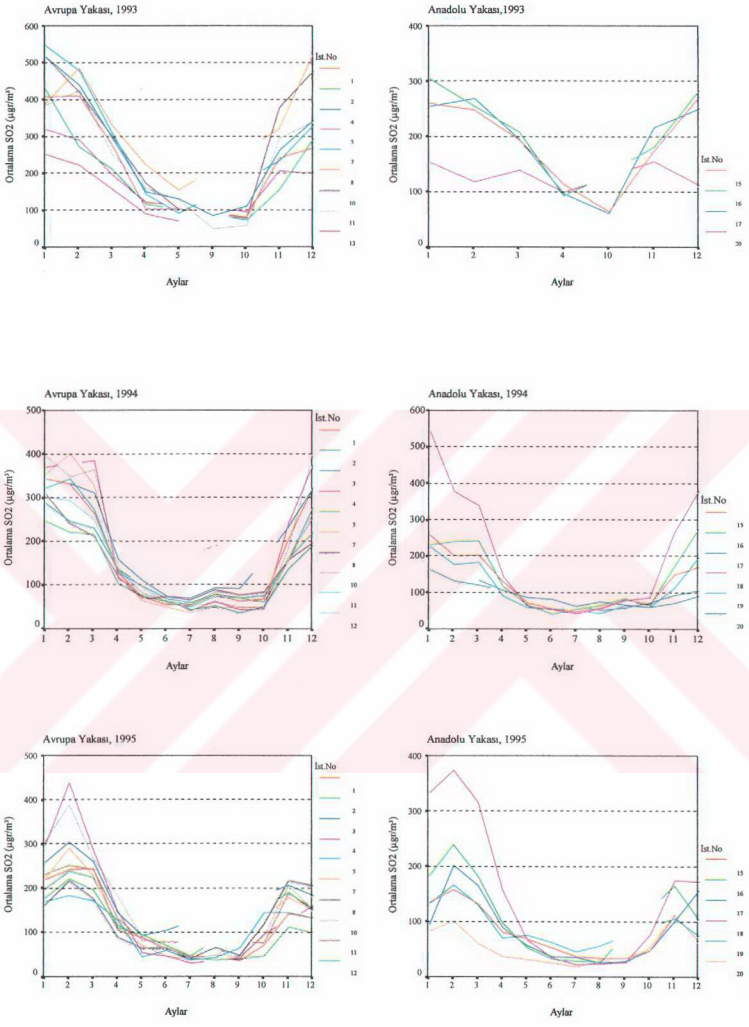


(b)

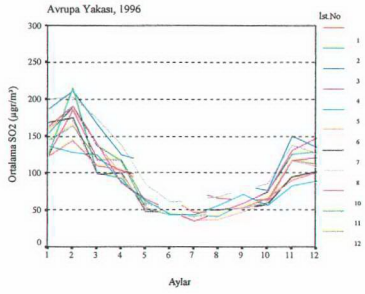
Şekil 6.2. Göztepe istasyonunda, (a); SO_2 ve (b); APM' nin 1994-2000 periyodu için günlük değişimi

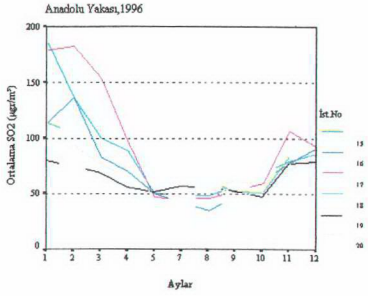
6.3.2. Aylık analiz

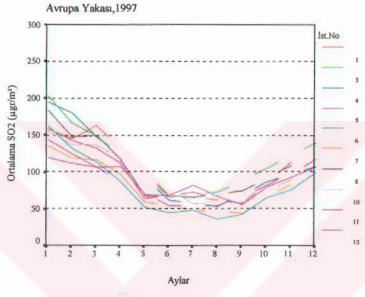
Aylık ortalama kirlilik seviyesi değişimi Avrupa ve Anadolu yakaları için SO_2 ve APM'nin istasyonlardaki aylık ortalama konsantrasyonları hesaplanarak incelenmiştir. 1993-1999 arasıda her bir yıl için aylık değişim SO_2 için Şekil 6.3'de ve APM için ise Şekil 6.4'de gösterilmiştir. Bu değerlendirmede ölçüm yapılmayan ve analizde uygulanan kabule uymayan aylar göz önüne alınmamıştır.

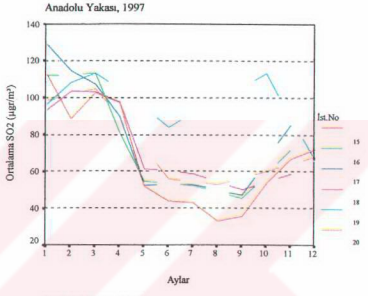


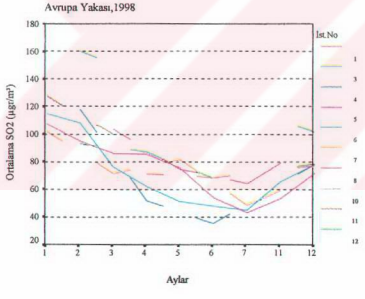
Şekil 6.3. Avrupa ve Anadolu yakasında 1993-1999 yılları arasında SO_2 konsantrasyonunun aylık değişimi.

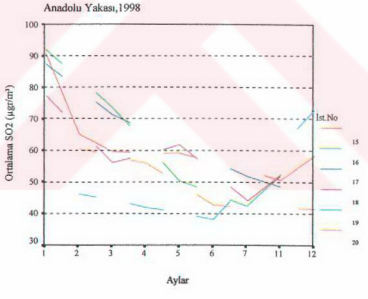


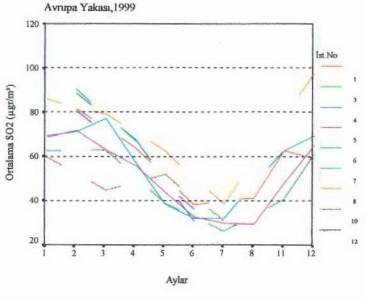


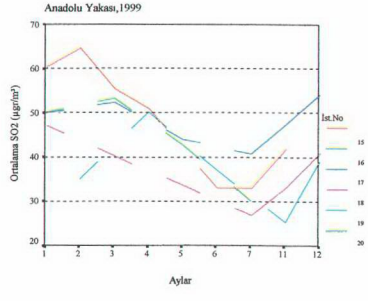






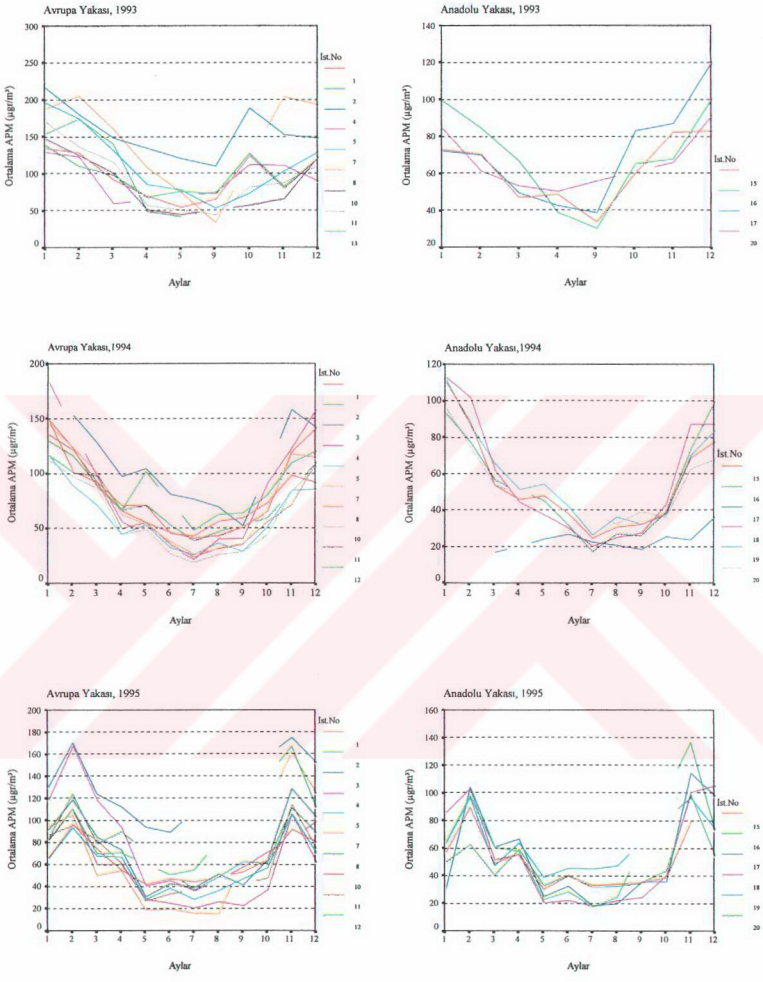




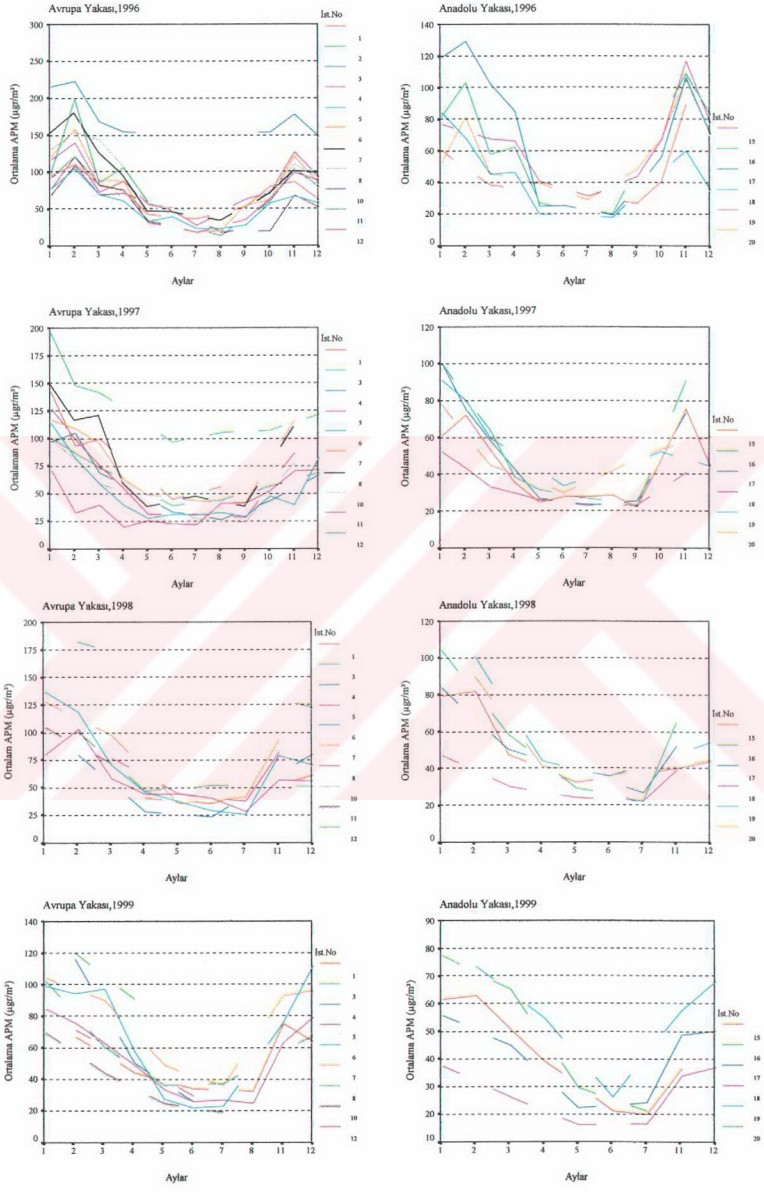


Şekil 6.3 devam

Her iki yakada da bütün yıllara ait gözlenmiş SO_2 konsantrasyonu genel beklentilere uygun bir şekilde olup kış aylarında yükselmekte, yaz aylarında ise düşmektedir. Avrupa yakasında en yüksek SO_2 değerleri araştırma döneminin başlangıcı olan 1993 yılında, en düşük SO_2 değerleri ise araştırma döneminin sonu olan 1999 yılında gözlenmiştir. 1993 yılında özellikle Gaziosmanpaşa, Fatih, Beyoğlu, Şişli ve Eminönü ilçelerinin SO_2 değerlerinin çok yüksek değerlerde olması dikkat çekmektedir. 1995 yılında Avrupa ve Anadolu yakalarındaki istasyonların SO_2 değişim aralıklarında önemli bir fark gözükmemektedir. İncelenen bütün yıllarda Bayrampaşa, Gaziosmanpaşa, Fatih, Beyoğlu ve Eminönü ilçelerinde SO_2 ve APM'nin en yüksek değerleri görülmüştür. Tipik bir durum olarak hem Avrupa hem de Anadolu yakalarında 1999 yılında, SO_2 konsantrasyonlarında diğer yıllara göre önemli bir azalmanın olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun nedeni olarak İstanbul'da kullanılan kömür kalitesinin önceki yıllara göre daha iyi olduğu ya da 1994 yılı sonrasında kullanım yüzdesi artan ve 1999 yılında 1.5 milyar m^3'ü geçen doğal gazın olumlu etkisinin olduğu söylenebilir.



Şekil 6.4. Avrupa ve Anadolu yakasında 1993-1999 yılları arasında APM konsantrasyonunun aylık değişimi.



Şekil 6.4. devam

1993-1999 periyodu için Avrupa ve Anadolu yakasındaki ölçülmüş APM değerlerinin aylık değişimlerinin gösterildiği Şekil 6.4'de bakıldığında 1993-94 yıllarında Gazioasmanpaşa'nın (İst.No 4) 1994 yılı sonrasında Bayrampaşa'nın (İst.No 3) APM değeri diğer istasyonlara göre daha yüksektir. Tüm istasyonlar bazında en düşük APM değerlerinin gözlendiği yıl, 30-85 $\mu gr/m^3$ aralığı ile 1999 yılı Anadolu yakasıdır. 1993-99 periyodu için en yüksek APM değerlerinin gözlendiği yıl ise SO_2 değişimlerine benzer olarak 130-210 $\mu gr/m^3$ aralığı ile 1993 yılı Avrupa yakasıdır.

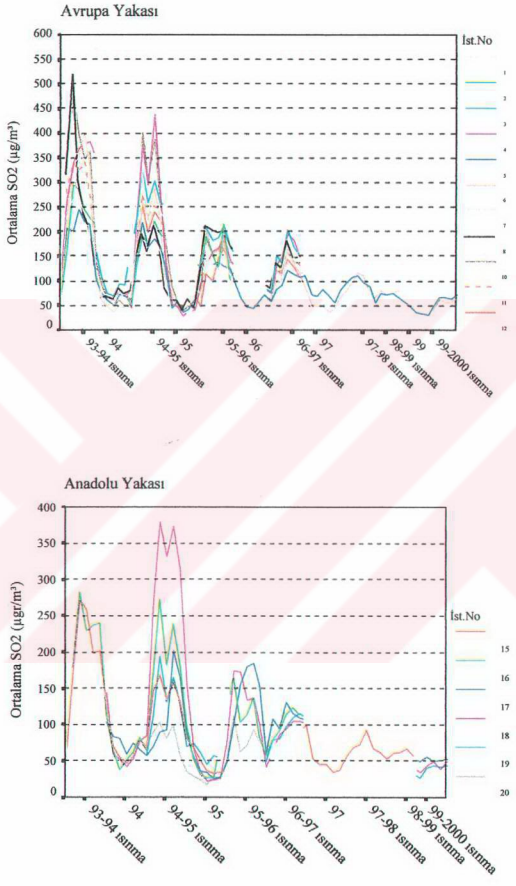
Aylık ortalama konsantrasyonundaki genel trend iki kirletici için Nisan–Ekim arasında düşük kirlilik seviyesini göstermektedir. Yüksek konsantrasyonlar çoğunlukla, Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarındadır. En yüksek SO_2 değerleri Avrupa yakasında 1993 Ocak, Aralık ve 1995 Şubat iken Anadolu yakasında 1994 Ocak, 1995 Şubat aylarında görülmüştür. En yüksek APM değerleri ise Avrupa yakasında 1993 Ocak, 1996 Şubat aylarında ve Anadolu yakasında 1995 Kasım ve 1996 Şubat aylarında bulunmuştur. Her iki kirleticinin konsantrasyon seviyesinin Anadolu yakasında Avrupa'ya göre daha az olduğu gözlemlenmiştir.

6.3.3. Mevsimsel analiz

Kirlilik seviyelerinin aylık ortalamaları 17 istasyon için 1993-1994 ısınma sezonundan 1999-2000 ısınma sezonuna kadar mevsimsel değişimi gözlemlemek amacı ile ısınmanın olmadığı mevsimi de kapsayacak şekilde Şekil 6.5'de verilmiştir. Her iki kirleticinin de ısınma mevsiminde gösterdiği yüksek kirlilik seviyelerine ait trendin temel sebebi evsel ısınma olabilir. Şekil 6.5'den görülebileceği gibi ısınma mevsimi dışındaki aylarda SO_2 konsantrasyonu çok fazla değişiklik göstermemiştir.

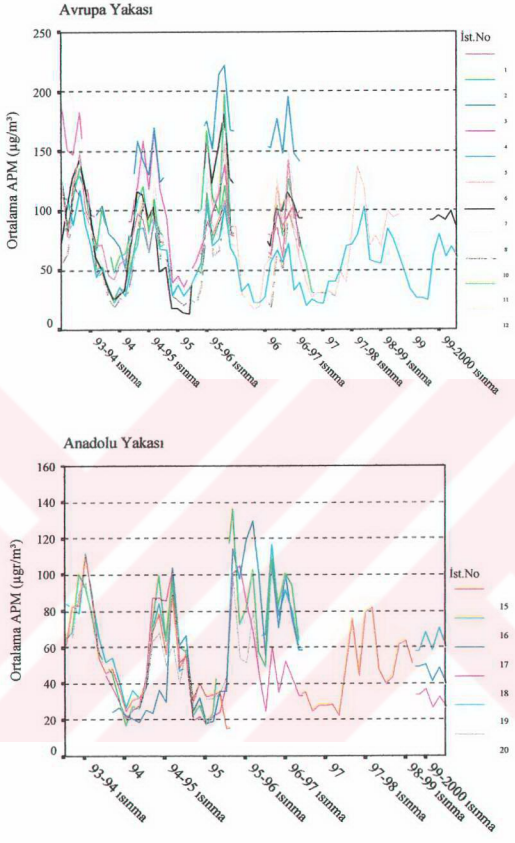
Mevsimsel olarak incelendiğinde her iki yaka için de SO_2'deki azalan değişimin APM' deki değişime nazaran daha hızlı olması dikkat çekicidir. Son 2-3 yıllık periyotta her iki yakada da SO_2'nin değişimi $60\mu g/m^3$ civarında seyretmektedir. Anadolu yakasında 94-95 ısınma mevsiminde 365 $\mu gr/m^3$ aylık ortalama değer ile Göztepe (İst.No 18) istasyonu en yüksek SO_2 değerine sahiptir. Avrupa yakasında ise aynı ısınma mevsimi için 450 $\mu gr/m^3$ aylık ortalama değer ile Gaziosmanpaşa (İst. No 4) istasyonunda en yüksek SO_2 değeri gözlenmiştir. İncelenen tüm ısınma mevsimleri içinde en yüksek SO_2 konsantrasyonu 510 $\mu gr/m^3$ aylık ortalama ile

1993-94 ısınma mevsiminde Şişli (İst. No 10) ve Eminönü (İst. No 8) istasyonunda gözlenmiştir (Şekil 6.5).



(a)

Şekil 6.5. 1993-2000 yılları arasında (a) SO_2 ve (b) APM'nin mevsimsel değişimi



(b)

Şekil 6.5. devam

Bu çalışmada yedi ardışık ısınma dönemine ait SO_2 ve APM seviyelerinin trendinin belirlenmesi için 1993'den 2000 yılına kadar olan periyot göz önüne alınmıştır. Bu 7 mevsim için karşılaştırma yapıldığında SO_2 seviyesinin bu yedi yıl içinde İstanbul'un her iki yakasında da düştüğü Şekil 6.6 (a) ve (b)' de görülebilmektedir.

Avrupa yakasında 93-94 ısınma mevsiminde tüm istasyonlarda SO_2 konsantrasyonu, 200-400µg/m³ arasında değişirken 96-97 ısınma mevsiminde 100-150µg/m³ değerleri

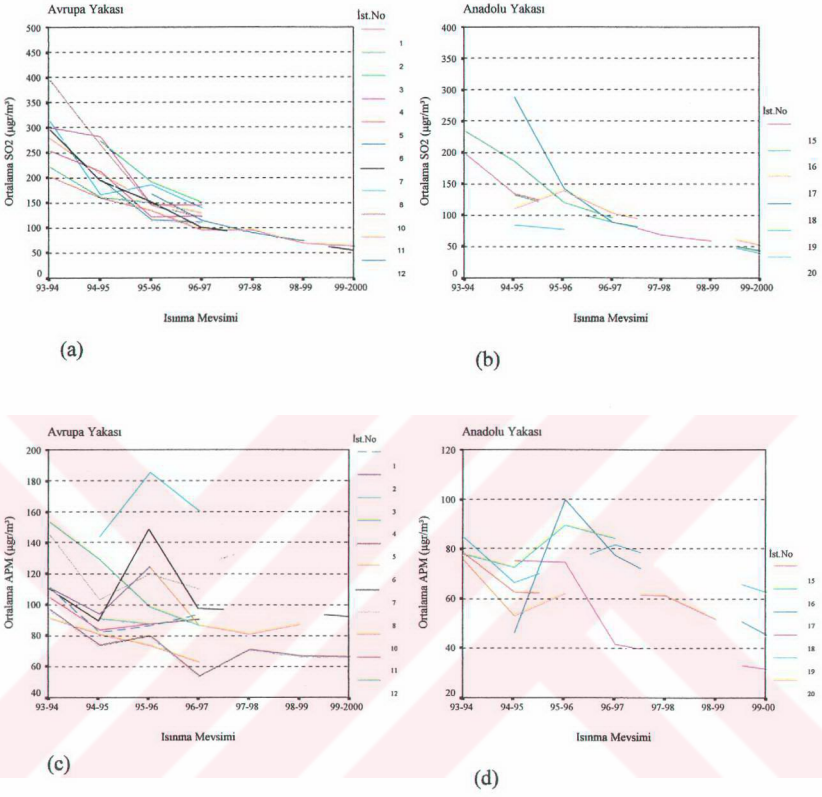
arasındadır. Bu değerler takip eden ısınma mevsimlerinde de azalarak 1999-2000 döneminde 50μg/m³ seviyelerine düşmüştür. 1997 yılı sonrasında istasyon ve ölçüm yapılan gün sayısında azalış sebebiyle 97-98, 98-99, 99-2000 dönemleri bu yakada yalnızca iki istasyon göze alınarak incelenmiştir.

Anadolu yakasında ise 93-94 döneminde 200-250μg/m³ arasında değişen SO_2 konsantrasyonları, 96-97 döneminde 90-100μg/m³ değerlerine ve 99-2000 ısınma döneminde ise 50μg/m³' ün altına kadar inmiştir. 99-2000 ısınma dönemi ancak 3 istasyon ile temsil edilebilmiştir. Düşüş trendi 96-97, 97-98 ve 98-99 dönemlerinde yalnızca 15 nolu Üsküdar istasyonu ile temsil edilmiş ve bir düşüş gözlenmiştir.

Avrupa yakasında APM konsantrasyon aralığı 93-94 döneminde yaklaşık olarak 90-150 μg/m³' dan 96-97 döneminde yaklaşık 50-110μg/m³ aralığına inmiştir. 99-2000 döneminde ise 65-90 μg/m³ aralığında olduğu görülmüştür (Şekil 6.6 (c)) .

Anadolu yakasında ise APM konsantrasyonu mevsim ortalaması 93-94 döneminde 70-85μg/m³ aralığında iken, 96-97 döneminde yine maksimum sınır 80 civarı olacak şekilde 40-80μg/m³ aralığında seyretmiş ve 99-2000 döneminde, 3 istasyon verisine dayalı olarak, 30-60 μg/m³ aralığında bulunmuştur (Şekil 6.6 (d)).

APM konsantrasyonlarındaki genel düşüş trendine rağmen 95-96 ısınma mevsiminde Avrupa yakasında 180μg/m³ değeriyle 3'nolu Bayrampaşa ve 150μg/m³ değeriyle 7'nolu Fatih istasyonlarında ve Anadolu yakasında 100μg/m³ değeriyle Kadıköy ve 90μg/m³ değeriyle Ümraniye istasyonlarında 93-94, 94-95 ısınma mevsimlerine nazaran daha yüksek konsantrasyonlar gözlenmiştir.



Şekil 6.6. Her iki yakada (a), (b) SO_2 ve (c), (d) APM konsantrasyonlarının 1993-2000 yılları arasında ısınma mevsimindeki değişimi.

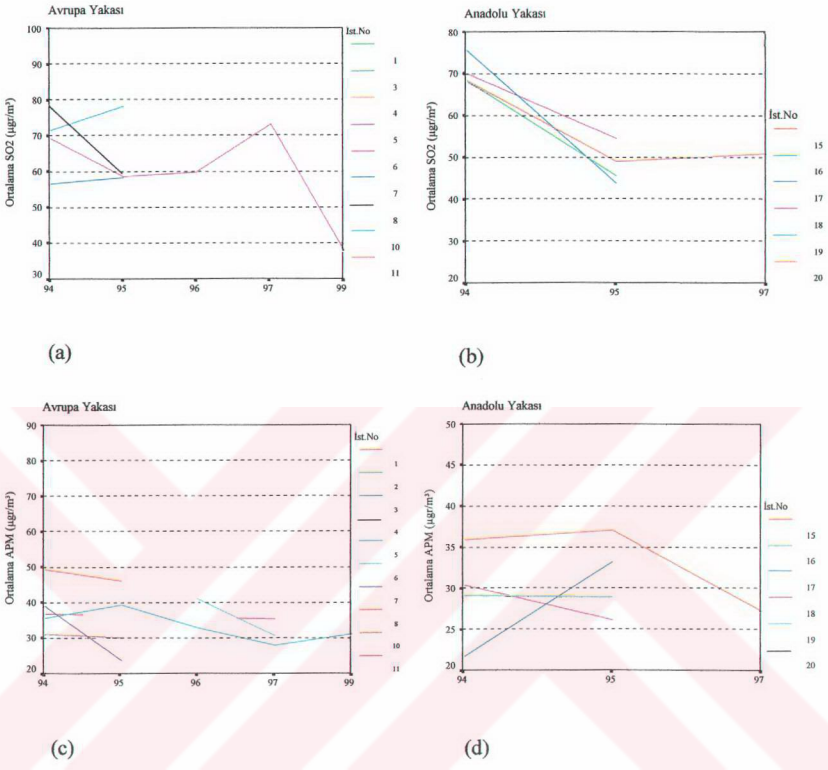
Isınma mevsimleri dışında kalan periyotta (Nisan-Eylül) hem Avrupa ve hem de Anadolu yakasında her iki kirleticinin ölçülen konsantrasyon seviyelerinin trendleri bölüm 6.1' de belirtilen yıllar için incelenmiştir.

Altı ayrı ısınma dışı dönem içinde Avrupa yakasında SO_2 konsantrasyonu 1994 yılında tüm istasyonlarda 55-80µg/m³ değişim aralığı 1995 yılında 55-60µg/m³ aralığında değişmekte ve maksimum 60µg/m³ SO_2 konsantrasyonu görülmektedir. Anadolu yakasında 1994 ve1997 yılları arasında ısınma dışı dönem incelendiğinde 1994-95 yılları arasında bir düşüş gözlenmiştir; istasyonlarda 94 yılında 65-75µg/m³

arasında ölçülen SO_2 konsantrasyon aralığı 95 yılında 45-55μg/m³ aralığındadır. Şekil 6.7 (a) ve (b)'de görüldüğü gibi 1995 yılı sonrasında Avrupa yakasında 1999 yılına kadar yalnızca 5'nolu Zeytinburnu istasyonunda ve Anadolu yakasında 1997 yılına kadar sadece 15'nolu Üsküdar istasyonunda ısınma dışı dönem gözlenebilmektedir. 1999 yılında SO_2 konsantrasyonu 5'nolu istasyonda 37μg/m³, 1997 yılında 15'nolu istasyonda ise 50μg/m³ olarak görülmüştür.

APM konsantrasyonu (Şekil 6.7 (c) ve (d)) ise Avrupa yakasında 1994 yılı ısınma mevsimi dışında kalan dönem için 30-50μg/m³ aralığında , Anadolu yakasında 22,5-36μg/m³ aralığındadır. 1995 yılında Avrupa yakasında APM konsantrasyonu 25-45 μg/m³ aralığında, Anadolu yakasında 25-38 μg/m³ aralığında değişmektedir. Bu değerlerden görülebileceği gibi Avrupa yakasında daha yüksek konsantrasyonlar mevcuttur. Fakat değişim aralığı her iki yaka için de çok büyük farklılık göstermemiştir.

Isınma mevsiminde olduğu gibi yine Avrupa yakasında yüksek SO_2 konsantrasyon gözlemi bu yakada endüstriiyel sabit kaynakların diğer yakaya göre fazlalığını göstermektedir.



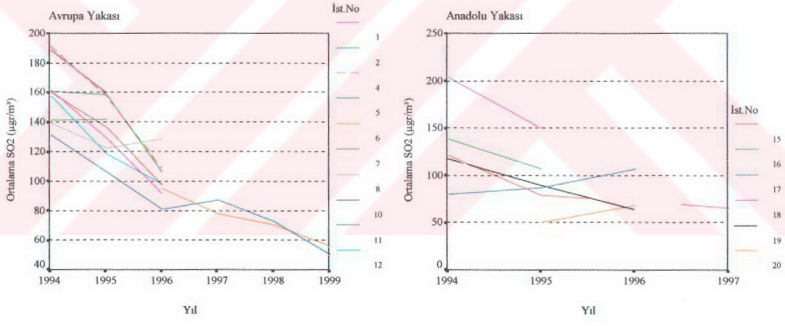
Şekil 6.7. Her iki yakada (a), (b) SO_2 ve (c), (d) APM konsantrasyonlarının 1993-2000 yılları arasında ısınmanın olmadığı dönemde olan değişimleri.

Hem ısınma mevsimi hem de ısınmanın olmadığı dönem için kirletici konsantrasyon seviyeleri Anadolu yakasında Avrupa yakasından daha düşüktür. HKKY'de ısınma mevsimi için ortalama kirletici konsantrasyonları SO_2 için 250 $\mu g/m^3$ ve APM için 200 $\mu g/m^3$ olarak verilmiştir. Isınma mevsimini bu standart kapsamında irdelersek 1993-1994 ısınma mevsiminde SO_2 konsantrasyonun Avrupa yakasında hemen hemen her istasyonda, Anadolu yakasında ise sadece 18'nolu Göztepe istasyonunda, 94-95 ısınma mevsiminde Avrupa yaksında 3, 4 ve 10'nolu istasyonlarda ve Anadolu yakasında ise 18'nolu istasyonda HKKY' de verilen sınır değerleri aştığı

gözlenmiştir (Şekil 6.6 (a) ve (b)). APM konsantrasyonunda ise incelenen yedi ısınma mevsiminde her iki yakada da sınır değerlerin aşılmadığı görülmüştür (Şekil 6.6 (c) ve (d)).

6.3.4. Yıllık analiz

SO_2 ve APM'nin yıllık değişimi şehrin Anadolu ve Avrupa yakasında toplam 16 istasyon dikkate alınarak incelenmiş ve değişimler SO_2 için Şekil 6.8'de ve APM için ise Şekil 6.9 da gösterilmiştir. 1992 ve 1993 yıllarında hiçbir istasyonda yıllık ölçüm sayısı analiz kabulüne uymadığı için bu yıllar yıllık analize dahil edilmemiştir. 1994 ve 1995 yıllarında 13 istasyon, 1997 yılında ise Zeytinburnu (İst.No: 5), Eyüp (İst.No: 6), Üsküdar (İst.No: 15) istasyonları, 1998 ve 1999 yıllarında ise sadece 2 istasyon; Zeytinburnu (İst.No:5) ve Eyüp (İst.No 6) istasyonları yıllık trend analizine dahil edilmiştir. 1997 yılı sonrası verilerin düzenli ve tam olmayışı, yıllık trend analizinin yorumlanmasını güçleştirmektedir.



Şekil 6.8. SO_2 konsantrasyonunun Avrupa ve Anadolu yakasında yıllık değişimleri .

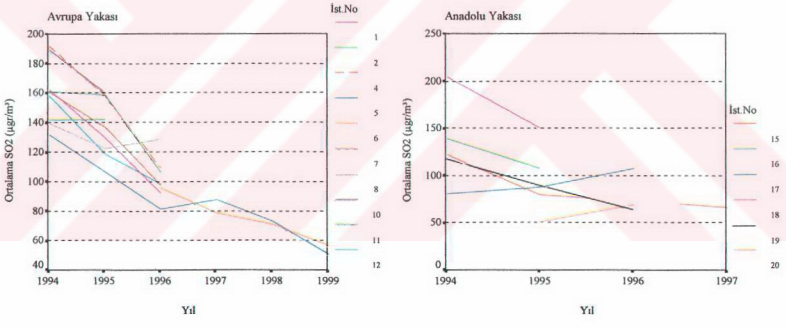
SO_2 yıllık konsantrasyonu 1994-96 yılları arasında tüm istasyonlarda Avrupa yakasında yaklaşık %40, Anadolu yakasında %25 azalış göstermiştir Avrupa yakasında bulunan 5'nolu Zeytinburnu ve 6'nolu Eyüp istasyonlarında ise 1994 yılından 1999 yılına kadar yaklaşık %65 azalma gözlenmiştir (Şekil 6.8).

Bunun yanı sıra Şekil 6.9'da verilen APM konsantrasyonlarından görüldüğü gibi Anadolu yakasında 1995 yılından sonra 17'nolu Kadıköy istasyonunda % 26'lık bir artış olurken Avrupa yakasında 5 ve 6'nolu istasyonlarda ise azalma meydana

gözlenmiştir (Şekil 6.6 (a) ve (b)). APM konsantrasyonunda ise incelenen yedi ısınma mevsiminde her iki yakada da sınır değerlerin aşılmadığı görülmüştür (Şekil 6.6 (c) ve (d)).

6.3.4. Yıllık analiz

SO_2 ve APM'nin yıllık değişimi şehrin Anadolu ve Avrupa yakasında toplam 16 istasyon dikkate alınarak incelenmiş ve değişimler SO_2 için Şekil 6.8'de ve APM için ise Şekil 6.9 da gösterilmiştir. 1992 ve 1993 yıllarında hiçbir istasyonda yıllık ölçüm sayısı analiz kabulüne uymadığı için bu yıllar yıllık analize dahil edilmemiştir. 1994 ve 1995 yıllarında 13 istasyon, 1997 yılında ise Zeytinburnu (İst.No: 5), Eyüp (İst.No: 6), Üsküdar (İst.No: 15) istasyonları, 1998 ve 1999 yıllarında ise sadece 2 istasyon; Zeytinburnu (İst.No:5) ve Eyüp (İst.No 6) istasyonları yıllık trend analizine dahil edilmiştir. 1997 yılı sonrası verilerin düzenli ve tam olmayışı, yıllık trend analizinin yorumlanmasını güçleştirmektedir.

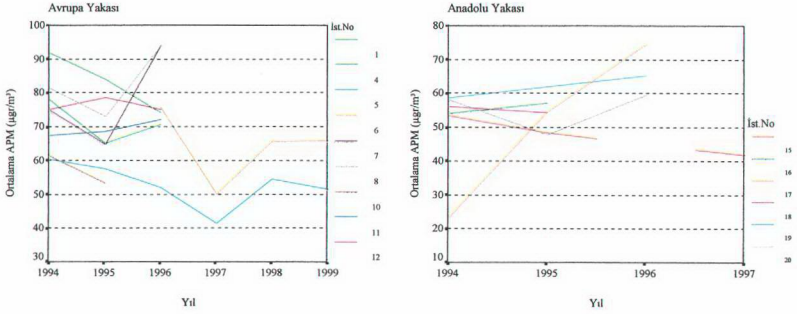


Şekil 6.8. SO_2 konsantrasyonunun Avrupa ve Anadolu yakasında yıllık değişimleri .

SO_2 yıllık konsantrasyonu 1994-96 yılları arasında tüm istasyonlarda Avrupa yakasında yaklaşık %40, Anadolu yakasında %25 azalış göstermiştir Avrupa yakasında bulunan 5'nolu Zeytinburnu ve 6'nolu Eyüp istasyonlarında ise 1994 yılından 1999 yılına kadar yaklaşık %65 azalma gözlenmiştir (Şekil 6.8).

Bunun yanı sıra Şekil 6.9'da verilen APM konsantrasyonlarından görüldüğü gibi Anadolu yakasında 1995 yılından sonra 17'nolu Kadıköy istasyonunda % 26'lık bir artış olurken Avrupa yakasında 5 ve 6'nolu istasyonlarda ise azalma meydana

gelmiştir. Bu istasyonlarda 1997 yılından sonra sırasıyla %27- 23lik bir artış olmuş ve 1998' den sonra azalarak 52-65µg/m³değerlerine ulaşmıştır.



Şekil 6.9. APM konsantrasyonunun Avrupa ve Anadolu yakasındaki yıllık değişimi

Yıllık ortalama SO_2 konsantrasyon seviyesi 1994 yılından 1996 yılına kadar hızlı ve sonrasında 1999 yılına kadar yavaş olarak azalmış APM seviyesi ise 1994 yılından 1999 yılına kadar yavaş bir azalış göstermiştir (Şekil 6.8-9 ve Tablo 6.2 (a)-(b)) Maksimum konsantrasyon değerleri de aynı azalışı takip etmektedir (Tablo 6.2).

Tablo 6.2. Tüm istasyonlardaki; (a) SO_2 ve (b) APM ölçümlerinin yıllık ortalama, minimum, maksimum ve standard sapma değerleri

(a)

SO2 (mik.gr./m3)

Yıl	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
1994	4520	4	1407	151.24	154.76
1995	4419	8	1088	117.98	121.55
1996	2939	11	703	95.12	67.45
1997	978	12	356	76.66	41.54
1998	494	18	234	71.22	35.10
1999	538	13	184	52.23	27.39

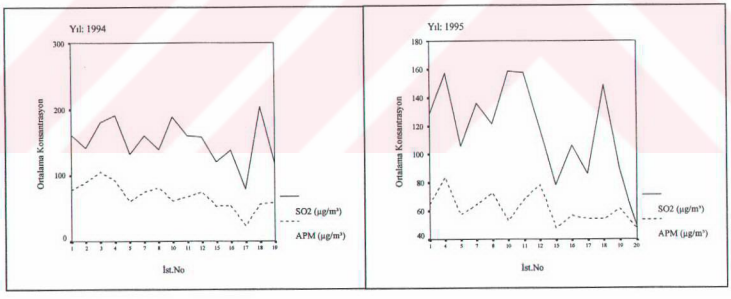
(b)

APM (mik.gr/m3)

Yıl	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
1994	4607	4	508	68.29	60.98
1995	4208	8	711	61.04	56.10
1996	3106	5	819	73.06	61.15
1997	977	4	285	43.93	40.55
1998	494	7	340	59.52	51.85
1999	538	10	327	57.51	52.40

1994 yılından 1999 yılına kadar her bir istasyondaki SO_2 ve APM nin yıllık ortalama değişimi incelenmiştir. Şekil 6.10'da 1994 ve 1995 yıllarındaki, Şekil A.1'de ise 1996-99 yılları arasındaki SO_2 ve APM'nin yıllık ortalama değişimleri verilmiştir. Her iki kirleticinin 1994 yılından 1996 yılına kadarki dönemde hemen hemen tüm istasyonlarda paralel hareket ettiği gözlenmiştir. Sadece 1994 ve 1995 yıllarında 10 nolu (Şişli) istasyonunda SO_2 nin yükselmesine karşın APM nin azaldığı gözlenmiştir (Şekil 6.10 (a) ve (b)). Bu ilçede yakıt tüketiminde doğal gaz kullanımı SO_2 ve kömür kalitesinde iyileşme APM konsantrasyonlarını daha da azaltmış olabilir.

1997 yılında 3 istasyon (5, 6, 15 nolu istasyonlar) ile 1998 ve 1999 yıllarında ise 2 istasyonda (5 ve 6 nolu) yıllık ortalama konsantrasyon hesaplanabilmiştir. 1997 ve 1998 yılların da 6 nolu Eyüp istayonunda SO_2 azda olsa azalırken APM artmış ve 1999 yılında yine aynı istasyonda her iki kirletici seviyesi de yükselmiştir. Bu bölgede iyi kalitede kömür kullanımına uyulmaması SO_2'yi ve trafik yoğunluğu APM konsantrasyonunda artışa sebep olduğu söylenebilir (Şekil A.1).



(a) (b)

Şekil 6.10. Tüm istasyonlarda yıllık ortalama SO_2 ve APM değişimi; (a) 1994 yılı, (b) 1995 yılı

Tablo 6.3'de SO_2 ile APM arasında 1994 yılı ile 1999 yılları arasında istasyonlardaki yıllık konsantrasyonlar arasında %99 anlamlılıkta 0.457 seviyesinde pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu ilişki 1994-96 yılları arasında ise çok daha kuvvetlidir (korelasyon katsayısı: 0.7 dir)

Tablo 6.3. 1994-1999 yılları arasında istasyonlarda ölçülen SO_2 ve APM'nin yıllık ortalama konsantrasyonları arasındaki korelasyon

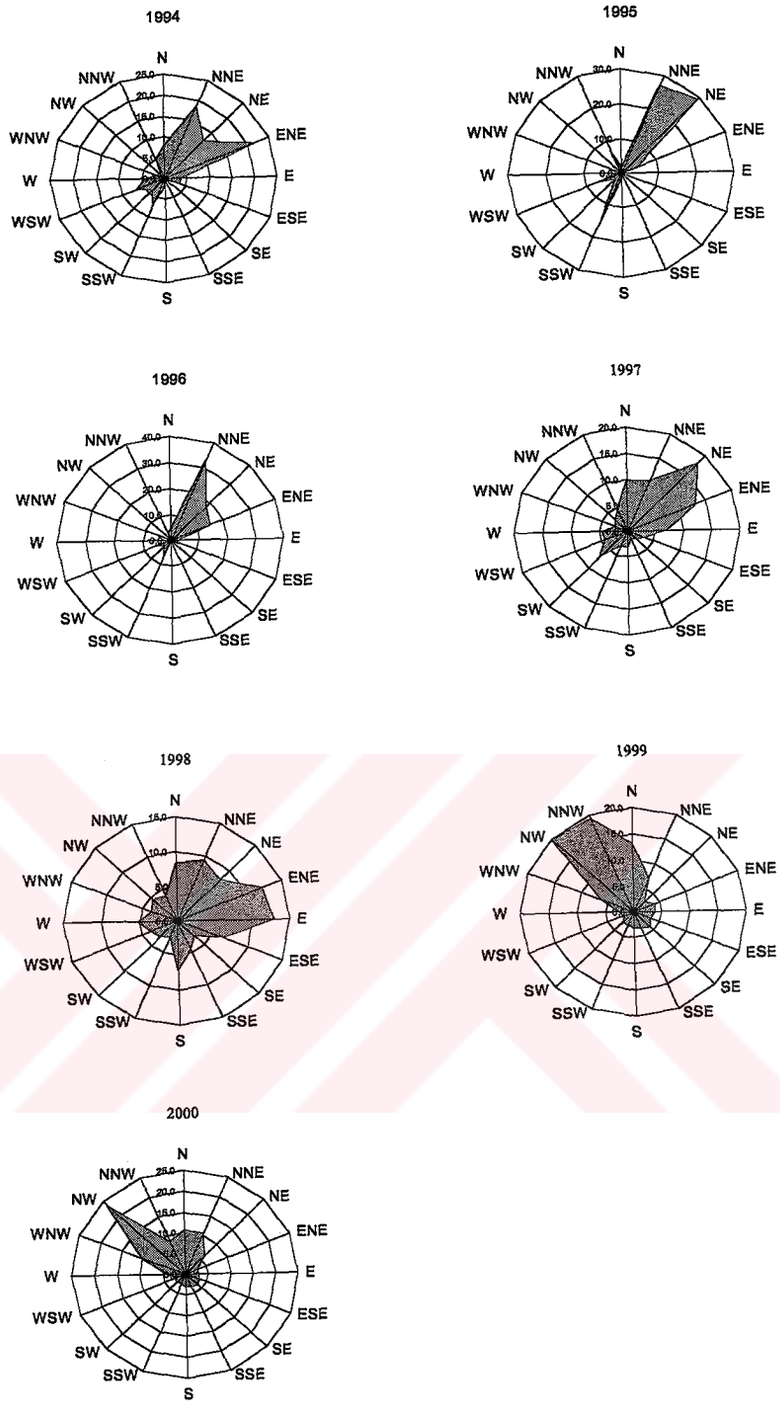
		SO_2 (µg/m³)	APM (µg/m³)
SO_2 (µg/m³)	Pearson Korelasyon	1,000	0,457**
APM (µg/m³)	Pearson Korelasyon	0,457**	1,000

** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlı

6.4. Hava Kirliliği Seviyeleri ve Meteorolojik Faktörler İle İlişkiler

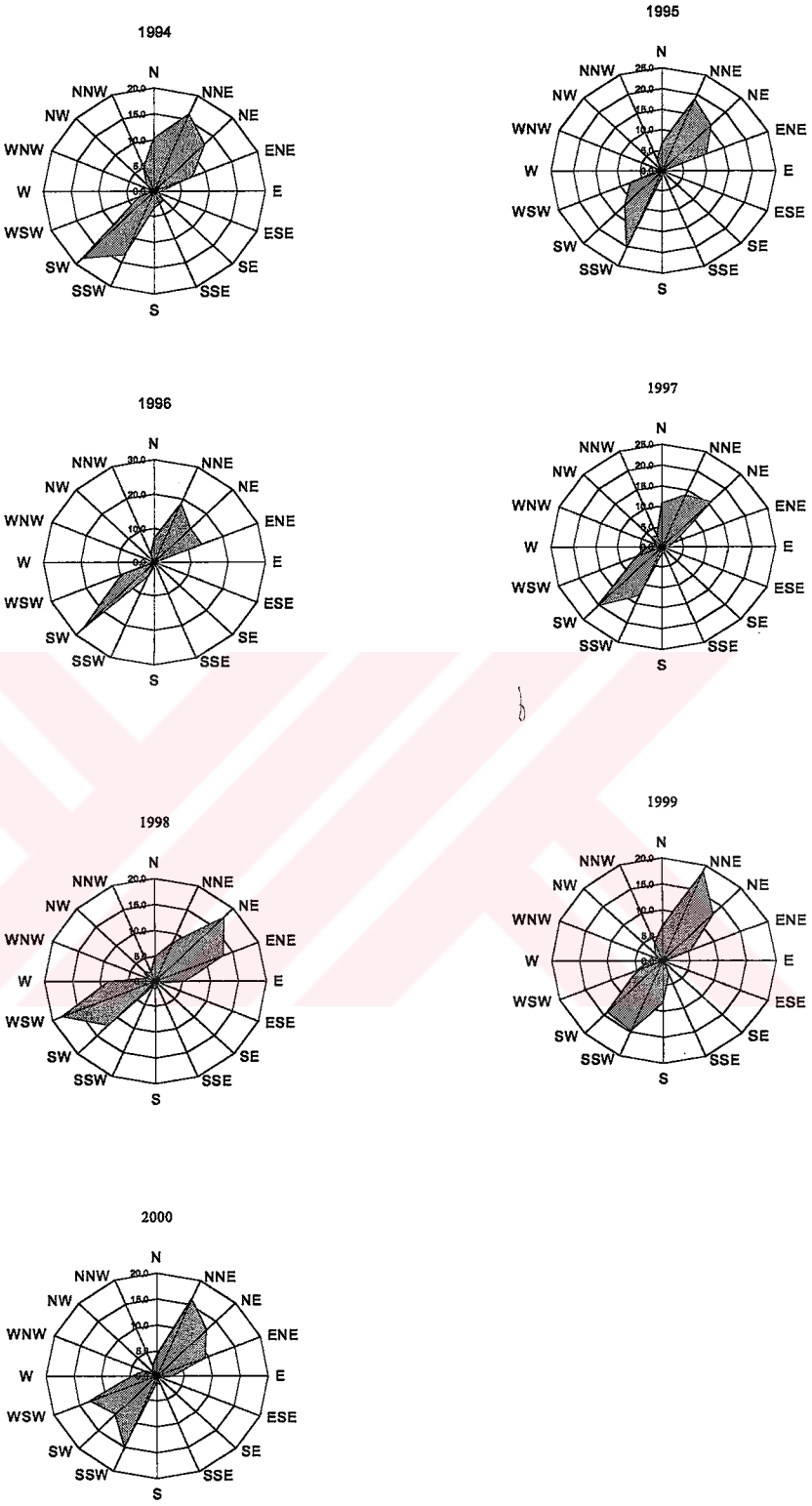
6.4.1. Genel meteorolojik özellikler

Bölüm 6.1'de belirtilen iki istasyondaki meteorolojik verinin analizi için öncelikle istasyonların yıllık ortalama rüzgar şiddeti, hava sıcaklığı, basınç, bağıl nem ve yağış miktarı hesaplanmıştır. Ortalama sıcaklık 1993-1996 yılları arasında ve 1997-99 yılları arasında her iki yakada da yaklaşık 13–15°C arasındadır. Ortalama rüzgar şiddeti yine her iki dönem için iki istasyonda da 2-2.5 m/s arasındadır. Ortalama rüzgar şiddeti Anadolu yakasında Avrupa yakasından biraz daha yüksektir. Ortalama yıllık basınç iki dönem için her iki yakada yaklaşık 1011–1012 mb ve bağıl nem ise 1994-96 yılları arasında %73–77, 1997-99 yılları arasında biraz yüksek olarak %75-80 arasındadır. (Tablo 6.4 ve 6.5) Maksimum rüzgar şiddeti 7 m/s, sıcaklık 27–28°C, basınç 1030 mb ve bağıl nem ise % 93–97 civarındadır. Ayrıca her iki istasyonda da 1994-2000 periodunda hakim rüzgar yönü Kuzeydoğu ve Güneybatı olarak hesaplanmıştır. Florya meteoroloji istasyonunda baskın rüzgar yönünün 1999 ve 2000 yıllarında diğer yıllardan ve Göztepe meteoroloji istasyonundan farklı olarak Kuzeybatıdan estiği belirlenmiştir. Şekil 6.11'de 1994-2000 yılları arasındaki her iki istasyona ait rüzgar gülleri verilmiştir.



(a)

Şekil 6.11. 1994-2000 yılları arasındaki rüzgar gülleri; (a) Florya istasyonu, (b) Göztepe istasyonu



(b)

Şekil 6.11. devam

Tablo 6.4. Avrupa yakasında Florya istasyonunda meteorolojik elemanların ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma degerleri

Yıl:1994	**Rüz. Şiddeti (m/s)**	**Sıcaklık (°C)**	**Basınç (mbar)**	**B.Nem (%)**	**Yağış (mm)**
Ölçüm gün sayısı	321	365	365	365	359
Minimum	.02	-.09	995.43	41	.00
Maksimum	5.42	27.60	1028	94	50
Ortalama	2.15	15.25	1012.17	73.43	1.69
Standart Sapma	1.02	7.5	5.55	9.80	5.16
Yıl:1995					
Ölçüm gün sayısı	365	365	365	365	363
Minimum	.60	.51	998.63	50	.00
Maksimum	6.97	26.19	1029.17	92	28.80
Ortalama	2.23	14.57	1011.89	74.90	1.69
Standart Sapma	1.05	7.26	6.26	8.60	4.35
Yıl:1996					
Ölçüm gün sayısı	305	305	304	305	334
Minimum	.45	-1.32	990.03	49	0
Maksimum	4.94	27.37	1025.63	93	40
Ortalama	2.18	13.07	1011.50	77.28	1.69
Standart Sapma	.97	7.46	5.67	9.48	4.86
Yıl:1997					
Ölçüm gün sayısı	365	365	365	365	131
Minimum	.3	-2.0	999.1	52.3	.0
Maksimum	5.8	29.6	1030.4	95.0	111.0
Ortalama	2.215	13.779	1012.620	79.162	7.114
Standart Sapma	1.130	7.007	6.538	9.091	13.429
Yıl:1998					
Ölçüm gün sayısı	365	365	365	365	113
Minimum	.2	.0	998.2	47.0	.2
Maksimum	6.3	28.8	1027.0	95.7	66.3
Ortalama	2.158	14.525	1012.177	77.917	6.389
Standart Sapma	1.041	7.501	5.917	9.515	8.646
Yıl:1999					
Ölçüm gün sayısı	365	365	365	365	113
Minimum	.4	.6	995.7	50.3	.0
Maksimum	6.7	28.0	1030.7	93.7	43.8
Ortalama	2.106	15.310	1011.687	75.081	6.143
Standart Sapma	1.043	7.148	6.026	9.086	8.233

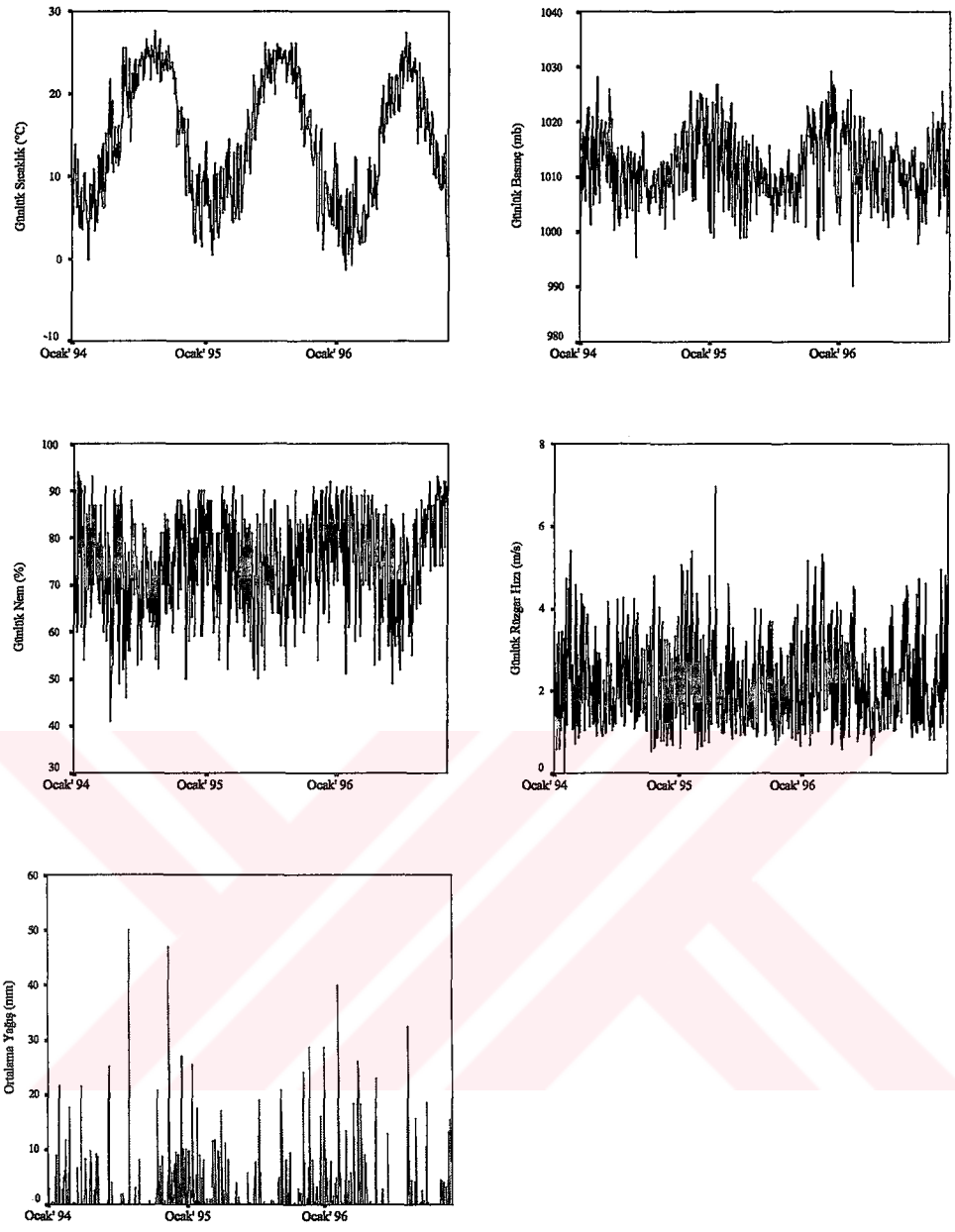
Tablo 6.5. Anadolu yakasında Göztepe istasyonunda meteorolojik elemanların ortalama, minimum, maksimum ve standart sapma degerleri

Yıl:1994	**Rüz.Şiddeti (m/s)**	**Sıcaklık (°C)**	**Basınç (mbar)**	**B.Nem (%)**	**Yağış (mm)**
Ölçüm gün sayısı	335	365	365	365	364
Minimum	.50	-.7	994.9	47	0
Maksimum	6.34	28.0	1028.5	97	32
Ortalama	2.60	15.3	1012.3	75.29	1.74
Standart Sapma	1.18	7.5	5.6	10.45	4.90
Yıl:1995					
Ölçüm gün sayısı	365	365	365	365	365
Minimum	.61	.4	997.4	48	0
Maksimum	6.96	26.8	1030.3	95	68
Ortalama	2.59	14.584	1011.767	74.5	1.92
Standart Sapma	1.09	7.225	6.574	9.02	5.89
Yıl:1996					
Ölçüm gün sayısı	241	244	244	244	244
Minimum	.53	-.3	990.0	43	0
Maksimum	6.80	26.6	1027.3	95	31
Ortalama	2.62	11.3	1012.1	77.2	2.1
Standart Sapma	1.23	7.1	6.3	9.8	5.0
Yıl:1997					
Ölçüm gün sayısı	365	365	365	365	142
Minimum	.3	-3.0	998.5	47.0	.0
Maksimum	7.9	30.0	1031.4	96.3	85.0
Ortalama	2.574	13.67	1012.9	76.1	7.3
Standart Sapma	1.277	6.9	6.703	10.4	12.5
Yıl:1998					
Ölçüm gün sayısı	365	365	365	365	146
Minimum	.4	1.2	997.9	47.3	.0
Maksimum	7.3	28.8	1027.4	96.7	51.4
Ortalama	2.5	14.9	1012.3	76.8	5.7
Standart Sapma	1.2	7.4	6.11	11.3	8.04
Yıl:1999					
Ölçüm gün sayısı	365	365	365	365	127
Minimum	.4	1.3	994.5	49.7	.0
Maksimum	7.7	28.4	1031.1	96.3	44.0
Ortalama	2.4	15.5	1011.7	76.7	6.73
Standart Sapma	1.15	6.87	6.14	9.58	9.05

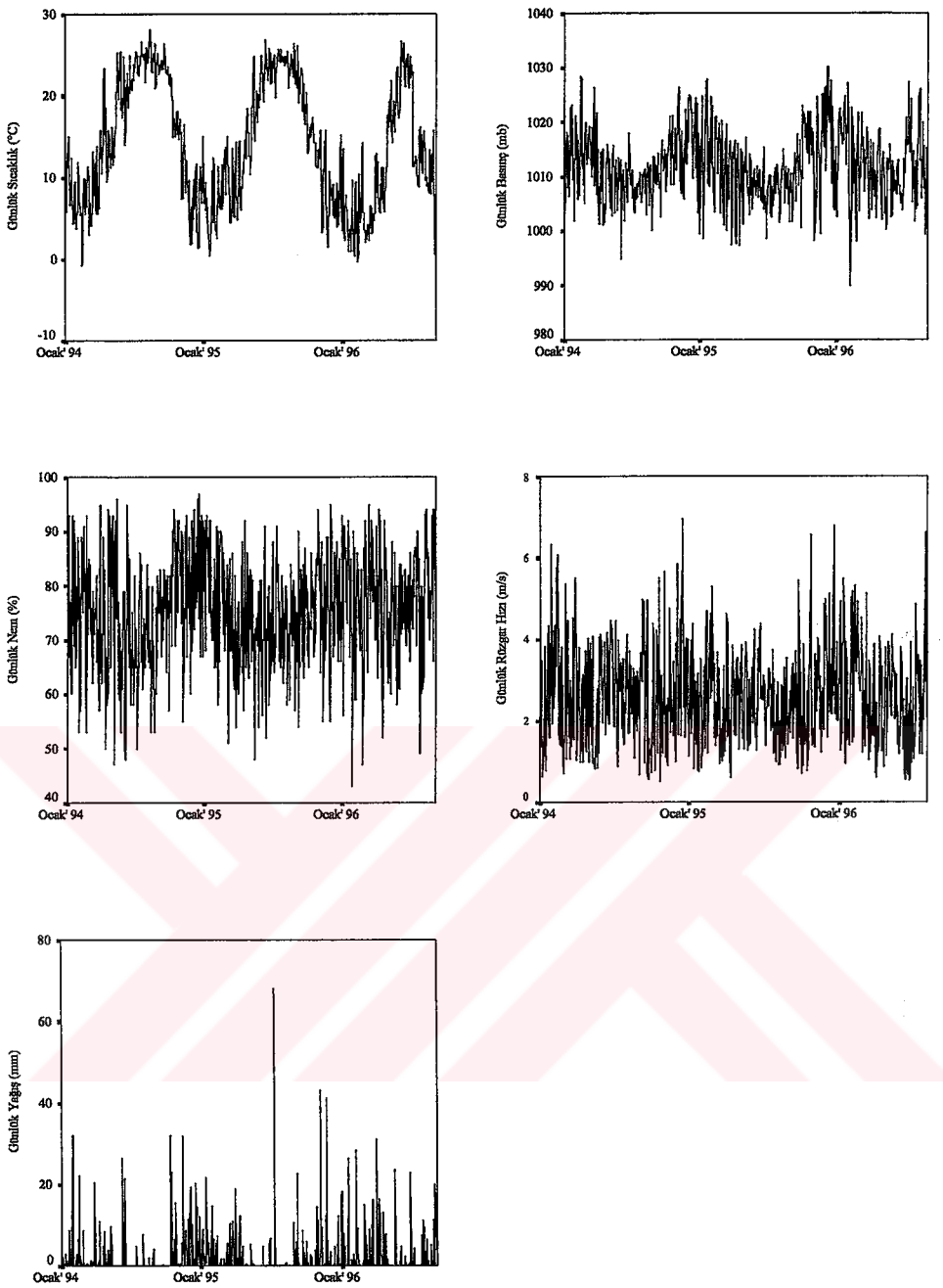
6.4.2. Günlük ortalama hava kirliliği seviyeleri ve meteorolojik faktörler

Mevcut hava kalitesi verileri, günlük ortalama konsantrasyon değerlerini içermektedir. Bundan dolayı saatlik ve sekiz saatlik meteorolojik verilerin günlük ortalama değerleri hesaplanmış ve korelasyon, ana bileşenler ve çoklu doğrusal regresyon analizlerinde kullanılmıştır. Avrupa yakasındaki Florya meteoroloji istasyonundaki meteorolojik parametrelerin günlük değişimi, Şekil 6.12'de sunulmuştur. Isınma ve ısınmanın olmadığı mevsimler grafiklerdeki salınım trendinden kolaylıkla algılanmaktadır ve iki mevsim kıyaslanır ise ısınma mevsiminde daha düşük sıcaklık, yüksek basınç ve nemliliğin gözlemlendiği Şekil 6.12, Şekil 6.13'den anlaşılabilir. Rüzgar şiddeti, yıllık ortalama civarında seyretmekle beraber ısınma mevsiminde azda olsa bir artış göstermektedir.

Şekil 6.12 ve 6.13'den her iki meteoroloji istasyonununda (Göztepe ve Florya) 1994-1996 yılları arasında meteorolojik parametrelerin hemen hemen benzer bir özellik izlediğini söylemek mümkündür.

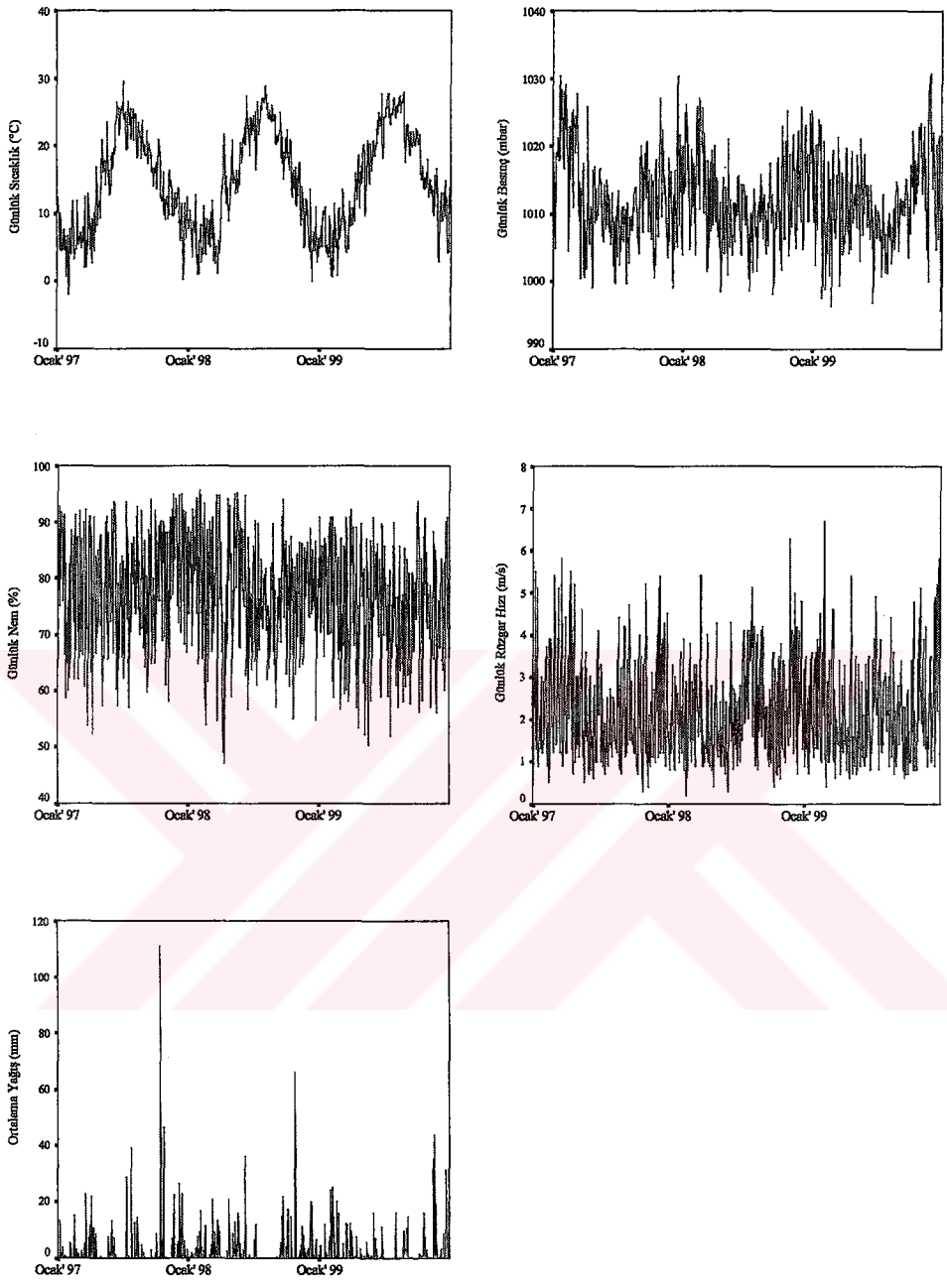


Şekil 6.12. 1994–1996 yılları arasında Florya istasyonda meteorolojik elemanlarda değişim

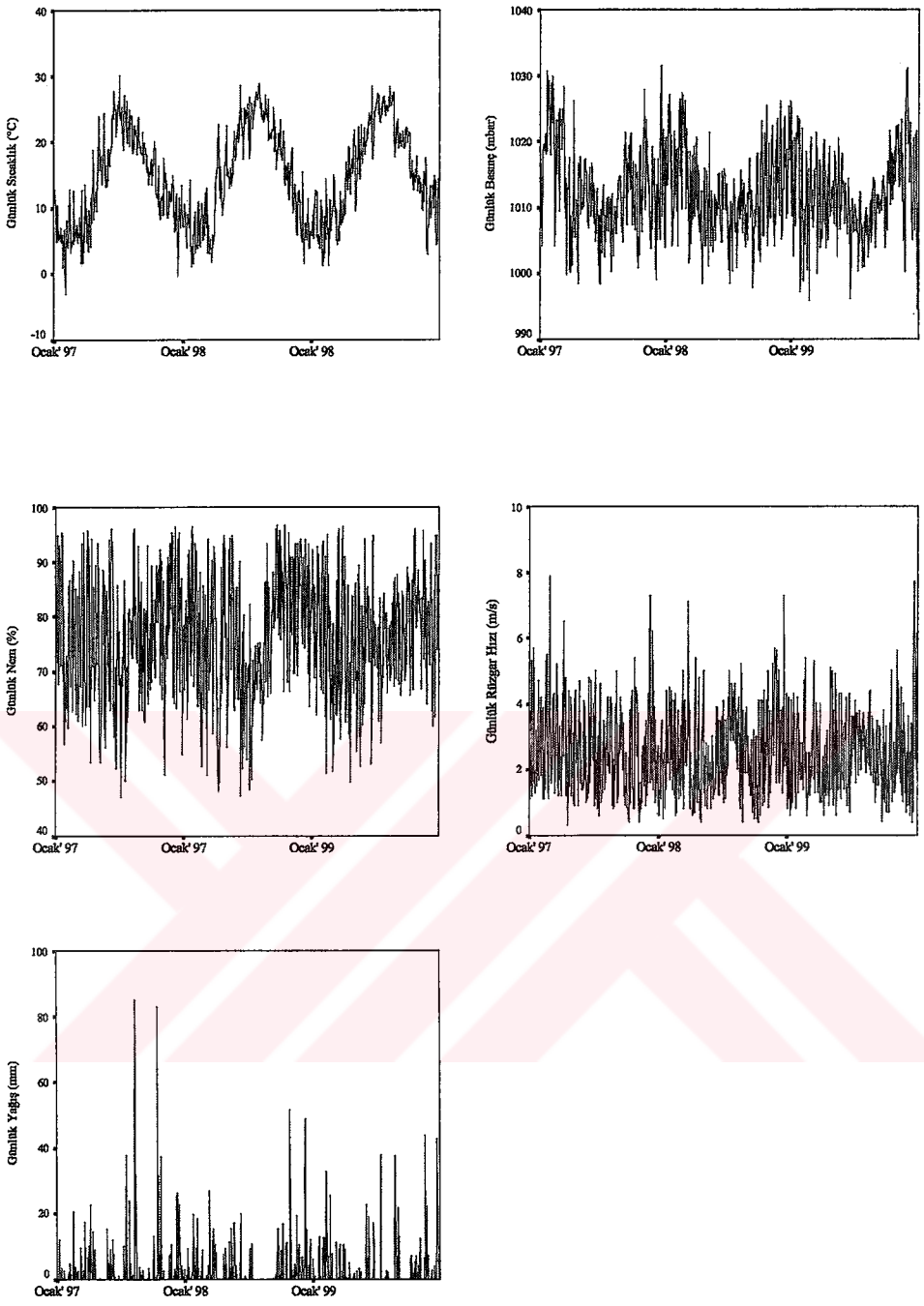


Şekil 6.13. 1994–1996 yılları arasında Göztepe istasyonunda meteorolojik elemanlarda değişim

Şekil 6.14 ve Şekil 6.15 ise, 1997–1999 yılları arasında sırasıyla Florya ve Göztepe istasyonlarında meteorolojik parametrelerin 1994-96 yılları arsasındakine benzer trendi gözlenebilmektedir. Her iki istasyonda dikkate alınan dönemler içinde sıcaklığın ısınma mevsiminde önemli oranda düştüğü, basıncın ve bağıl nemin yükseldiği ve yağış miktarının arttığı Şekil 6.12–15'de görülen genel trendlerden söylenebilir.



Şekil 6.14. 1997–1999 yılları arasında Florya istasyonunda meteorolojik elemanlarda değişim



Şekil 6.15. 1997–1999 yılları arasında Göztepe istasyonunda meteorolojik elemanlarda değişim

6.4.3. Korelasyon analizi

Meteorolojik parametrelerin günlük ortalaması ile kirlilik düzeyi arasındaki bağıntıyı belirleyebilmek üzere Bölüm 6.1.'de belirtilen 1 ve 2 nolu istasyonlarda önce verilerin kartezyen koordinat sistemine yerleştirilmesiyle saçılma diyagramları hazırlanmıştır. İki istasyondaki günlük SO_2 ve APM'nin 1994-96 ve 1997-99 yılları arasında; rüzgar şiddeti, sıcaklık, basınç, bağıl nem ve yağış ile ilişkisi Şekil A.2–9 arasında görülebilir.

Basınç ve sıcaklık, rüzgar şiddeti, bağıl nem ile konsantrasyon arasındaki ilişki saçılma diyagramında yaklaşık olarak düz bir çizgi uyumu göstermektedir (Şekil A.2-9). Saçılma diyagramlarına bakılarak yağışın konsantrasyon seviyesi ile ilişkisinin düşük olduğu söylenebilir. Her iki istasyona ait kirlilik ve meteorolojik değişkenlerin istatistik değerleri (ortalama, standard sapma vb.) 1994-96 ve 1997-99 dönemleri için ayrı ayrı Tablo B.4 ve B.5'de verilmiştir.

Her iki istasyondaki kirlilik düzeyi ve meteorolojik faktörlerin arasındaki doğrusal bağıntı derecesini belirlemek üzere Pearsan korelasyonu uygulanmıştır. Tablo 6.6'da, 1994-96 yılları arasındaki dönem için; 1'nolu istasyonun konsantrasyon değerleri ile rüzgar şiddeti, rüzgar yönü, sıcaklık, basınç, bağıl nem ve yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları hesap sonuçları verilmektedir. Korelasyon katsayıları, istasyon 1'de 0.01'lik anlamlılık seviyesinde rüzgar şiddeti ve SO_2 konsantrasyonu arasındaki düşük bir negatif korelasyona işaret etmektedir. Sıcaklık ve SO_2 konsantrasyonu arasında 0.01 anlamlılık seviyesinde -0.529'lik bir negatif korelasyon vardır.

Sıcaklık ve APM konsantrasyonu arasında da (0.01 anlamlılık düzeyinde) negatif bir korelasyon vardır (–0.35). Basınç ve konsantrasyonlar arasında da aynı önem düzeyinde, düşük pozitif bir korelasyon vardır. Nemlilik ve konsantrasyonlar arasında 0.01 ve 0.05 anlamlılık seviyesinde belirgin bir korelasyon bulunmamaktadır. Aynı anlamlılık düzeylerinde rüzgar yönü ve yağış ile konsantrasyonlar arasında belirgin hiç bir ilişki bulunamamıştır.

Tablo.6.7'de 1994-96 yılları arasındaki dönem için; 2'nolu istasyonda günlük konsantrasyonlar ve meteorolojik faktörler arasındaki korelasyon katsayıları, görülmektedir. 2'nolu istasyonda sıcaklık ve konsantrasyonlar arasında 1'nolu istasyon 'da gözlenen negatif korelasyon –0.55'lik bir değer ile bu istasyondada görülmüştür. Basınç ve konsantrasyonlar arasında 0.01 anlamlılık seviyesinde, düşük

korelasyon vardır. SO_2 ile nemlilik arasında %1, rüzgar şiddeti arasında ise %5'lik anlamlılık seviyesinde düşük korelasyon bulunmaktadır. Rüzgar şiddeti ve APM konsantrasyonu arasında 0.01 anlamlılık düzeyinde düşük negatif korelasyon gözlenmektedir. Rüzgar yönü ve APM arasında aynı anlamlılık düzeyinde, çok düşük bir korelasyon vardır. Bağıl nem ve yağış ile APM arasında 0.01 ve 0.05 anlamlılık düzeylerinde hiçbir belirgin korelasyon gözlenmemiştir. (Tablo 6.7)

Tablo 6.6. 1994-1996 yılları arasında 1'nolu istasyonda günlük konsantrasyonlar ve meteorolojik faktörler arasındaki korelasyon katsayıları.

	SO_2 (µg/m³)	APM (µg/m³)	Sıcaklık (°C)	Basınç (mbar)	B.Nem (%)	Yağış (mm)	Rüz. Şiddeti (m/s)	Rüzgar Yönü
SO_2 (µg/m³)	1.000	.601**	-.529**	.329**	.006	.050	-.173**	.040
APM (µg/m³)	.601**	1.000	-.359**	.270**	.018	.000	-.336**	.031
Sıcaklık (°C)	-.529**	-.359**	1.000	-.397**	-.312**	-.214**	-.068	-.064
Basınç (mbar)	.329**	.270**	-.397**	1.000	-.058	-.056	-.021	-.185*
B.Nem (%)	.006	.018	-.312**	-.058	1.000	.197**	-.059	-.020
Yağış (mm)	.050	.000	-.214**	-.056	.197**	1.000	.078*	.071*
Rüz. Şiddeti (m/s)	-.173**	-.336**	-.068	-.021	-.059	.078*	1.000	-.105**
Rüzgar Yönü	.040	.031	-.064	-.185**	-.020	.071*	-.105**	1.000

** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlı
* Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlı

Tablo 6.7. 1994-1996 yılları arasında 2'nolu istasyonda günlük konsantrasyonlar ve meteorolojik faktörler arasındaki korelasyon katsayıları.

	SO_2 (µg/m³)	APM (µg/m³)	Sıcaklık (°C)	Basınç (mbar)	B.Nem (%)	Yağış (mm)	Rüz. Şiddeti (m/s)	Rüzgar Yönü
SO_2 (µg/m³)	1	.648**	-.551**	.361**	.112**	.047**	-.068*	.088**
APM (µg/m³)	.648**	1	-.458**	.332**	.050	.003	-.258**	.163**
Sıcaklık (°C)	-.551**	-.458**	1	-.457**	-.323**	-.223**	-.166**	-.041
Basınç (mbar)	.361**	.332**	-.457**	1	.110**	-.016**	.062	-.161**
B.Nem (%)	.112**	.050	-.323**	.110**	1	.282	.213**	-.119**
Yağış (mm)	.047	.003	-.223**	-.016	.282	1	.226**	-.016
Rüz. Şiddeti (m/s)	-.068*	-.258**	-.166**	.062	.213	.226**	1	-.546**
Rüzgar Yönü	.088**	.163**	-.041	-.161**	-.119**	-.016**	-.546**	1

** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlı
* Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlı

Tablo 6.8. 1997-1999 yılları arasında 1'nolu istasyonda günlük konsantrasyonlar ve meteorolojik faktörler arasındaki korelasyon katsayıları.

	SO_2 (µg/m³)	APM (µg/m³)	Sıcaklık (°C)	Basınç (mbar)	B.Nem (%)	Yağış (mm)	Rüz. Şiddeti (m/s)	Rüzgar Yönü
SO_2 (µg/m³)	1	.565**	-.539**	.360**	.048	-.008	-.031	-.197**
APM (µg/m³)	.565**	1	-.412**	.406**	.132**	-.043	-.232**	-.080
Sıcaklık (°C)	-.539**	-.412**	1	-.552**	-.129**	-.056	-.169**	-.007
Basınç (mbar)	.360**	.406**	-.552**	1	-.094	-.133**	-.030	-.085
B. Nem (%)	.048	.132**	-.129**	-.094	1	.168**	-.142**	.095
Yağış (mm)	-.008	-.043	-.056	-.133**	.168**	1	.024	-.002
Rüz.Şiddeti (m/s)	-.031	-.232**	-.169**	-.030	-.142**	.024	1	-.158**
Rüzgar Yönü	-.197**	-.080	-.007	-.085	.095	-.002	-.158**	1

** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlı
* Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlı

Tablo 6.9. 1997-1999 yılları arasında 2'nolu istasyonda günlük konsantrasyonlar ve meteorolojik faktörler arasındaki korelasyon katsayıları.

	SO_2 (µg/m³)	APM (µg/m³)	Sıcaklık (°C)	Basınç (mbar)	B. Nem (%)	Yağış (mm)	Rüz. Şiddeti (m/s)	Rüzgar yönü
SO2 (µg/m³)	1	.390**	-.398**	.222**	-.066	-.052	-.151**	.180**
APM (µg/m³)	.390**	1	-.248**	.238**	.032	-.060	-.321**	.170**
Sıcaklık (°C)	-.398**	-.248**	1	-.513**	-.336**	-.154**	-.108*	-.047
Basınç (mbar)	.222**	.238**	-.513**	1	.016	-.076	.098*	-.150**
B. Nem (%)	-.066	.032	-.336**	.016	1	.243**	.216**	-.186**
Yağış (mm)	-.052	-.060	-.154**	-.076	.243**	1	.143**	.047
Rüz. Şiddeti (m/s)	-.151**	-.321**	-.108*	.098*	.216**	.143**	1	-.525**
Rüzgar yönü	.180**	.170**	-.047	-.150**	-.186**	.047	-.525**	1

** Korelasyon 0,01 seviyesinde anlamlı
* Korelasyon 0,05 seviyesinde anlamlı

1997-99 döneminde 1'nolu istasyonda 0.01 anlamlılık seviyesinde SO_2 ve APM'nin sıcaklıkla arasında sırasıyla 0.53 ve 0.41'lik negatif basınç ile 0.36 ve 0.40'lik pozitif bir ilişki Tablo 6.8'den görülmektedir. Rüzgar şiddeti APM ile negatif nem ise pozitif düşük bir korelasyonu işaret ederken SO_2 ile ise bu iki değişkenin bir ilişkisi görülmemiştir (Tablo 6.8). Yağışın ise her iki kirletici ile de 0.01 ve 0.05 anlamlılık düzeyinde herhangi bir ilişkisi gözlenmemiştir. Tablo 6.9'da 2 nolu istasyonun 1997-99 dönemindeki korelasyon sonuçları verilmiştir. Yine 0.01 anlamlılık düzeyinde her iki kirleticininde sıcaklıkla sırasıyla 0.39, 0.25'lik negatif, basınç ile düşük pozitif,

rüzgar şiddeti ile düşük negatif ve rüzgar yönü ile düşük pozitif bir ilişki bağıl nem ve yağış ile ise bir ilişki gözlenmemiştir.

Her iki dönem ve her iki kirletici göze alındığında meteorolojik değişkenlerden en yüksek korelasyona sahip sıcaklığın kirleticileri ters yönde etkilediği tesbit edilmiştir. Sıcaklığın SO_2 ile ilişkisinin APM ile olan ilşkisinden daha yüksek olduğu görülmüştür.

6.4.4. Faktör analizi

Herhangi bir sistemde değişkenler arasındaki birlikte değişimin yorumlanması gereksinimi, çeşitli boyut indirgeme yöntemlerinin kullanılmasında en önemli nedenlerden biri olmuştur. Bu yöntemler veri tablosundan elde edilen bazı özellikleri kullanarak, değişkenler arasındaki ilişkileri, anlaşılması ve yorumu daha kolay hale sokmayı amaçlar. Faktör analizi, bir değişken takımı arasındaki ilişkilerin analizi amacıyla geliştirilmiş yöntemlerin, genel anlamda bir adlandırılması olarak kullanılmaktadır (Mardia ve diğ., 1979). Çok değişkenli istatstik yöntemler içerisinde, kovaryans yapısının incelenmesinde kullanılan en etkin yöntemlerden birisi ana bileşenlen analizi yöntemidir. Analiz objektif olarak, başlangıç değişkenlerinin maksimum varyanslı lineer kombinezonlarının araştırılması esasına dayanır. Ana bileşenler analizi noktaların bir eksene, bir düzleme izdüşümleriyle, bir başka değişle noktalar topluluğuna uyarlanan en uygun alt vektör uzayıyla ilgilenir. Ana bileşenler analizi görülmeyen gizli etkileri belirlemeye yarayan bir yöntemdir.

Bu çalışmada kullanılan ana bileşenler analizi Bölüm 6.1'de belirtilen her iki istasyon için 1994-96 yılları ve 1997-99 yılları için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bağımlı ve bağımsız değişkenler $(x_i - x_{ortalama})/x_{stand.sapma}$ dönüşümü ile standartlaştırılarak ölçü biriminden bağımsız hale getirilmiştir. 1994-1996 yılları arasında 1'nolu istasyon için korelasyon matrisinin öz değerleri ve faktör eksenleri tarafından açıklanan eylemsizlik payları hesaplanmış ve Tablo 6.10 (a)'da verilmiştir. İlk iki faktör ekseninin oluşturduğu faktör düzlemi toplam eylemsizliğin %46.19'unu açıklamaktadır.

Faktör matrisinin daha kolay yorumlanabilmesi amacıyla varimax yöntemiyle dönüşüm yapılmıştır. Başlangıç öz değerlerin sıralanmış sonuçları dikkate

alındığında toplam bilginin %61.8'lik kısmının 3 ana bileşenle açıklanabileceği görülmüştür (Tablo 6.10 (a) ve (b)).

Tablo 6.10. 1'nolu istasyona ait 1994-96 yılları arasındaki ana bileşen analizi sonuçları; (a) başlangıç özdeğerleri ve toplam varyans değerleri, (b) dönüştürülmüş bileşenler matrisi.

(a)

	Başlangıç özdeğerleri			**Dönüştürülmüş kareler toplamı**		
Bileşen	**Toplam**	**Varyans %**	**Birikimli %**	**Toplam**	**Varyans %**	**Birikimli %**
1	2.336	29.200	29.200	2.280	28.495	28.495
2	1.369	17.112	46.311	1.416	17.697	46.193
3	1.240	15.494	61.806	1.249	15.613	61.806
4	.960	12.002	73.807			
5	.774	9.677	83.485			
6	.638	7.971	91.456			
7	.384	4.797	96.253			
8	.300	3.747	100.000			

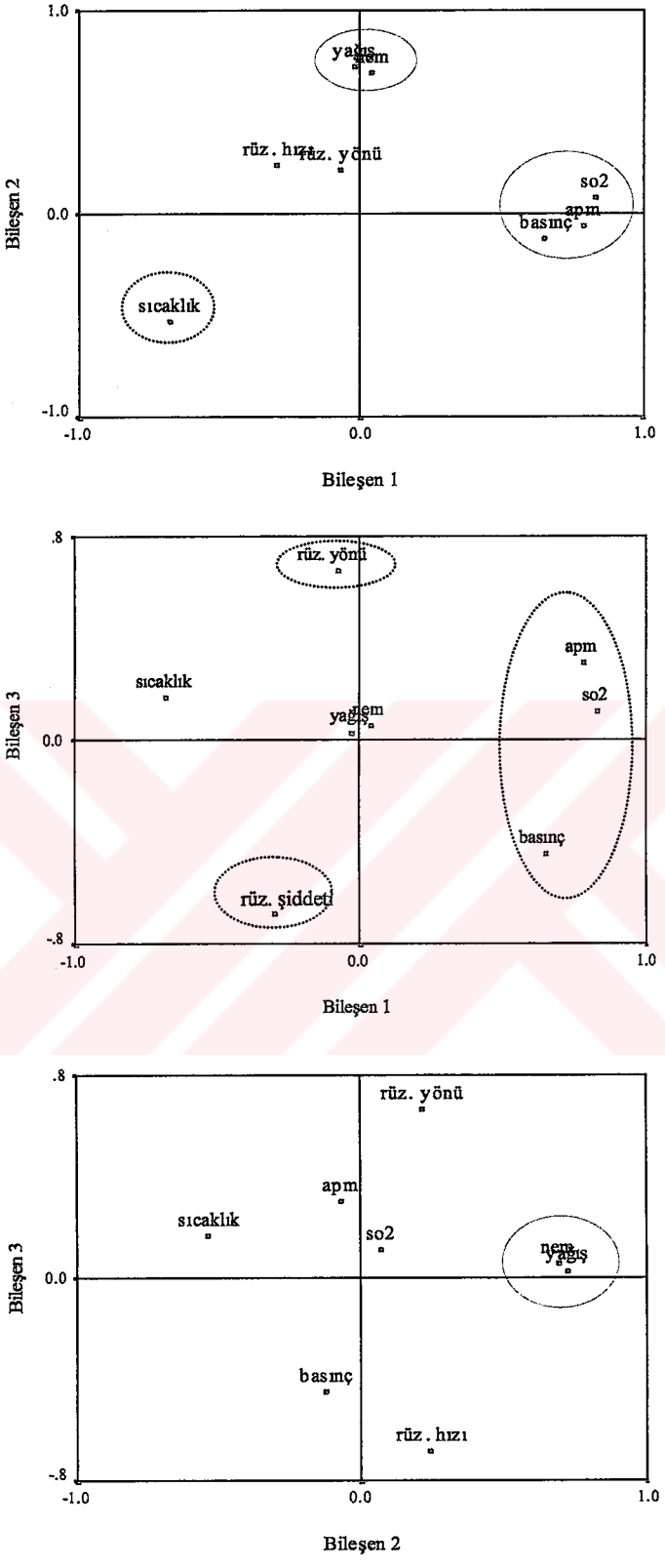
(b)

	Bileşenler		
	1	**2**	**3**
SO_2	.833	-.127	.033
APM	.769	-.285	.201
Sıcaklık	-.765	-.398	.147
Basınç	.573	-.172	-.533
Rüzgar Şiddeti	-.274	.418	-.598
Rüzgar Yönü	.026	.098	.697
Bağıl Nem	.201	.647	.166
Yağış	.145	.693	.148

Birinci ve ikinci ,birinci ve üçüncü ile ikinci ve üçüncü faktör eksenlerinin oluşturduğu düzlem üzerinde, noktaların izdüşümleri ile ilişkiler daha iyi açıklanabilmektedir (Şekil 6.16). Bileşen çiftleri arasında oluşturulan her bir değişkenin bir nokta ile temsil edildiği saçılma diyagramları ana bileşenlerin yorumlanmasında çok yararlıdır (WMO, 1998). Şekil 6.16'dan da görülebileceği gibi SO_2, APM, basınç ve sıcaklığın birinci faktör ekseni etrafında yoğunlaşmıştır. Birinci önemli bileşenler olan basınç pozitif sıcaklık negatif etki ile Tablo 6.10'da

görülebileceği gibi %29 açıklayıcılık payına sahiptir. İkinci önemli bileşenler %17 açıklayıcılık payına sahip birbirleri ile düşük pozitif ilişkili bağıl nem ve yağıştır. Üçüncü faktör ekseni üzerinde yoğunlaşan değişkenler birbirleri ile negatif ilişkili olan rüzgar şiddeti ve rüzgar yönüdür. Açıklayıcılık payı %15 olan bu değişkenler üçüncü önemli bileşenler grubudur.

Analiz 1994-96 yıllarında 2'nolu istasyon için tekrarlanmıştır (Tablo 6.11). Bu istasyonda 1'nolu istasyona benzer şekilde birinci eksen etrafında yoğunlaşan değişkenlerin SO_2, APM, basınç ve sıcaklık olduğu gözlemlenmiştir. Bu değişkenler toplam varyansın %31'ni açıklamaktadır. 2'nolu istasyonda incelenen bu dönemde 1'nolu istasyonun tersine ikinci önemli değişkenler rüzgar şiddeti ve yönü üçüncü öncelikli değişkenler ise bağıl nem ve yağıştır (Şekil 6.17).



Şekil 6.16. 1994-96 dönemine 1'nolu istasyonda değişkenlerin faktör eksenlerindeki durumu

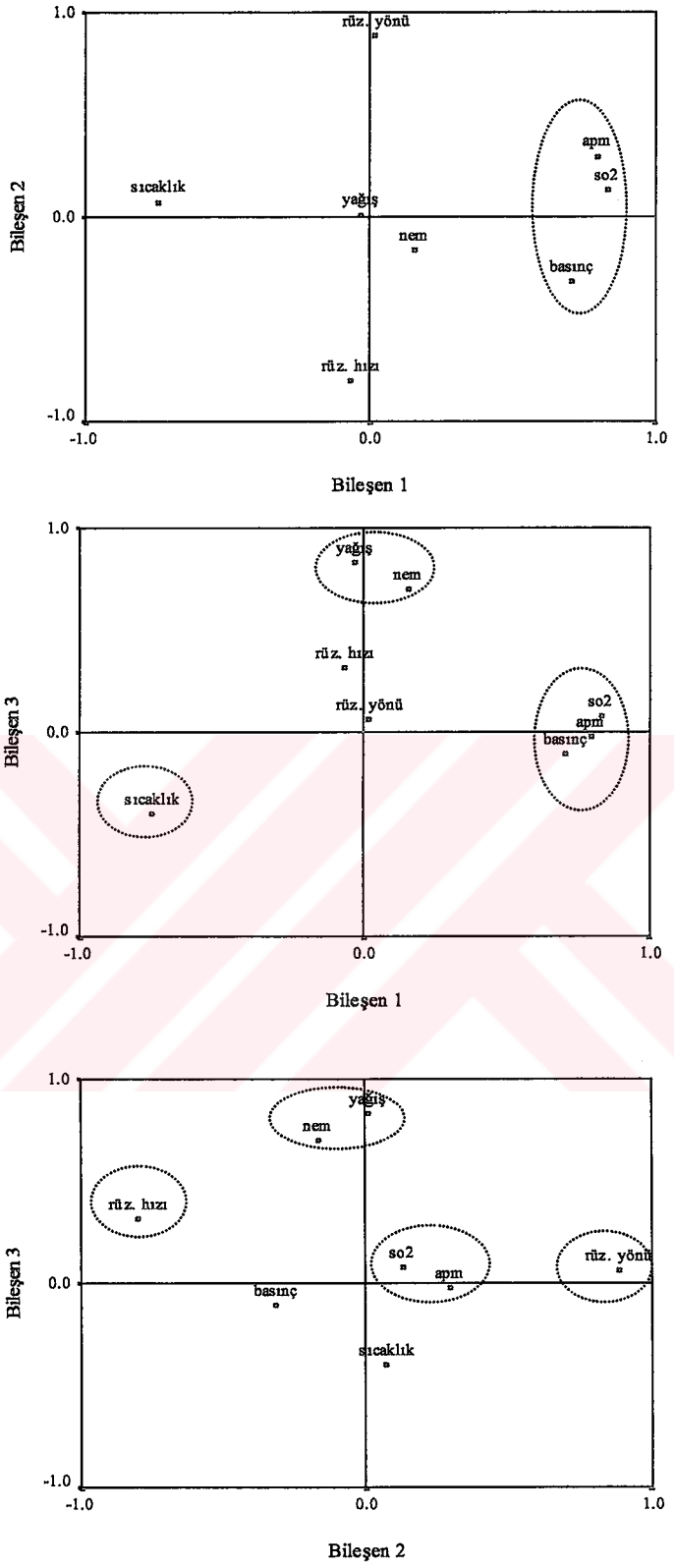
Tablo 6.11. 2'nolu istasyona ait 1994-96 yılları arasındaki ana bileşen analizi sonuçları,(a) Başlangıç özdeğerleri ve toplam varyans değerleri; (b) Dönüştürülmüş bileşenler matrisi

(a)

	Başlangıç özdeğeri			**Döniştürülmüş kareler toplamı**		
Bileşen	**Toplam**	**Varyans %**	**Birikimli %**	**Toplam**	**Varyans %**	**Birikimli %**
1	2.506	31.324	31.324	2.403	30.034	30.034
2	1.860	23.244	54.569	1.658	20.720	50.754
3	1.151	14.393	68.962	1.457	18.208	68.962
4	.717	8.958	77.920			
5	.631	7.888	85.809			
6	.526	6.577	92.386			
7	.325	4.060	96.446			
8	.284	3.554	100.000			

(b)

	Bileşenler		
	1	**2**	**3**
SO_2	.829	.129	.078
APM	.795	.295	-.021
Sıcaklık	-.748	.072	-.399
Basınç	.702	-.316	-.107
Rüzgar Şiddeti	-.068	-.802	.318
Rüzgar Yönü	.017	.882	.058
Bağıl Nem	.151	-.164	.700
Yağış	-.035	.011	.827



Şekil 6.17. 1994-96 dönemine 2'nolu istasyonda değişkenlerin faktör eksenlerindeki durumu

Analiz 1997-99 yılları için her iki istasyonda tekrarlanmış ve birinci önemli değişkenlerin 1'nolu istasyon için %30.6 ve 2'nolu istasyon için %26 açıklayıcılık

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

paylarıyla basınç ve sıcaklık olduğu ve bu iki değişkenin kirleticilerle yüksek korelasyonu tespit edilmiştir (Tablo 6.12-13). Bu dönem içinde her iki istasyonda da ikici önemli değişkenler rüzgar şiddeti ve yönü, üçüncü önemli değişkenler ise nem ile yağıştır. 1994-96 ve 1997-99 yılları arasında günlük meteorolojik ve hava kalite verileriyle yapılan bu analizler her iki istasyonda sıcaklık ve basıncın en önemli değişkenler olarak ortaya çıkarmıştır. 1994-96 yılları arasında 1'nolu istasyonda üçünü önemli değişken olmakla beraber 1994-96 ve 1997-99 yılları arasında 1 ve 2'nolu istasyonlarda ikinci önemli değişken rüzgardır ve rüzgar şiddeti negatif bir etkiye sahiptir (Şekil 6.16-19).

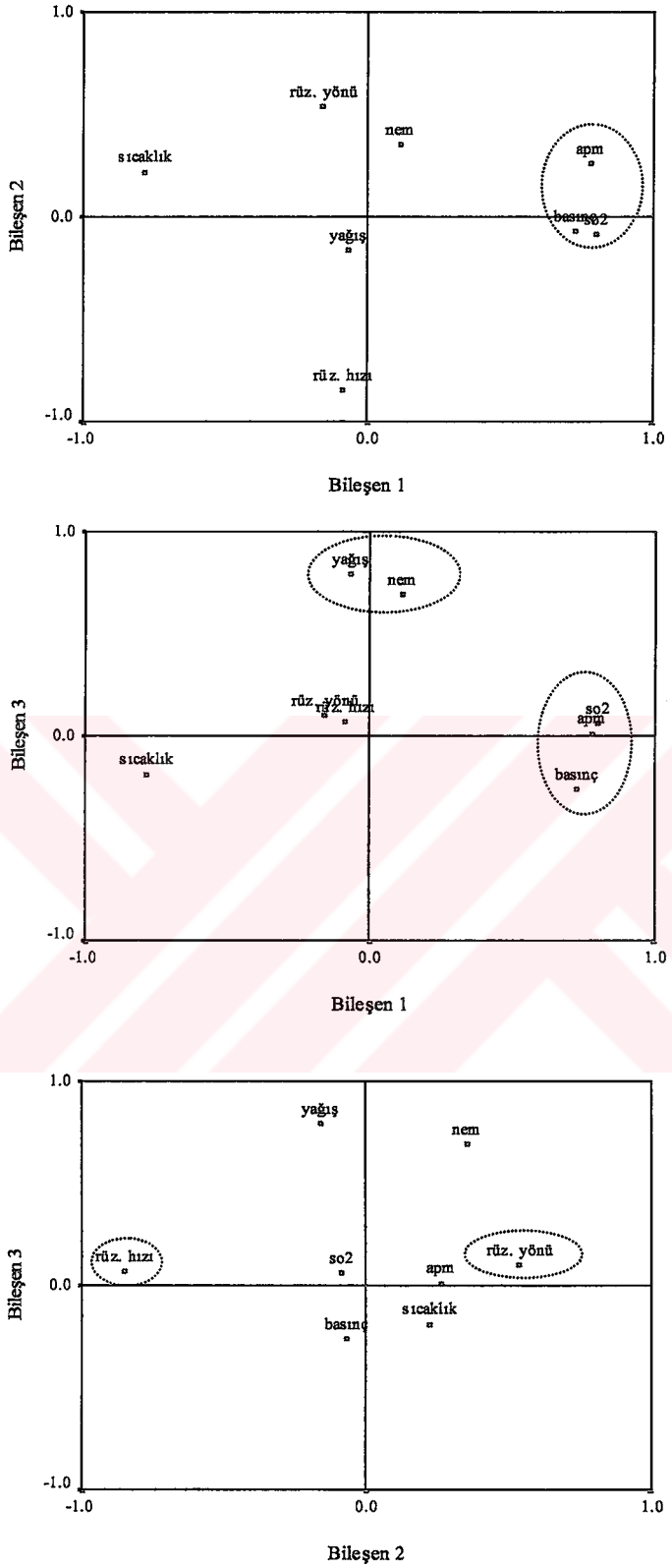
Tablo6.12. 1'nolu istasyona ait 1997-99 yılları arasındaki ana bileşen analizi sonuçları,(a) başlangıç özdeğerleri ve toplam varyans değerleri; (b) dönüştürülmüş bileşenler matrisi

(a)

	Başlangıç özdeğerleri			Dönüştürülmüş kareler toplamı		
Bileşen	Toplam	Vrayans %	Birikimli %	Toplam	Vrayans %	Birikimli %
1	2.452	30.644	30.644	2.449	30.618	30.618
2	1.343	16.792	47.435	1.284	16.053	46.671
3	1.161	14.519	61.954	1.223	15.283	61.954
4	.977	12.208	74.162			
5	.776	9.704	83.866			
6	.606	7.581	91.448			
7	.410	5.125	96.573			
8	.274	3.427	100.000			

(b)

	Bileşenler		
	1	2	3
SO_2	.801	-.087	.058
APM	.783	.261	.011
Sıcaklık	-.784	.219	-.189
Basınç	.727	-.072	-.260
Rüzgar Şiddeti	-.090	-.848	.067
Rüzgar Yönü	-.158	.536	.098
Bağıl Nem	.114	.351	.689
Yagış	-.068	-.162	.792



Şekil 6.18. 1997-99 dönemine 1'nolu istasyonda değişkenlerin faktör eksenlerindeki durumu

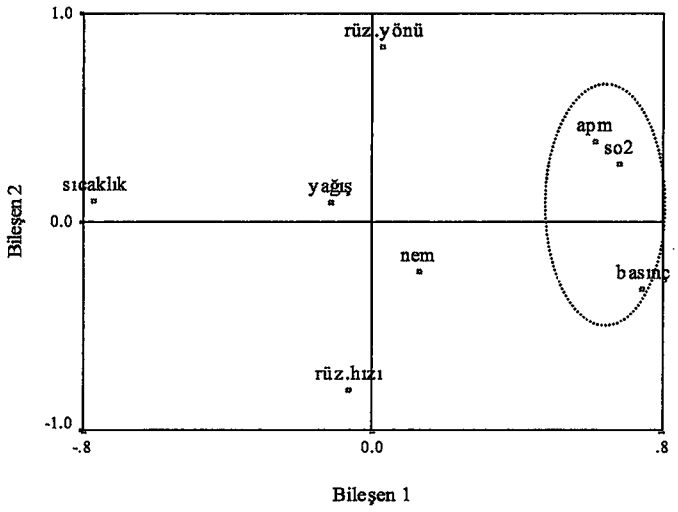
Tablo 6.13. 2'nolu istasyona ait 1997-99 yılları arasındaki ana bileşen analizi sonuçları,(a) başlangıç özdeğerleri ve toplam varyans değerleri; (b) dönüştürülmüş bileşenler matrisi

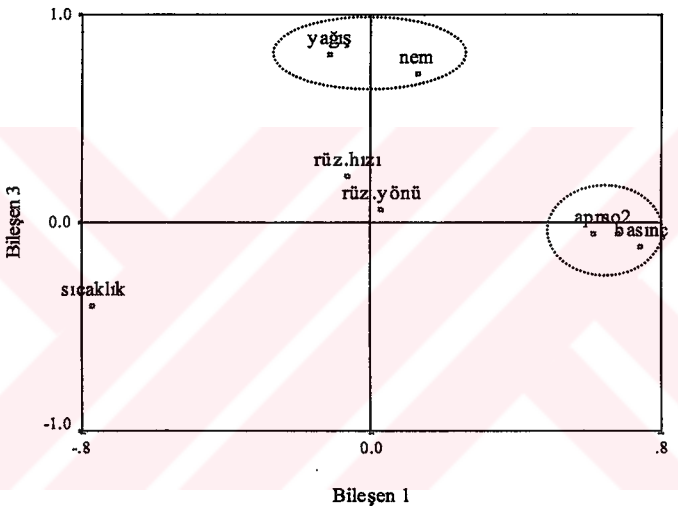
(a)

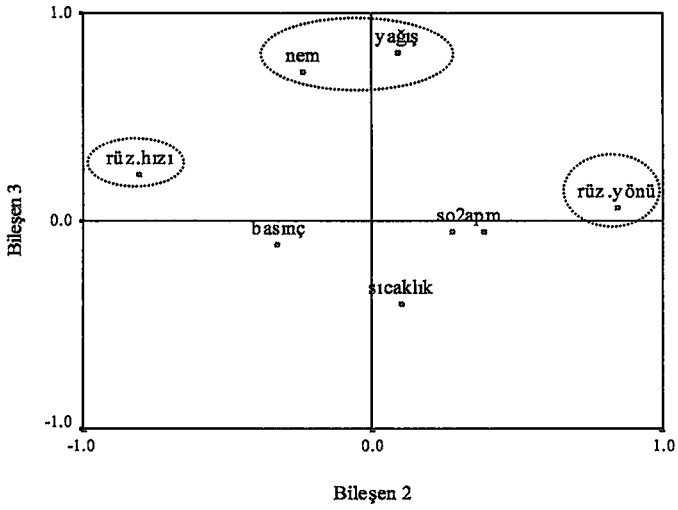
	Başlangıç özdeğerleri			Dönüştürülmüş kareler toplamı		
Bileşen	**Toplam**	**Varyans %**	**Birikimli %**	**Toplam**	**Varyans %**	**Birikimli %**
1	2.080	26.003	26.003	2.016	25.200	25.200
2	1.888	23.603	49.606	1.766	22.070	47.270
3	1.216	15.200	64.806	1.403	17.536	64.806
4	.794	9.929	74.735			
5	.690	8.621	83.356			
6	.645	8.068	91.424			
7	.401	5.011	96.435			
8	.285	3.565	100.000			

(b)

	Bileşenler		
	1	**2**	**3**
SO_2	.681	.277	-.055
APM	.613	.385	-.053
Sıcaklık	-.769	.099	-.403
Basınç	.743	-.326	-.116
Rüzgar Şiddeti	-.064	-.808	.225
Rüzgar Yönü	.029	.841	.059
Bağıl Nem	.128	-.236	.716
Yağış	-.112	.091	.809







Şekil 6.19. 1997-99 dönemine 2'nolu istasyonda değişkenlerin faktör eksenlerindeki durumu

6.4.5. Çoklu doğrusal regresyon analizi

Bu bölümde Bölüm 6.1.'de belirtilen yıllar ve istasyonlardaki hava sıcaklığı, basınç, bağıl nem, yağış ile rüzgar hız ve yönlerini içeren 6 meteorolojik değişken ile SO_2 ve APM arasındaki doğrusal ilişki araştırılmıştır.

1994-96 yılları arasında 1'nolu istasyonda SO_2 için belirlenen modeller ve modele ait korelasyon (R), R^2 (çoklu belirlilik katsayısı) değerleri Tablo 6.14'de verilmiştir. Tablodan 3 ayrı model için R^2'nin 0.36 olduğu görülür. Model değişkenleri 0.10 anlamlılık seviyesine göre incelendiğinde 3 nolu modelin seçiminin en uygun olduğu görülmüştür. Tablo 6.15 bu modele ait *6-1*'deki eşitlikteki değişken katsayılarını ve onlara ait istatistikleri içermektedir. Tablo 6.14'den görülebileceği gibi modelin korelasyon (R) değeri 0.6' dır ve modelin kabul edilebilirliğini göstermektedir.

Tablo 6.14. 1994-96 yılları arasında 1'nolu istasyonda SO_2'nin tahmin modelleri

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Tahminin Std. Hatası
1	,602	,362	,357	103,69
2	,602	,362	,358	103,63
3	,601	,362	,358	103,58

1'nolu istasyonda SO_2 konsantrasyonundaki değişkenliğin, belirlenen modeldeki meteorolojik değişkenlerle yaklaşık % 36 'sı açıklanmaktadır. Model, veriler ile % 36 uyuşma şansı taşımaktadır.

$$C_{SO2} = -1518{,}8 - 9.8\,(S) + 2\,(B) - 27.7\,(R_h) - 2.4\,(BN) \qquad (6\text{-}1)$$

Doğrusal bulunan model de ifadeler S: Sıcaklık (°C), B: Basınç (m bar), R_h: Rüzgar Şiddeti (m/s), BN: Bağıl Nem (%) şeklinde meteorolojik değişkenleri göstermektedir. C_{SO2} ise SO_2 konsantrasyonunu ifade etmektedir. Meteorolojik parametrelerin günlük ortalama değerleri kullanılmıştır.

Tablo 6.15 1994-96 yılında 1'nolu istasyonda 3. Model (bağımlı değişken SO_2)

	Standartlaştırılmamış katsayılar		Standartlaştırılmış katsayılar	t	Anlamlılık Seviyesi
	B	Std. Hata	Beta		
Sabit	-1518,895	697,363		-2,178	,030
Sıcaklık (°C)	-9,856	,579	-,559	-17,016	,000
Basınç (mbar)	2,003	,677	,092	2,957	,003
Rüz. Şiddeti (m/s)	-27,751	3,536	-,221	-7,848	,000
Rüz. Yönü					
B. Nem (%)	-2,423	,416	-,175	-5,820	,000
Yağış					

SO_2 konsantrasyon ölçümleri ile tahmin edilen SO_2 konsantrasyonları arasında tahmin ve ölçüm değerlerinin birbirine uygunluğunu, korelasyonlarını ve ortalamaları arasındaki farkı görebilmek için t-testi uygulanmış ve sonuçlar Tablo 6.16 da verilmiştir. Tahmin edilen ve ölçülen SO_2 değerlerinin ortalama, standart sapma değerleri Tablo B.6 (a)'da, 0.60 olarak hesaplanan korelasyon Tablo B.6 (b)'de verilmiştir. Tablo 6.16'da 1994-96 yıllarında 1'nolu istasyonda ölçülen ve tahmin edilen SO_2'nin anlamlılığına bakmak için uygulanan t-testi sonuçları verimiştir. Tablo 6.16'da belirtilen anlamlılık seviyesinin 0.92 olduğu görülmüştür. Değer 0.05 den büyüktür ve modelin alınabileceğini işaret etmektedir. 1'nolu istasyon için ölçülen ve tahmin edilen SO_2 değerlerine ait grafik Şekil A.10 (a)'da gösterilmiştir.

Tablo 6.16. 1994-96 yıllarında 1'nolu istasyonda ölçülen ve tahmin edilen SO_2'nin t-testi sonuçları

	Farklar					t	df	Anlamlılık Seviyesi
	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması	95% güvenli Fark Aralığı				
				En düşük	En yüksek			
SO_2 – Tahmin edilen SO_2 değeri	-,334	103,22	3,57	-7,35	6,68	-,094	832	,925

Analiz 2'nolu istasyonda aynı yılları içeren dönemde SO_2 konsantrasyonlarını veren modellerin belirlenmesi amacıyla tekrarlanmıştır. Seçilen modelin çoklu belirlilik katsayısının R^2 ' nin 0.34 olduğu ve korelasyonun (R) 0.58 olduğu tespit edilmiştir

(Tablo B.7). Tablo 6.17'da verilen model katsayıları kullanılarak belirlenen SO_2 konsantrasyonunu veren eşitlik formül *6-2*'de verilmiştir. Model SO_2 konsantrasyonlarındaki değişkenliğin %34'ünü açıklayabilmektedir.

$$C_{SO2} = -3291{,}2 - 11.8\,(S) + 3.6\,(B) - 23\,(R_h) \qquad (6\text{-}2)$$

1994-96 yılları arasında 2'nolu istasyonda ölçülen SO_2 ile tahmin edilen SO_2 konsantrasyonları arasında uygulanan t-testi' ne ait istatistikler Tablo B.8 (a) ve (b)' de verilmiştir. Tahmin edilen ve ölçülen SO_2 arasındaki korelasyonun 0.58 olduğu t testi neticeleri Tablo 6.18'de verilmiştir. Modelin alınabileceği 0.95 olarak belirlenen anlamlılık seviyesi ile belirtilmiştir. Ölçülen ve tahmin edilen SO_2 değerleri grafikleri Şekil A.10 (b)'de verilmiştir.

Tablo 6.17. 1994-96 yılları arasındaki dönem için 2'nolu istasyonda SO_2'nin model katsayı ve istatistikleri.

	Standartlaştırılmamış katsayılar		Standartlaştırılmış katsayılar	t	Anlam Seviyesi
	B	Std. Hata	Beta		
Sabit	-3291,208	866,769		-3,797	,000
Sıcaklık (°C)	-11,803	,719	-,515	-16,413	,000
Basınç (mbar)	3,627	,852	,132	4,259	,000
Rüz. Şiddeti (m/s)	-23,038	4,117	-,156	-5,595	,000
Rüz. Yönü					
Bağıl Nem (%)					
Yağış					

Tablo 6.18. 1994-96 yıllarında 2'nolu istasyonda ölçülen ve tahmin edilen SO_2'nin t-testi sonuçları

	Farklar					t	df	Anlamlılık Seviyesi
	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması	95% güvenli Fark Aralığı				
				En düşük	En yüksek			
SO_2 – Tahmin edilen SO2 değeri	,249	138,904	4,70	-8,98	9,48	,053	870	,958

Analiz 1997-99 yılları arasında 1 ve 2'nolu istasyonlar için tekrarlanmış ve SO_2 konsantrasyonlarını tahmin için belirlenen modeller, korelasyon, belirlilik katsayıları ve model değişkenlerinin katsayıları sırasıyla Tablo B.9 ve B.10'da verilmiştir. 1'nolu istasyonda modelin SO_2'nin değişimini %35.8 ve 2'nolu istasyonda ise %23.5 açıklayabildiği görülmüştür. 1997-99 yılları arasında 1'nolu istasyonda SO_2 konsantrasyonunu veren doğrusal modelin ifadesi eşitlik *6-3* de 2'nolu istasyonunki ise eşitlik *6-4*'de verilmiştir. 1 ve 2'nolu istasyonlarda ölçülen ve tahmin edilen SO_2 konsantrasyona ait t testi sonuçları sırasıyla Tablo B.11 ve B.12'de, eğrileri ise Şekil A.11 (a) ve (b)' de verilmiştir. 1997-99 yılları arasında iki istasyonda da ölçüm ve tahmin edilen değerlere ait t testi sonuçlarında 1 olarak tespit edilen anlamlılık seviyesi modelin kabul edilebileceğini belirtmektedir (Tablo B.11 ve B.12).

$$C_{SO2} = 178.2 - 4.2\,(S) - 7.9\,(R_h) - 2.3\,(Ry) \qquad (6\text{-}3)$$

$$C_{SO2} = 139{,}6 - 2.1(S) - 3.8\,(R_h) - 0.5\,(BN) \qquad (6\text{-}4)$$

Eşitliklerde; S: Sıcaklık (°C), R_h: Rüzgar Şiddeti (m/s), Ry: Rüzgar Yönü, BN: Bağıl Nem (%)'i göstermektedir.

Tablo 6.15 ve Tablo 6.17 ile Tablo B.9 (b) ve Tablo B.10 (b)' den görülebileceği gibi her iki dönem ve her iki istasyonda teşkil edilen SO_2 tahmin modellerinde model içinde en etkili değişkeninin sıcaklık olduğu görülmüştür. Faktör analizi sonuçlarında üçüncü önemli bileşen grubunda yer alan yağış her iki dönemde ve her iki istasyonda da elde edilen model denklemlerinde yer almamıştır .

Analiz diğer kirletici APM için iki ayrı üç yıllık dönemde 1 ve 2'nolu istasyonlar için tekrarlanmıştır. 1994-96 yılları arasında APM konsantrasyonlarını tahmine yönelik modellerde korelasyonun katsayılarının 1 ve 2 nolu istasyonlarda 0.55 civarında olduğu belirlilik katsayılarının 1 ve 2'nolu istasyonlar için sırasıyla 0.28 ve 0.34 olduğu tespit edilmiştir (Tablo B.13 ve B.14). APM'nin tahminini veren model katsayıları 1 ve 2'nolu istasyonlar için sırasıyla Tablo 6.19 ve Tablo 6.20'de verilmiştir.

Tablo 6.19. 1994-96 yılları arasındaki dönem için 1'nolu istasyonda APM'nin model katsayı ve istatistikleri.

	Standartlaştırılmamış katsayılar		Standartlaştırılmış katsayılar	t	Anlamlılık Seviyesi
	B	Std. Hata	Beta		
Sabit	-772,298	292,731		-2,638	,008
Sıcaklık (°C)	-2,643	,242	-,376	-10,933	,000
Basınç (mbar)	,957	,285	,109	3,362	,001
Rüz. Şiddeti (m/s)	-18,316	1,478	-,365	-12,395	,000
Rüz. Yönü					
Bağıl Nem (%)	-,644	,174	-,116	-3,694	,000
Yağış					

Tablo 6.20. 1994-96 yılları arasındaki dönem için 2'nolu istasyonda APM'nin model katsayı ve istatistikleri.

	Standartlaştırılmamış katsayılar		Standartlaştırılmış katsayılar	t	Anlamlılık Seviyesi
	B	Std. Hata	Beta		
Sabit	-1107,133	256,878		-4,310	,000
Sıcaklık (°C)	-3,025	,213	-,445	-14,187	,000
Basınç (mbar)	1,226	,252	,150	4,857	,000
Rüz. Şiddeti (m/s)	-14,880	1,221	-,340	-12,190	,000
Rüz. Yönü					
Bağıl Nem (%)					
Yağış					

1994-96 yılları arasında 1 ve 2'nolu istasyonda ölçülen APM ile tahmin edilen APM konsantrasyonları arasında uygulanan t testine ait istatistikler Tablo B.15 ve 16 (a)-(b)' de verilmiştir. APM için belirlenen model sonuçlarına uygulanan t testi neticeleri ise Tablo 6.21 ve 6.22'de verilmiştir. APM'nin 1994-96 yılları arasında konsantrasyon tahminlerini veren ifadeler 1 ve 2'nolu istasyonlar için *6-5* ve *6-6* eşitliklerinde verilmiştir.

$$C_{APM} = -772.3 - 2.6\,(S) + 0.9\,(B) - 18.3\,(R_h) - 0.6\,(BN) \qquad (6\text{-}5)$$

$$C_{APM} = -1107.1 - 3\,(S) + 1.2\,(B) - 14.8\,(R_h) \qquad (6\text{-}6)$$

Tablo 6.21. 1994-96 yıllarında 1'nolu istasyonda ölçülen ve tahmin edilen APM'nin t- testi sonuçları

	Farklar					t	df	Anlamlılık Seviyesi
	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması	95% güvenli Fark Aralığı				
				En düşük	En yüksek			
APM – Tahmin edilen APM değeri	-,07	43,69	1,49	-3,00	2,86	-,05	855	,961

Tablo 6.22. 1994-96 yıllarında 2'nolu istasyonda ölçülen ve tahmin edilen APM'nin t- testi sonuçları

	Farklar					t	df	Anlamlılık Seviyesi
	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması	95% güvenli Fark Aralığı				
				En düşük	En yüksek			
APM – Tahmin edilen APM değeri	,04	41,38	1,40	-2,69	2,78	,032	878	,975

1997-99 yılları arasında 1 ve 2'nolu istasyonlarda APM değerleri için modellere ait katsayılar ve t-testi sonuçları Tablo B.17-20'da verilmiştir. Modellerde korelasyon katsayılarının 1 ve 2'nolu istasyonlar için 0.55-0.60 arasında olduğu modelin uygunlunun ise %20-33 arasında gerçekleştiği görülmüştür. T-testi sonuçları 1 ve 2'nolu istasyonlar için sırasıyla 0.9-1 değerleri ile modelin kabullenilebileceğini göstermektedir (Tablo B.17-20). Ölçülen ve model tahmini APM değerleri karşılaştırılmış ve iki dönem için Şekil A.12-13'de verilmiştir. Doğrusal olarak modelin ifadeleri 1997-99 yılları için 1'nolu istasyonun *6-7* ve 2'nolu istasyonun *6-8*'de verilmiştir.

$$C_{APM} = -1705.6 - 2.7\,(S) + 1.8\,(B) - 15.6\,(R_h) - 1.3\,(R_y) + 0.5\,(BN) \qquad (6\text{-}7)$$

$$C_{APM} = -585.2 - 0.7\,(S) + 0.6\,(B) - 7\,(R_h) \qquad (6\text{-}8)$$

Ana bileşenler analizi sonuçlarında birinci önemli bileşen olarak belirlenen sıcaklığın her iki inceleme döneminde de iki kirletici için belirlenen tahmin modellerinde model içindeki en etkili değişken olduğu görülmüştür. Analizin yapıldığı üç yıllık

her iki dönemde de APM ve SO_2 nin doğrusal model ifadelerinde yağış yer almamıştır.

6.5. Hava Kalite Standartlarının Aşılmasında Meteorolojik Faktörlerin Etkileri

SO_2 ve APM'nin WHO ve EPA-KSI'nin belirlediği sınır konsantrasyonları aşma sıklığı 1 ve 2 nolu istasyonlar için 1994 yılından 1996 yılına kadar ki dönemde meteorolojik değişkenler dikkate alınarak incelenmiştir. WHO limitlerine göre SO_2 ve APM'nin günlük konsantrasyonları için 150 $\mu g/m^3$, EPA-KSİ kirletici standart endeksine göre ise sırasıyla 365 $\mu g/m^3$ ve 150 $\mu g/m^3$ sağlıksız koşulların başladığı sınır değerler olarak belirlenmiştir. Rüzgar şiddeti ve yönü, sıcaklık, basınç, bağıl nem ve yağış miktarı, meteorolojik faktörler olarak seçilmiş ve Tablo 6.23'de verilen sınıflara ayrılmıştır.

Tablo 6.23. Meteorolojik değişkelere ait sınıflandırma

Sınıf	Rüz. Yönü	Basınç (mbar)	Rüz. Şiddeti (m/s)	Sıcaklık (°C)	B.Nem (%)	Yağış (mm)
1	K	≤1000	≤1	≤5	≤60	0
2	KD	1000-1005	1-2	5-15	60-70	≤20
3	D	1005-1010	2-3	15-25	70-80	>20
4	GD	1010-1015	3-5	>25	>80	
5	G	1015-1020	5-6			
6	GB	1020-1025	>6			
7	B	>1025				
8	KB					
9	Sakin					

Şekil A.14' de 1'nolu istasyona ait WHO limitlerini aşan SO_2 konsantrasyon sıklıkları değişik meteorolojik faktör sınıfları için ayrı ayrı verilmiştir. Rüzgar şiddetinin, rüzgar yönünün ve sıcaklığın, 2., yağışın 1., basıncın 4. ve 5., bağıl nemin ise 2. sınıf ve üzeri olduğu durumlarda SO_2 konsantrasyonun WHO limitlerini aşma sıklığının diğer sınıflara göre daha fazla olduğu görülmektedir.

1'nolu istasyon için WHO limitlerini aşan APM sıklığı Şekil A.15'de verilmiştir. KSİ limit değerlerini aşan SO_2 sıklığı Şekil A.16'da, APM sıklığı ise Şekil A.17.'de verilmiştir. Şekillerden de görüldüğü gibi meteorolojik veri sınıflarının KSİ limit

değerlerini aşan SO_2 ve APM değerlerinin sıklığına etkisi WHO limitini aşma sıklığında olduğu gibidir.

Aynı inceleme 2'nolu istasyon için Şekil A.18-21'da yer alan bar diyagramlarında verilmiştir. Sınıfların etkisi 1'nolu istasyonla paralellik göstermektedir ancak daha fazla kirliliğe neden olan rüzgar yönünün Göztepe istasyonu için GB (6.sınıf) olduğu tespit edilmiştir.

Şekil A.14-21 arasında verilen 1994-96 yılarına ait standart değerleri aşma sıklıkların geneline bakıldığında SO_2 ve APM'nin sınır aşma sıklıkları her iki istasyonda da 1996 yılında diğer yıllara kıyasla çok daha az olduğu görülmektedir.

7. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE MEKANSAL ANALİZ

Bu bölümde, hava kalite istasyonlarındaki SO_2 ve APM konsantrasyonlarının mekansal değişimi farklı zaman periyodları için analiz edilmiştir. Arazi kullanımları ve kirlilik seviyesi ile nüfus ve kirlilik seviyeleri arasındaki ilişkiler CBS tekniği kullanılarak belirlenmiştir.

7.1. Veri ve Kabuller

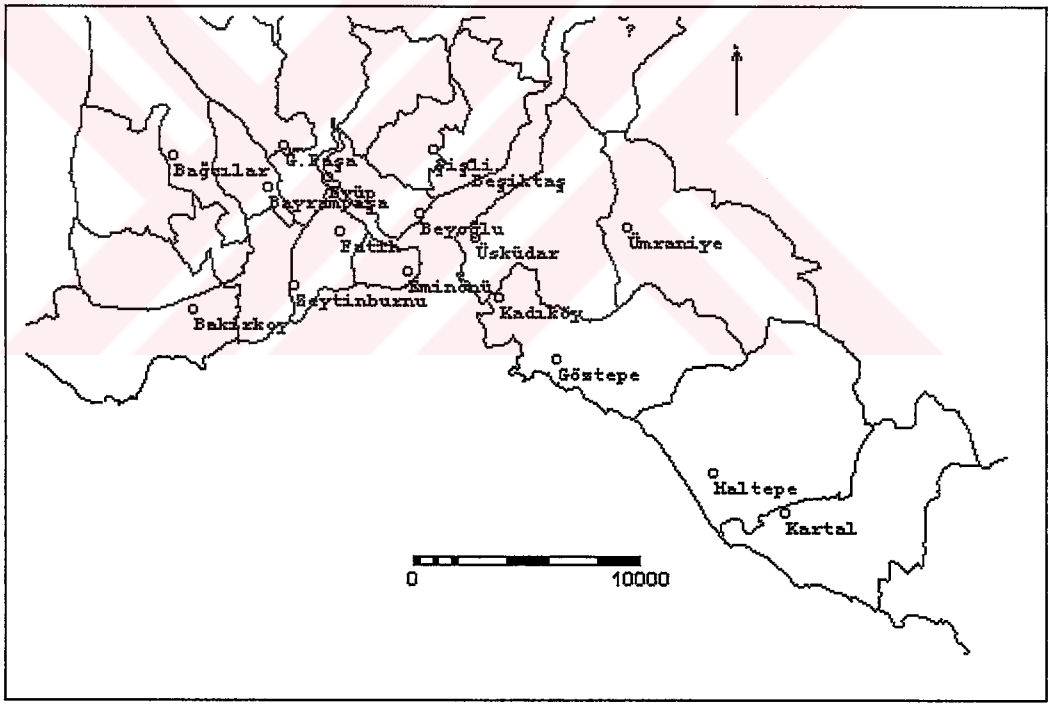
Bu çalışmada, arazi kullanım haritası olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesinin 1995 yılında hazırladığı 2010 yılına kadar geçerli olan şehrin mevcut ve planlanmış arazi kullanımına ait nazım imar planı kullanılmıştır. Hava kalite verileri 1996 yılı sonrasında ölçüm istasyon sayısı bakımından azalmakla beraber, bu yıl sonuna kadar 17 istasyon için mevcuttur. Analizler, arazi kullanım haritasının 1995 yılı ve sonrasında geçerli olması dolayısıyla bu yıl sonrasında ve 17 istasyonda ölçümün mevcut olduğu 1995-96 ısınma periodu için yapılmıştır. Gözönüne alınan ısınma periodu 6.bölümde belirtildiği gibi 01 Ekim – 31 Mart ayları arasındaki dönemi kapsamaktadır. Arazi kullanımları ve hava kirliliği seviyesi arasındaki ilişki, 1995-1996 ısınma mevsimi için araştırılmıştır. Aynı ısınma mevsiminde, maksimum kükürt dioksit ve asılı partiküler madde konsantrasyonlarının oluştuğu gün ve bu gündeki kirlilik seviyesi ile arazi kullanımı arasındaki ilişki de incelenmiştir.

Hava kalitesi ölçüm verileri 6.bölümde belirtildiği gibi 2000 yılı Nisan ayına kadar mevcuttur. 1997 yılı sonrasında ise, istasyon sayısı yukarıda belirtildiği gibi azalmıştır. Bu durum 1995-96 ve daha sonraki ısınma mevsimlerinin karşılaştırılmasında kısıtlama getirmektedir. 1995-96 ısınma mevsiminden sonraki ısınma mevsimleri incelendiğinde bu altı aylık dönemi %70 verinin doluluğu ile temsil eden en çok istasyon sayının beş istasyon ile 1999-2000 ısınma mevsiminde olduğu belirlenmiştir. Isınma mevsimlerini karşılaştırabilmek için 1995-96 ısınma

mevsimi ile 1999-2000 ısınma mevsimindeki aynı beş istasyon seçilerek hava kirliliği dağılımı ve arazi kullanımı arasındaki ilişki incelenmiştir.

7.2. Hava Kalitesi Verilerinin Analizi

Şekil 7.1'de görülen 17 hava kalite ölçüm istasyonundan elde edilen günlük verilerden aylık ve mevsimlik ortalama konsantrasyonlar hesaplanmıştır. 1995-1996 ısınma döneminde aylık ortalama ve maksimum konsantrasyonlar Tablo 7.1'de verilmiştir. Bu tablodan da görülebileceği gibi maksimum ortalama konsantrasyon Şubat ayında oluşmuştur. Şubat ayı içinde en yüksek konsantrasyon 13 Şubat günü oluşmuştur. Arazi kullanımı ve günlük kirlilik seviyesi arasındaki ilişki bu belirtilen gün için araştırılmıştır.



Şekil 7.1. 1995-1996 ısınma mevsiminde, hava kalite ölçüm istasyonlarının yerleşimi

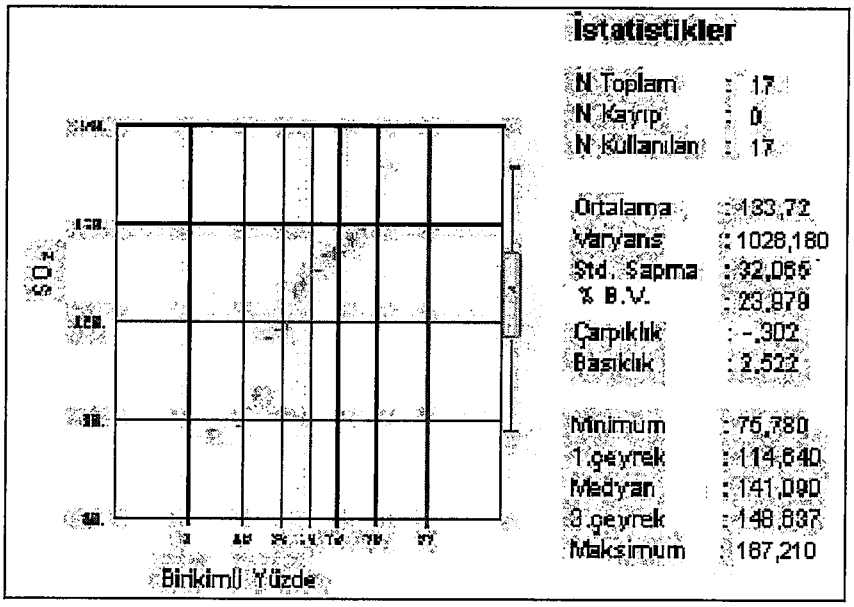
Tablo 7.1. 1995-1996 ısınma döneminde tüm istasyonlardaki aylık ortalama ve maksimum SO_2 ve APM konsantrasyonları.

Aylar		SO2 (µg /m3)	TSP (µg /m3)
Ekim'95	Maksimum	*1088.00*	*377.00*
	Ortalama	*83.4239*	*57.1075*
	Std. Sapma	*94.5028*	*54.6392*
Kasim'95	Maksimum	*696.00*	*530.00*
	Ortalama	*160.0475*	*122.7164*
	Std. Sapma	*116.5200*	*91.4736*
Aralik'95	Maksimum	*727.00*	*578.00*
	Ortalama	*136.4843*	*89.3429*
	Std. Sapma	*90.1663*	*72.1430*
Ocak'96	Maksimum	*469.00*	*367.00*
	Ortalama	*142.3467*	*99.6134*
	Std. Sapma	*74.9487*	*62.9538*
Subat'96	Maksimum	*762.00*	*870.00*
	Ortalama	*162.6498*	*127.0629*
	Std. Sapma	*109.5132*	*112.0026*
Mart'96	Maksimum	*338.00*	*272.00*
	Ortalama	*118.9930*	*84.1282*
	Std. Sapma	*63.4781*	*51.1417*

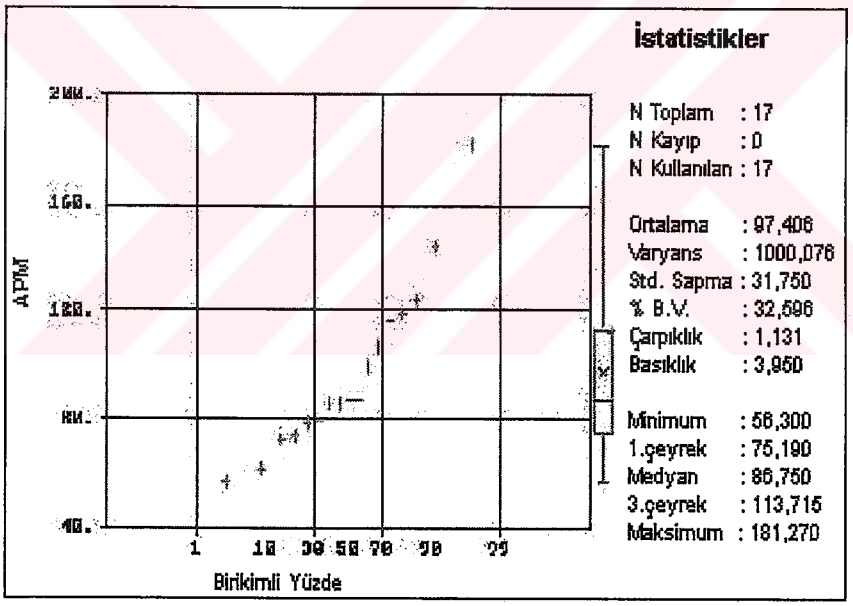
7.2.1. Isınma mevsiminde kirletici seviyelerinin istatistikleri

Bu çalışmada variogram modellerinin belirlenmesinden önce veri setinin, GEO-EAS yazılımı kullanarak 1995-96 periyodu için, histogram ve normal dağılımları belirlenmiştir. Şekil 7.2 ve Şekil 7.3 sırasıyla 1995-1996 ısınma mevsimleri için SO_2 ve APM ortalama kirlilik seviyesinin normal dağılımlarını göstermektedir. Bunlara ait histogramlar ise Şekil A.22 (a) ve (b)'de verilmiştir.

Şekil 7.2 ve Şekil 7.3, ısınma mevsimde SO_2 ve APM değerlerinin yaklaşık olarak simetrik olduğunu göstermektedir. Ortalama, medyan değerine yakındır. Bu durum kirlilik seviyesinin normal dağılıma yaklaştığını göstermektedir. SO_2 dağılımı negatif bir çarpıklık, APM ise pozitif çarpıklığı ve her iki kirleticinin normal dağılıma yakın bir basıklıkta olduğu görülmüştür.



Şekil 7.2. 1995-1996 ısınma sezonunda tek değişkenli istatistikler ve SO_2 kirlilik seviyesinin normal dağılımı

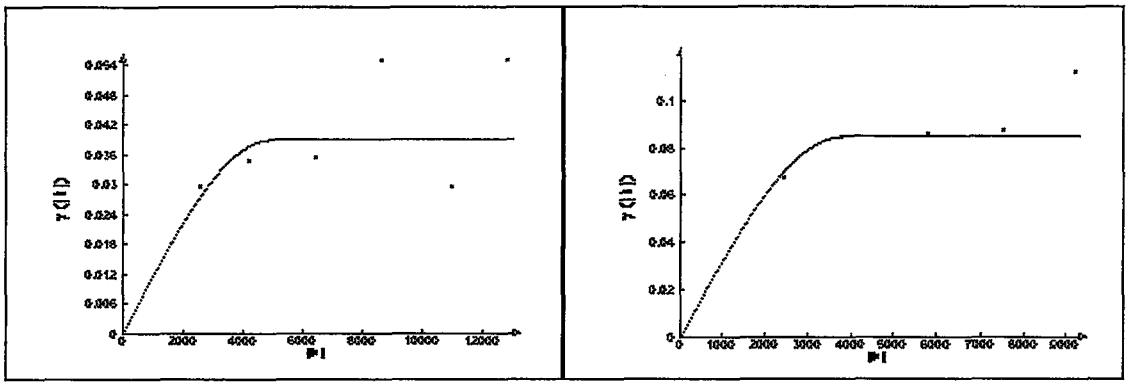


Şekil 7.3. 1995-1996 ısınma sezonunda tek değişkenli istatistiklerin ve APM kirlilik seviyesinin normal olasılık şemaları.

7.2.2. Variogram modelleri

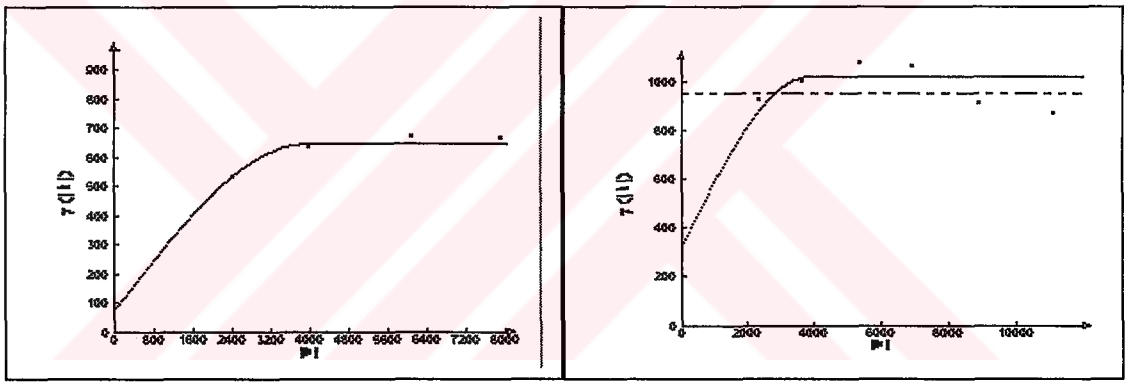
Çalışmada variogram analizi için normal veri seti ve dağılımdaki çarpıklık nedeniyle doğal logaritmik dönüşümlü veri seti kullanılmıştır (Bozyazı ve diğ.,2000). Deneysel variogramlar ise Variowin yazılımı kullanılarak normal veri seti ve doğal logaritmik dönüşümlü veri seti için bulunmuştur (Seyhan, 1997). Şekil 7.4.(a) ve.(b); sırasıyla

SO_2 ve APM için doğal logaritmik dönüşümlü veri seti kullanılarak 1995-1996 ısınma sezonuna ait en uygun variogram modellerini göstermektedir. Normal veri seti için bulunan variogram modelleri de Şekil 7.5 (a) ve (b) de verilmiştir.



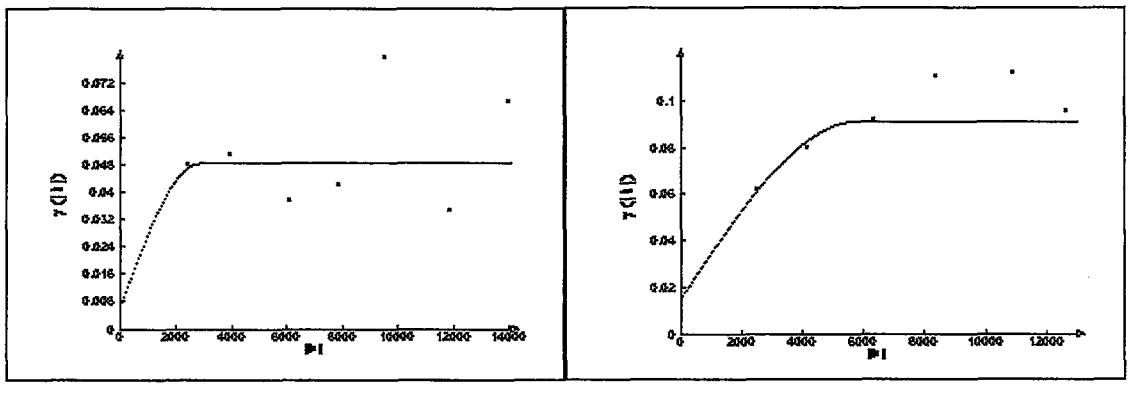
(a) (b)

Şekil 7.4. 1995-96 ısınma mevsiminde variogram modelleri; (a) SO_2, (b) APM (dogal logaritmik değerler ile)



(a) (b)

Şekil 7.5. 1995-96 ısınma mevsiminde variogram modelleri; (a) SO_2, (b) APM (normal data)



(a) (b)

Şekil 7.6. Şubat ayı variogram modelleri; (a) SO_2, (b) APM (doğal logaritmik değerler ile)

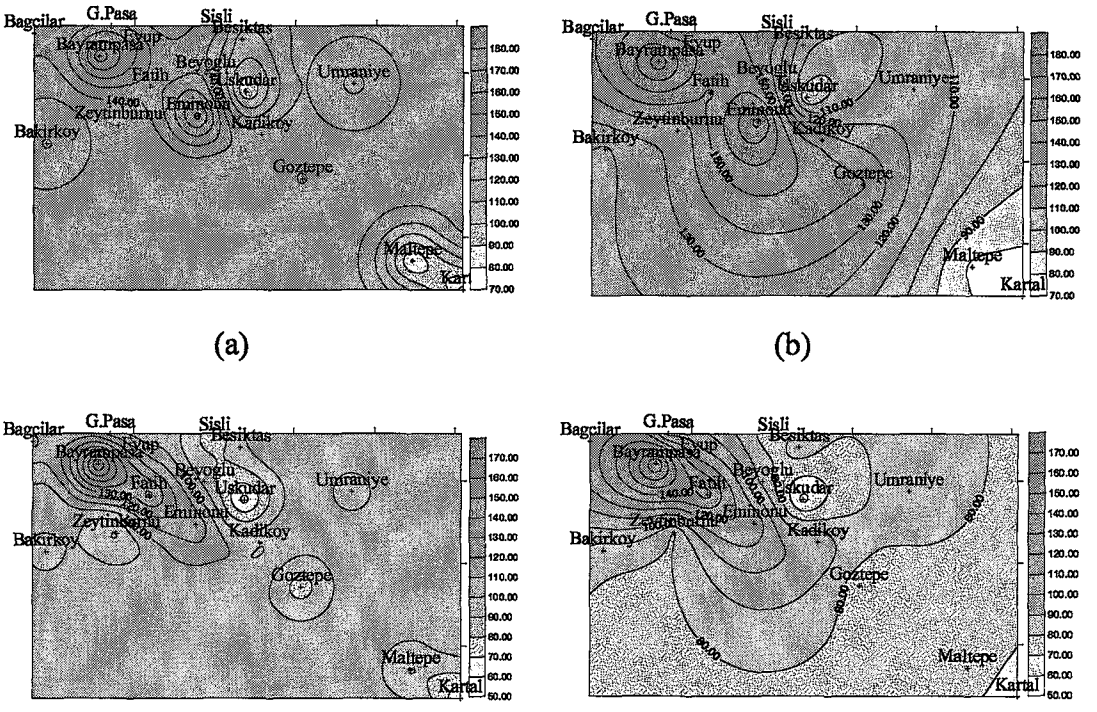
Variogram analizi, 1995-1996 ısınma döneminde maksimum aylık ortalama konsantrasyona sahip olan 1996 yılı Şubat ayı için de gerçekleştirilmiştir. Şekil 7.6.(a) ve.(b), bu aya ait doğal logaritma dönüşümlü veri seti ile bulunan variogram modellerini göstermektedir.

Deneysel variogramların belirlenmesinde yönden bağımsız olan her yönde (omni-directional) seçeneği kullanılmıştır. Her iki kirletici için farklı zaman periyotlarına ait model sonuçları, mekansal korelasyon yapısına da işaret etmektedir. Ancak, Variogram modellerinde bazı dağınık noktaların olduğu da görülmektedir. Variogram analizi için kullanılan az sayıda (17) hava kalite istasyonu, variogramdaki dağınık noktaların muhtemel sebebi olabilir. Webster ve Oliver, (1990; 1992)'ye göre, az sayıdaki numunelerden hesaplanan variogramlar hemen hemen her zaman düzensizdir. Bunun temel sebebi yetersiz veri kullanımıdır.

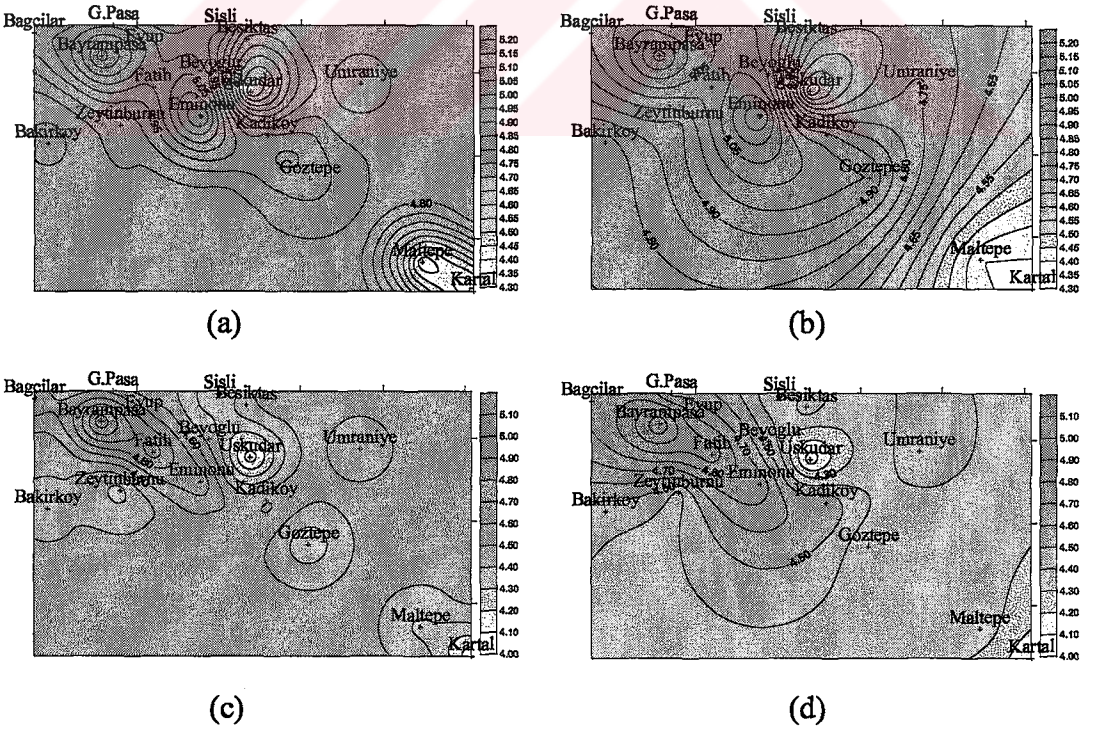
7.3. Hava Kirliliğinin Mekansal Dağılımı

Bu çalışmada hava kirliliğinin mekansal dağılımı olağan (ordinary) kriging metodu ile Surfer yazılımı kullanılarak bulunmuştur. Kriging son derece uygun bir gridleme yöntemidir. Veri setinin az örnek içermesi nedeniyle, variogram modellerinin seçimi zorluklar içermektedir. Şekil 7.7 (a) ve (c) deneysel variogram model değerleri (DVMD) kullanılarak 1995-96 ısınma mevsiminde normal veri seti için kriging ile elde edilen SO_2 ve APM dağılımını ve Şekil 7.7 (b) ve (d) ise normal veri setinin programda önceden belirlenmiş variogram model değerlerini (PBVMD) kullanarak elde edilen dağılımını göstermektedir.

Şekil 7.8 (a) ve (c) doğal logaritmik dönüşümlü veri setinin DVMD kullanılarak ısınma mevsiminde kriging ile hesaplanan SO_2 ve APM dağılımını, doğal logaritmik dönüşümlü veri seti için PBVMD ile kriging sonucu elde edilen SO_2 ve APM dağılım ise Şekil 7.8.(b) ve.(d) 'de gösterilmiştir.



Şekil 7.7. 1995-1996 ısınma mevsiminde SO_2 ve APM'nin dağılımı; (a), (c) SO_2 ve APM normal veri seti DVMD kullanımı, (b), (d) SO_2 ve APM normal veri seti PBVMD kullanımı



Şekil 7.8. 1995-1996 ısınma mevsiminde SO_2 ve APM 'ın dağılımı; (a), (c) SO_2 ve APM'in doğal log-dönüşümlü veri seti DVMD kullanımı, (b), (d) SO_2 ve APM'in doğal log-dönüşümlü veri seti PBVMD kullanımı.

Deneysel variogram model değerleri ve programın belirlenmiş variogram model değerlerini kullanarak uygulanan kriging sonuçlarını kıyaslamak için krigingin artık terimleri yani hataların standart sapmaları hesaplanmıştır. Hatalar, bir veri dosyasında ki bir noktanın konsantrasyonu ile gridlenmiş bir yüzeyde aynı (x,y) noktasındaki enterpole edilmiş konsantrasyon değeri arasındaki farktır. Tablo 7.2'den görüldüğü gibi PBVMD ile enterpolasyon sonucu, normal veri seti ve doğal log-dönüşümlü veri seti için DVMD kullanılarak elde edilenden daha düşük bir standart sapma göstermektedir. Yani programın belirlenmiş variogram model değerlerinin (PBVMD) kullanımı ile daha az enterpolasyon hatası meydana gelmiştir.

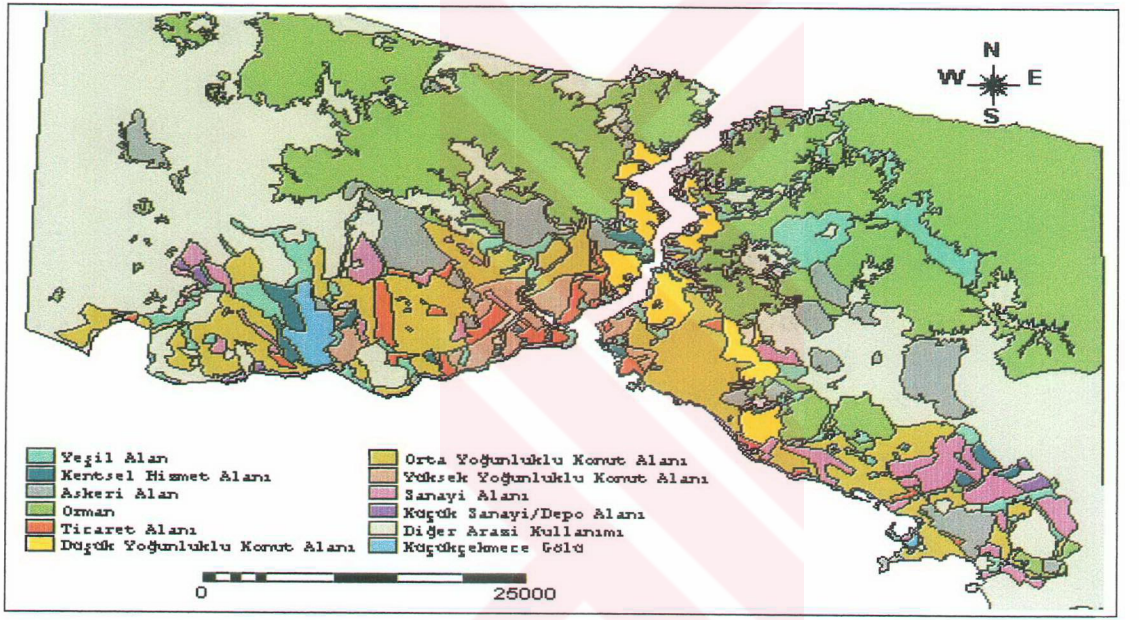
Tablo 7.2. DVMD ve PBVMD ile uygulanan kriging enterpolasyonu hataların standart sapmaları (normal ve doğal log-dönüşümlü veri seti kullanılmıştır)

Kirlilik parametreleri	Artık terimin standart sapması (normal veri seti)		Artık terimin standart sapması (doğal logaritması alınan veri seti)	
	DVMD kullanılarak	PBVMD kullanılarak	DVMD kullanılarak	PBVMD kullanılarak
SO_2	1.2027	0.9590	0.0076	0.0069
APM	1.2997	1.2172	0.0117	0.0111

Veri setindeki örneklerin eksikliğinden, deneysel variogram modelleri güvenli değildir. Hava kalitesi verileri ile aşırı kirlilik seviyelerinde arazi kullanımları ve nüfus arasındaki ilişkileri incelemeye yönelik CBS yazılımı ile haritaların oluşturulmasında ve daha ileri analizlerde hava kirliliği seviyesinin şehir üzerindeki dağılımı için, PBVMD kullanılarak elde edilen kriging sonuçları yeterli bilgiyi sağlamaktadır. Veri setinin az örnek içermesi bunun muhtemel sebebi olabilir. Bu çalışmanın amacı olan CBS ile hava kirliliğinin mekansal analizinin yapılmasında SURFER yazılımında (PBVMD) kullanarak oluşturulan kriging haritaları Facchinelli ve diğerleri (2001) tarafından topraktaki bölgesel ortalama ağır metal konsantrasyonlarının ve değişiminin ve muhtemel kaynaklarının belirlenmesi amacına yönelik yapılan çalışmada benzer şekilde kullanılmıştır.

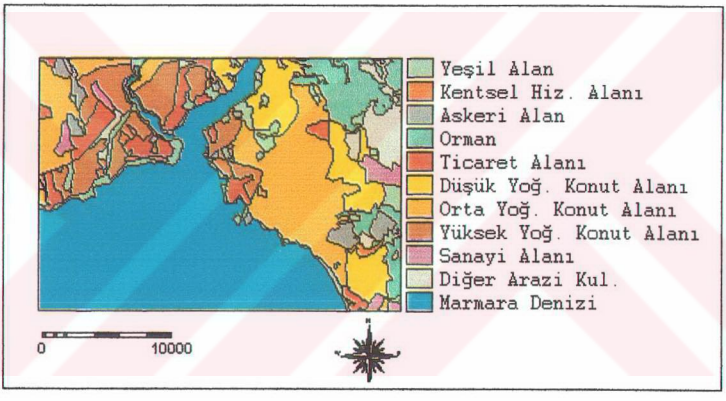
7.4. Arazi Kullanımı ve Isınma Mevsiminde Hava Kirliliği Seviyeleri

Bu çalışmada , İstanbul metropolitan alan alt bölge nazım planındaki arazi kullanım sınıfları çalışmanın kapsamı doğrultusunda 11 ana arazi kullanımı şeklinde yeniden sınıflandırılmıştır. Bu temel kullanım sınıfları; Organize Sanayi Bölgeleri, Küçük Sanayi/Depolama Alanları, Ticaret, Kentsel Hizmet Alanları, Askeri Alanlar, Orman, Yeşil Alanlar, ile Yüksek, Orta, Düşük Yoğunluklu Konut Alanları ve diğer arazi kullanımı şeklindedir. Arazi kullanım haritası Şekil 7.9 da gösterilmiştir.



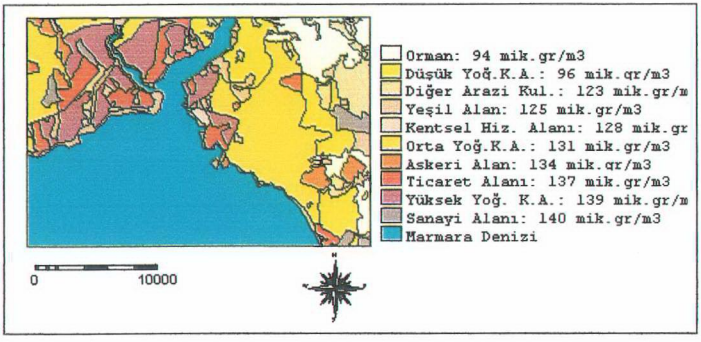
Şekil 7.9. İstanbul ili arazi kullanım haritası

Büyükşehir Belediyesi sınırları 5512 km^2' lik "ilin" alan sınırları içinde 935 km^2' lik bir çalışma alanını içermektedir. Bunun yanısıra arazi kullanımı ile hava kirliliği seviyesi arasındaki ilişki hava kalite istasyonlarının yerleşim alanlarını kapsayan 430 km^2' lik bir alanda 1995-1996 ısınma mevsiminde ve bu dönem içinde kirliliğin en yüksek olduğu 13 Şubat 1996 günü her iki kirletici için incelenmiştir. Kirlilik dağılım haritalarının oluşturulması ve mekansal analizin yapılabilmesi amacı ile Surfer yazılımında kriging ile oluşturulan grid veri ILWIS 2.1 CBS yazılım formatına dönüştürülmüştür. Şekil 7.10' da görülebileceği gibi çalışma alanında yüksek yoğunluklu konut alanları ile ticaret ve sanayi alanları çoğunlukla Avrupa yakasında yer almaktadır.



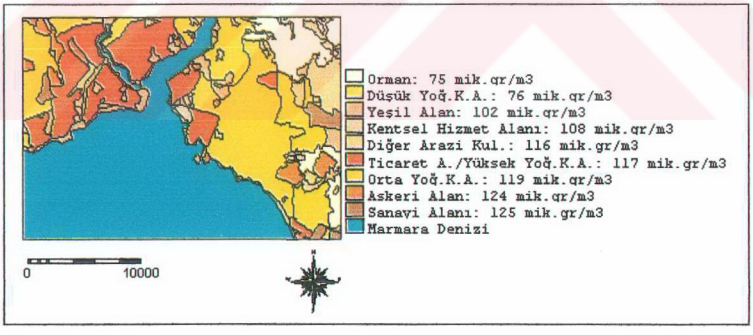
Şekil 7.10. Çalışma alanında arazi kullanımı

Isınma mevsiminde herbir arazi kullanımı başına ortalama SO_2 konsantrasyonu hesaplanarak ve Şekil 7.11'de görülen harita elde edilmiştir. En yüksek konsantrasyon Sanayi kullanım alanı ile Avrupa yakasında oluşmuştur. En düşük SO_2 konsantrasyonu ise Anadolu yakasında orman alanlarında ve buraya yakın düşük yerleşim alanlarında gözlemlenmiştir.



Şekil 7.11.Isınma mevsiminde arazi başına düşen ortalama SO_2 konsantrasyonu

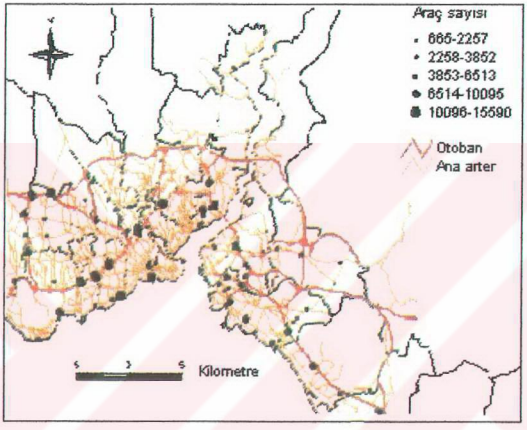
En yüksek APM konsantrasyonuda Şekil 7.12'de görülebileceği gibi sanayi bölgelerinde oluşmuştur. İkinci en yüksek kirlilik seviyesi ise yüksek orta yoğunluklu yerleşim alanları arasında kalan askeri kullanıma ait alanlar ile orta yoğunluklu yerleşim bölgelerindedir. Askeri amaçlı kullanım alanları kendi ısınma sistemi yanısıra çevre yerleşimin etkisi ile yüksek kirliliği işaret etmektedir.



Şekil 7.12. Isınma mevsiminde arazi başına düşen APM konsantrasyonu

Şehirde en düşük APM seviyesi ise beklendiği gibi SO_2'ye benzer olarak orman alanları ile düşük yoğunluklu yerleşim alanlarında ortaya çıkmıştır. Orta yoğunluktaki yerleşim bölgesinde kirliliğin yüksek yoğunluklu yerleşim alanlarında az da olsa yüksek olduğu görülmüştür. Söz konusu bölgenin sanayi ve yüksek

yoğunluklu yerleşime yakınlığı bunun sebebi olarak düşünülebilir. Ayrıca trafik kaynaklı kirlilikte bu bölgede konsantrasyonu etkilemiş olabilir. Şekil 7.13 bölgedeki trafik yoğunluğu hakkında genel bir bilgi vermektedir. Şekilden gözlemlenebileceği gibi iki otoyolun (E-5 ile TEM'e bağlanan yol) kesişimi ve sabah saatlerinde yüksek yoğunluklu araç trafiği bu bölgede oluşmaktadır. Sabit kaynaklara ek olarak sanayi bölgesine yakınlığı ve yüksek trafik yoğunluğu bu bölgedeki yüksek konsantrasyonu işaret etmektedir.



Şekil 7.13. Şehirde sabah saatlerinde ortalama araç sayısı (1996)

Her iki kirletici için yüksek kirlilikteki alanlar sanayi, ticaret ve yerleşim alanlarının daha uygun olduğu Avrupa yakasındadır. En düşük konsantrasyon yeşil alanların üzerindeki kirliliği filtrelemesininde etkisi ile her iki kirletici içinde en düşük konsantrasyonların orman alanlarında oluşmasını sağlamıştır.

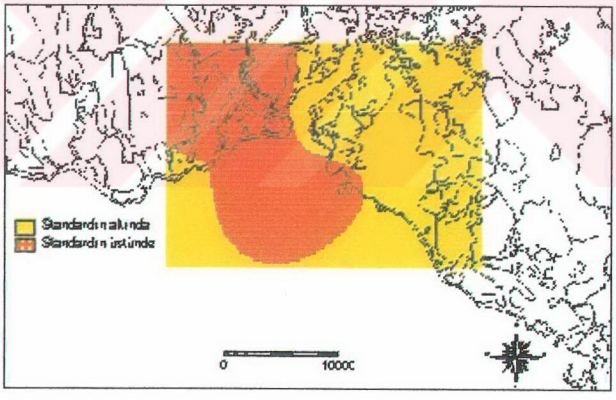
7.5. Hava Kalite Standardının Aşılması

1995-1996 ısınma mevsiminde ve 13 Şubat 1996 günündeki kirliliğin mekansal dağılımı incelenmiştir. En çok kullanılan ve uluslar arası geçerli olan standartlar WHO, EPA ve AB' ne (Avrupa Birliği) aittir. Bu standartlar HKKY'de de gelecekte kabul edilerek limitler için önerilmiştir. Her bir standart ayrı olarak günlük, yıllık ve saatlik kriterler olarak tanımlanmıştır. Diğer standartlardan farklı olarak AB; ısınma

mevsimi (1 Ekim, 31 Mart) için de SO_2 ve APM için kriterler tanımlamıştır. Bundan dolayı bu standart 1995-1996 ısınma mevsimindeki sınır değerlerin aşımına ait analizde kullanılmıştır. 13 Şubat 1996 gününe ait sınır değerlerin aşımı ise EPA-KSİ indeksi kullanılarak incelenmiştir.

AB standartlarında, SO_2 ve APM için 130$\mu g/m^3$ limit değer olarak verilmiştir.WHO ise yıllık ortalama limit konsantrasyonu SO_2 için 40-60 $\mu g/m^3$ ve APM için 60-90 $\mu g/m^3$ olarak önermektedir. Bu çalışmada her iki kirleticinin ise WHO'un önerilen yıllık ortalama değerleri aştığı gözlenmiştir.

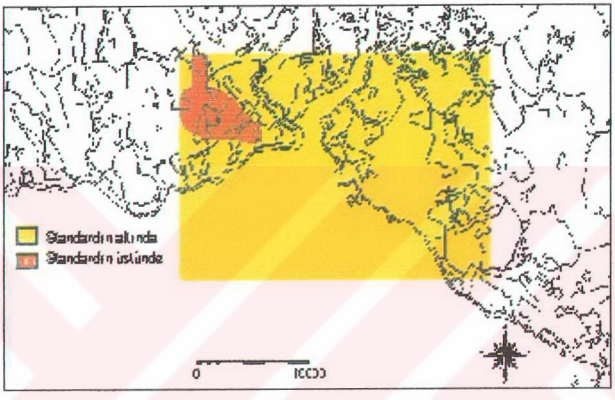
AB standardına göre SO_2 konsantrasyonunun daha ziyade Avrupa yakasında SO_2 için verilen limitleri aştığı, Anadolu yakasında ise Kadıköy ilçesinde standartların aşıldığı belirlenmiştir. Anadolu yakasında diğer ilçelerde kirliliğin limitlerin altında olduğu görülmüştür (Şekil 7.14). Avrupa yakasında limitlerin aşıldığı alan, yüksek yoğunluklu yerleşim bölgesi ve ticaretin olduğu sabit ve hareketli kaynakların çok olduğu bir bölgedir (Şekil 7.13).



Şekil 7.14. Isınma mevsiminde sınır değerleri aşan SO_2 konsantrasyon dağılımı (AB)

Şekil 7.15 de görüldüğü gibi APM konsantrasyonunun standartları aştığı alan yine Avrupa yakasında yer almıştır. Söz konusu bölge, daha önce Şekil 7.10'da da görüldüğü gibi sanayi, ticaret ve yüksek yoğunluklu yerleşim ve trafiğin olduğu bir alandır. Ayrıca Şekil A.23' de görülebileceği gibi bu bölgede; trafikte seyreden

kamyon ve ağır tonajlı araç sayısı daha yüksektir. Trafik yoğunluğuna ek olarak kullanılan yakıt türüde trafikten kaynaklanan kirlilik yükünü etkilemektedir. Yakıt olarak motorin kullanan ağır tonajlı araçlar, benzin kullanan araçlardan daha yüksek partiküler madde oluştururlar. Tablo 7.3 benzin ve dizel kullanan araçlardan kaynaklanan SO_2 ve APM miktarlarını göstermektedir. Mevcut sabit kaynaklar ile trafiğin etkisi bu alanda en yüksek APM'nin oluşmasına sebep olmuştur.

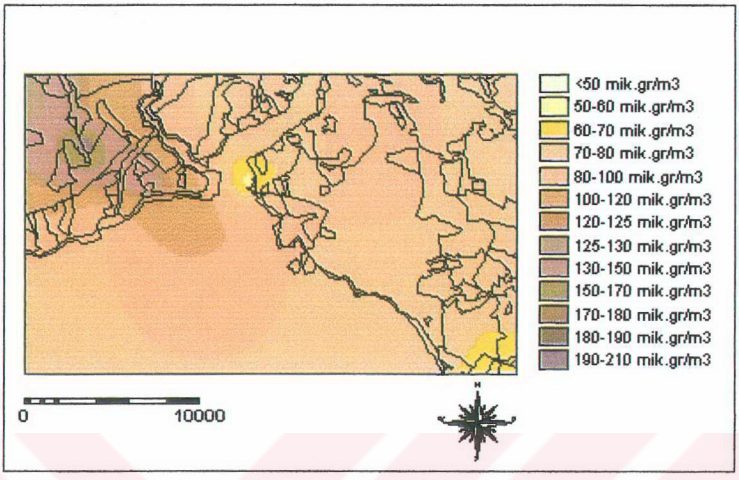


Şekil 7.15. Isınma mevsiminde sınır değerleri aşan APM konsantrasyon dağılımı

Isınma mevsiminde APM' nin dağılımı Şekil 7.16' de gösterilmiştir. En yüksek APM konsantrasyonunu Bayrampaşa ve Güngören çevresinde iken ikinci en yüksek seviye Zeytinburnu ve Fatih' te meydana gelmiştir.

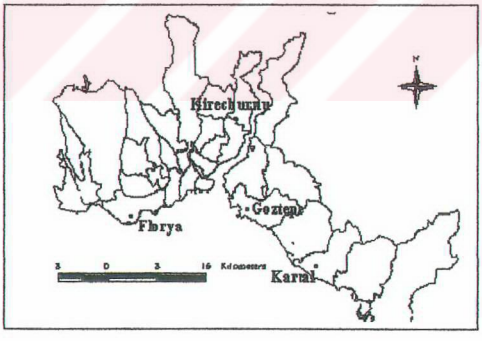
Tablo 7.3. Benzin ve motorinle çalışan araçlarda kirletici oranları (Yayla,1990).

Kirletici	Benzin (kg)	Dizel (kg)
SO_2	0.00014	0.0045
APM	0.00022	0.0045

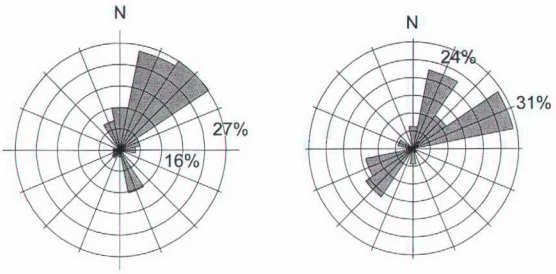


Şekil 7.16.Isınma mevsiminde tüm şehir üzerinde APM konsantrasyon dağılımı.

Hava kalite sınır değerlerinin aşıldığı bölgelerde kirlilik seviyesinin meteorolojik parametrelerle olan ilişkisi araştırılmıştır. Şekil 7.17 de konumu verilen Göztepe ve Florya meteoroloji istasyonlarıa ait rüzgar gülleri şekil 7.18 de verilmiştir.



Şekil 7.17. Meteoroloji ölçüm istasyonlarının konumu.



Şekil 7.18. İstanbul'da 1995-96 ısınma mevsimine ait rüzgar gülleri.

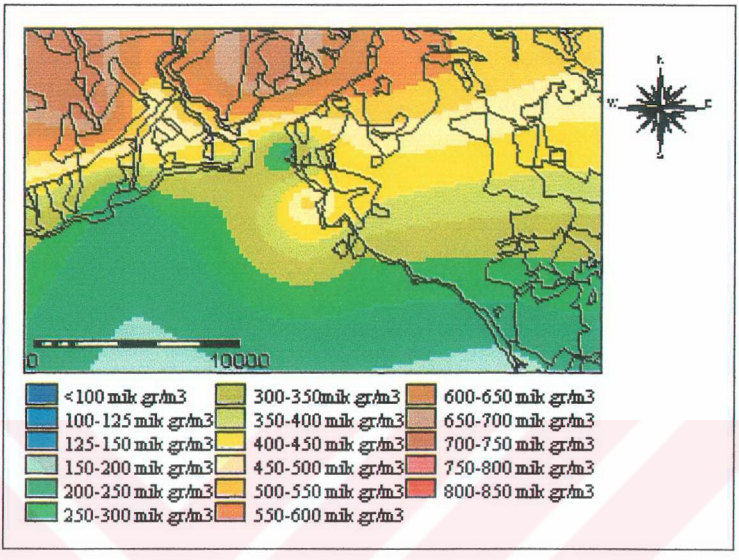
Hakim rüzgar yönü her üç istasyonda da K, KD ve DKD olarak tespit edilmiştir.

Sıcaklık ile hava kirliliği seviyesi arasında negatif bir ilişki, ısınma dönemindeki sıcaklık sebebiyle ısıtma sistemlerinin devreye girmesi nedeniyle yüksek emisyonlara yol açtığı yüksek kirlilik seviyeleri ile açıklanır.

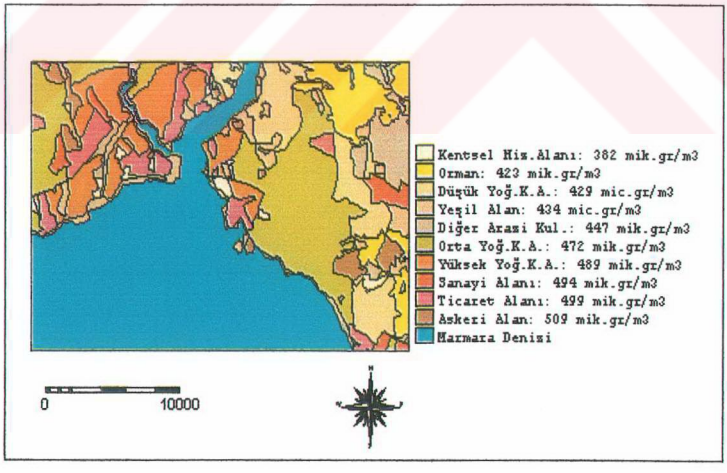
Avrupa yakasında yer alan Florya meteoroloji istasyonunda ortalama rüzgar şiddeti 2,4 m/s ve Anadolu yakasında, Göztepe istasyonun da ise biraz daha yüksek 2.9 m/s dir. Avrupa yakasında, şehrin kuzeyinde yer alan Kireçburnu istasyonunda ise ortalama rüzgar hızı 2,4 m/s dir.

Anadolu yakasında ki daha yüksek rüzgar hızı, Kuzey doğulu rüzgarları ve arazi kullanımı en yüksek konsantrasyonun oluşma alanını açıkça belirlemektedir. (Şekil 7.16)

Isınma mevsiminde en çok kirliliğin yaşandığı 13 Şubat günü kirlilik seviyesi ise EPA–KSİ indeksi kullanılarak analiz edilmiştir. Tablo B.21'de bu günde tüm istasyonlarda ölçülen SO_2 ve APM konsantrasyonları verilmiştir. Şehirde SO_2 ve APM konsantrasyonu ısınma mevsimi ortalama konsantrasyonunun çok üzerindedir. Bu esnada şehir genelinde önemli bir kirlilik olayı yaşanmıştır (Şekil 7.19).



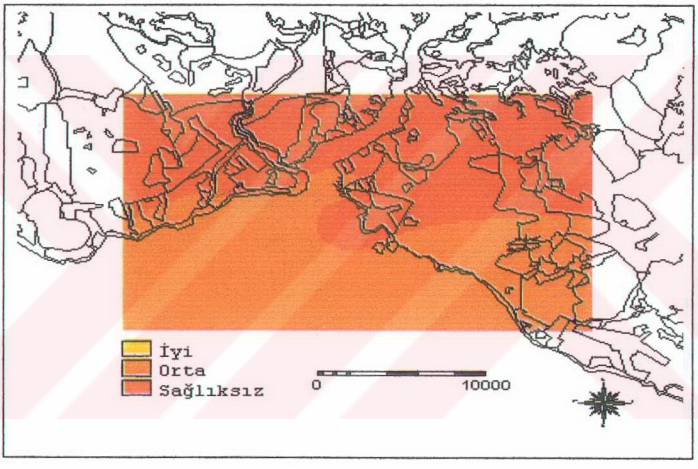
Şekil 7.19. 13 Şubat 1996 günü SO_2' in değişimi



Şekil 7.20. 13 Şubat ta tüm arazi birimlerinde ortalama SO_2 konsantrasyonunun değişimi

SO_2 konsantrasyonunun bugüne ait arazi kullanımı başına seviyesi hesaplanmış yine ticaret ve yüksek yoğunluklu yerleşim alanları daha yüksek konsantrasyonlarda olmak üzere tüm arazi kullanımlarında ortalama konsantrasyonun yükseldiği belirlenmiştir (Şekil 7.20).

SO_2' in konsantrasyon dağılımı EPA-KSİ indeksine göre Şekil 7.21'da gösterilmiştir. Anadolu yakasında yeşil alanla çevrili düşük yoğunluklu yerleşim bölgesi hariç tüm şehirde KSİ indeksine göre sağlıksız ve halk sağlığını tehdit eden bir seviye tesbit edilmiştir.



Şekil 7.21. 13 Şubat'96 günü EPA-KSİ limitlerine göre SO_2'in dağılımı

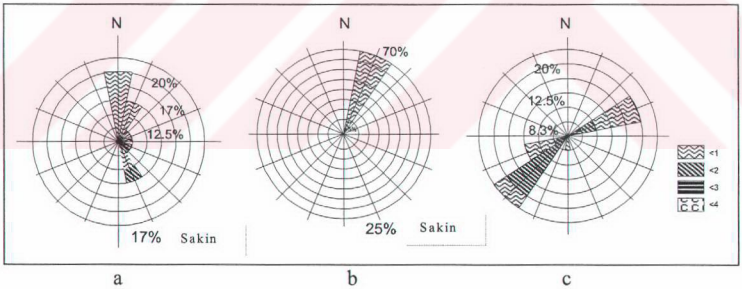
Meydana gelen kirlilik seviyesinin sıcaklık enverziyonundan dolayı ortaya çıktığı belirlenmiştir. Buna göre atmosferin son derece kararlı olması, havanın düşey hareketinin kirleticilerin dağılımını engellemesi hava kirliliği açısından olumsuz etki yaratmaktadır.

Tablo 7.4 Göztepe istasyonunda Şubat ayında enverziyon ölçümlerini, yüzeysel inversiyonun şiddetini ve kalınlığını vermektedir (Bozyazı ve diğ., 2001). Bu tablodan en yüksek inversiyon şiddetinin 13 Şubat 'ta oluştuğu görülmektedir. Şehirde her iki yakada ortalama rüzgar şiddeti isel m/s nin altındadır. Örneğin

Anadolu yakasında 0,9 m/s ve Avrupa yakasında 0,5 m/s olarak meydana gelmiştir. Şekil 7.22 iki istasyonda 13 Şubat 'taki saatlik rüzgar hız ve yönünü göstermektedir. Rüzgar hızının % 80 oranında kuzeyden esen 1 m/s 'nin altında ve % 20'nin de sakin olduğu tesbit edilmiştir. Bu durum bu esnada meydana gelen zayıf dispersiyon şartlarını yani düşük rüzgar hızı ve enverziyon altında 13 Şubat günlü yüksek konsantrasyonun sebebini açıkça ortaya koymaktadır. 13 Şubat'ta ortalama sıcaklık 5 °C olup bugünden önceki 4-5 gün ısınma mevsiminin en soğuk günleridir.

Tablo 7.4. Şubat'96 da enverziyon kalınlığı ve şiddeti.

Günler	Ay	Yıl	Enverziyon kalınlığı (m)	Enverziyon Şiddeti (°C/m)
8	2	1996	382	0.010209
13	2	1996	46	0.021739
22	2	1996	195	0.006667
23	2	1996	227	0.002643



Şekil 7.22. 13 Şubat 1996 gününe ait rüzgar gülleri; a) Florya, b) Kireçburnu, c) Göztepe

13 Şubat günü atmosferin kararlılık durumunu tesbit edebilmek için, 12:00 GMT Göztepe istasyonu radyozonde verilerine göre yer seviyesindeki ve 85m'deki meterolojik parametreler Tablo7.5'de verilmiştir. Bu değerler *7.7'* deki eşitlik kullanılarak Richardson sayısı (*Ri*) hesaplanmıştır. Bu eşitlikte ΔT_v düşey sıcaklık farkı, ΔU, ΔV rüzgar hızının düşey ve yatay bileşenleri arasındaki farkı, Δz

yükseklikler arasındaki farkı, Γ_d=9,8 K/km kuru adyabatik sıcaklık düşey sıcaklık gradyanını göstermektedir (Stull, 2000).

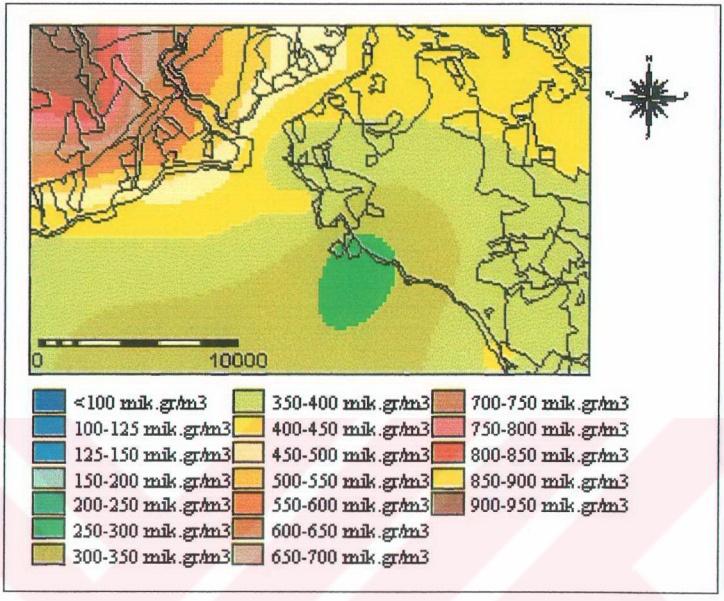
$$Ri = \frac{|g| \cdot (\Delta T_v + \Gamma_d \cdot \Delta z) \cdot \Delta z}{T_v \cdot \left[(\Delta U)^2 + (\Delta V)^2\right]} \qquad (7\text{-}7)$$

13 Şubat 1996 günü için hesaplanan Richardson sayısı 4,9 değerindedir. Kritik Richardson değeri olan 0.25'den büyük olduğundan atmosfer hem statik hem de dinamik olarak kararlıdır. Bu kararlı durum şehirdeki yüksek kirlilik konsantrasyona yol açabilecek bir potansiyel oluşturmaktadır.

Tablo 7.5. Şubat 1996 tarihli Göztepe istasyonu 12:00 GMT radyozonde verileri

Yükseklik (m)	39	85
Basınç (mbar)	1013	1007
Sıcaklık (°C)	6	7
Rüzgar Yönü	200	180
Rüzgar Hızı (m/s)	2	2

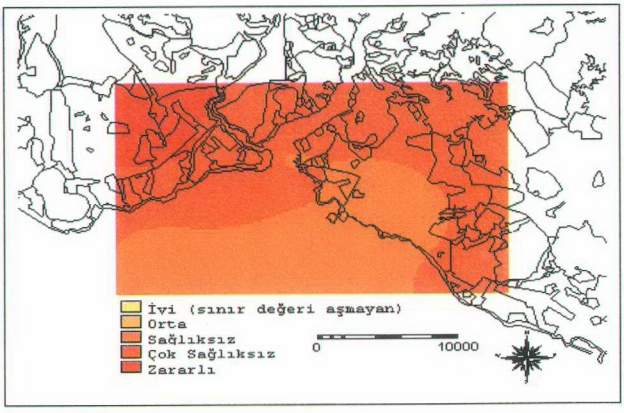
Şekil 7.23' de APM konsantrasyonunun 13 Şubat' taki dağılımını göstermektedir. Avrupa yakası yine en yüksek kirliliğin aşıldığı bölge olmuştur. Tüm şehirde APM konsantrasyonu EPA-KSİ standartlarına göre sağlıksız ve zararlı seviyelerde gözlenmiştir.



Şekil 7.23.13 Şubat 1996 günü APM'nin şehirdeki dağılımı

Şekil 7.24' da görüldüğü gibi zararlı seviyenin gözlemlendiği bölge ısınma sezonunda APM dağılımının da en yüksek konsantrasyonun oluştuğu aynı alanı içermektedir (Şekil 7.16).

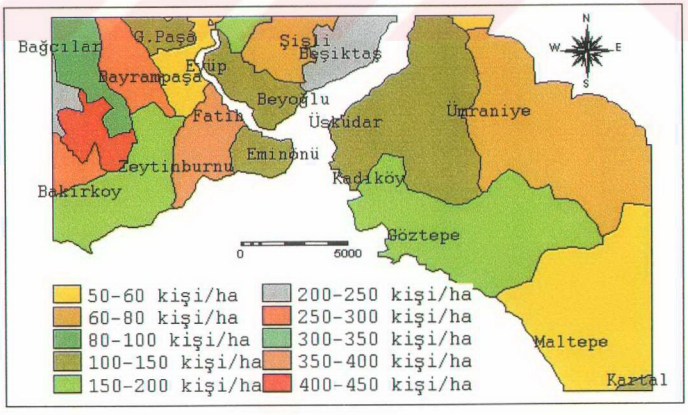
Söz konusu bölge sanayi, ticaret ve yüksek–orta yoğunluklu yerleşim alanlarının ve otoban tarafiğinin bulunduğu alandır. Bu arazi kullanımı olumsuz meteorolojik faktörlerinde etkisi ile insan sağlığına zararlı en yüksek konsantrasyonların oluşumuna neden olmaktadır.



Şekil 7.24. 13 Şubat'96 günü EPA-PSI limitlerine göre APM 'nin dağılımı

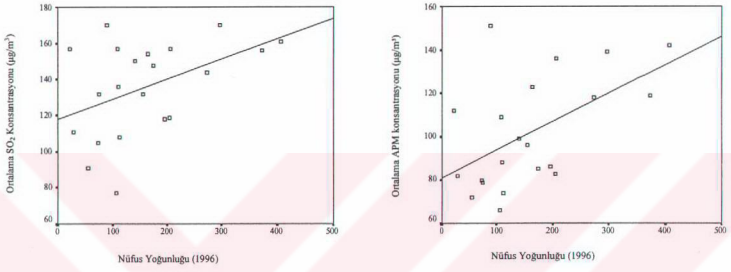
7.6. Hava Kirliliği Üzerinde Nüfus Etkisi

Bu analizde 1996 yılındaki tahmini nüfus dikkate alınarak ilçe nüfus yoğunlukları hesaplanmıştır (Şekil 7.25). Avrupa yakasında Anadolu yakasına nazaran daha yüksek nüfus yoğunlukları görülmüştür. Nüfus yoğunluğu en yüksek ilçeler sırasıyla Güngören, Fatih, Bayrampaşa, G.Paşa, Bahçelievler ilçeleridir.



Şekil 7.25. Şehirde 1996 yılında ilçe bazında nüfus yoğunluğu

İlçelerde 1995-96 ısınma mevsiminin ortalama SO_2 ve APM konsantrasyonu CBS kullanılarak hesaplanmış. Şekil 7.26 ilçelerde kirlilik seviyesinin nüfus yoğunluğu ile ilişkisini göstermektedir. İlçelerde nüfus yoğunluğu ile SO_2 ve APM konsantrasyonları arasında sırasıyla 0.05 anlamlılık seviyesinde %53 ve % 44 'lik doğrusal bir ilişki bulunmuştur (Tablo 7.6).



Şekil 7.26. Isınma mevsimindeki ortalama ve APM konsantrasyonları ilişkisi

Tablo 7.6. 1996 yılında ilçe nüfus yoğunluğu ile kirlilik seviyesi arasındaki korelasyon katsayıları

		SO_2	APM	Nüfus Yoğunluğu'96
Pearson Korelasyon	SO_2	1.000	.868**	.446*
	APM	.868**	1.000	.534*
	Nüfus Yoğunluğu'	.446*	.534*	1.000
Sayı	SO_2	21	21	21
	APM	21	21	21
	Nüfus Yoğunluğu'	21	21	21

**. Korelasyon anlamlılık seviyesi 0.01'de

*. Korelasyon anlamlılık seviyesi 0.05' de

Nüfus yoğunluğu ile kirlilik seviyesi arasındaki pozitif korelasyon katsayısı nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu alanlarında daha çok kirliliğin olabildiğini göstermektedir. Evsel ve endüstriyel ısınma amaçlı yakıt kullanımı ısınma mevsiminde ısınma dışı döneme nazaran daha fazla SO_2 ve APM oluşmasına neden

olmaktadır. Isınmanın başlaması ile kullanılan yakıt oranı her ilçedeki nüfusla doğru orantılı olarak artacaktır. Kullanılan yakıt miktarı nüfusla orantılı olduğu için, nüfusun yoğun olduğu bölgelerde yakıt tüketimi yüksek olacak ve dolayısıylada yüksek kirlilik seviyeleri gözlenebilecektir. Şekil 7.25' de en yüksek nüfus yoğunluğunun olduğu ilçeler ısınma mevsiminde APM konsantrasyonlarınında en yüksek olduğu bölgedir (Şekil 7.16). Sanayi, ticaret, iş merkezleri, yüksek yoğunluklu yerleşim alanları yüksek nüfus yoğunluğu olan alanlardır ve pozitif korelasyon ile yüksek kirliliğin gözlemleneceği yerlerdir (Şekil 7.10). Tabi ki tek başına nüfus, kirlilik seviyesini açıklamak için yetersizdir. Kirlilik seviyesiyle ilgili olarak bölgedeki kirleticilerin dağılımı, atmosferik olaylar ve emisyon kaynakları diğer önemli faktörlerdir.

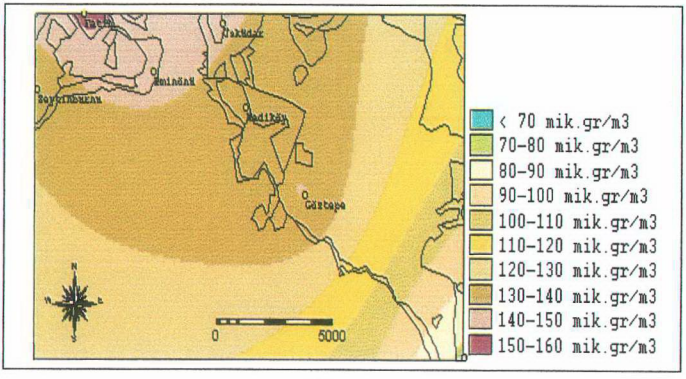
7.7. 1995-1996 ve 1999-2000 Isınma Mevsimlerinin Karşılaştırılması

Bölüm 7.1'de açıklandığı üzere hava kirliliğinin mekansal dağılımındaki değişimi incelemek ve karşılaştırabilmek için 1995-96 ve 1999-2000 ısınma mevsimleri seçilmiştir. Her iki mevsimde ölçüm yapılan ve analiz kriterine uygun beş istasyon Avrupa yakasında Fatih (İst.No 7), Zeytinburnu (İst. No 5). ve Anadolu yakasında Kadıköy (İst.no 17), Göztepe (İst.No 18) ve Maltepe (İst.No 19) 'dir. Bölüm 7.4 'de veri setinin az örnek içermesi halinde variogram modellerinin seçiminin güç olduğu belirtilmiştir. Karşılaştırma amacı ile seçilen dönemlerdeki 5 olan istasyon sayısı mekansal korelasyonun tesiti için yeterli değildir. Mevcut kirlilik ölçüm verilerilerinin durumunun değiştirilmesi ise mümkün değildir. Bu bölümde veri kısıtlılığına rağmen yine de kirlilik dağılımının karşılaştırması ve değerlendirebilmesi amacıyla bu veri seti kullanılarak örnek bir çalışma yapılmıştır. Variogram analizinde 5 istasyonu içeren veri setinin oluşturduğu toplam örnek çiftlerinin sayısının 10 olduğu hesaplanmıştır. Örnek değerlerini içeren veri gruplarından doğru semivariogramın belirlenebilmesi için mevcut veri çiftlerinin sayısı en az 30-50 olmalı bu değerden çok küçük olmamalıdır. Bu variogram uygulamalarında verilen öncelikli bir kuraldır (Journel ve Huijbregts, 1978; Cooper ve İstok.1987). Bu kural dolayısıyla variogram analizi yapılamamıştır. Verilen değişik lag aralıkları içinde yalnızca iki nokta ile temsil edilen örnek çiftlerine uygun bir model belirlenmenin zorluğunu göstermek açısından incelenen çalışma dönemlerine ilişkin variogram model örnekleri Şekil A.24'de gösterilmiştir.

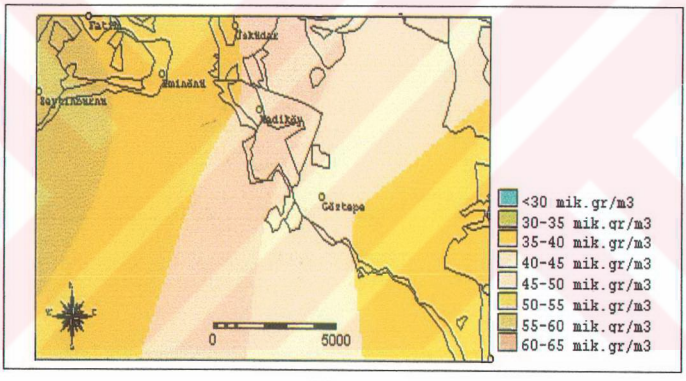
İstasyon sayısının bu derece az oluşu bu çalışma kapsamında sorunlar yaratmıştır. Bu nedenle deneysel variogram modeli belirlenememiş ve dolayısıyla SURFER yazılımında programda önceden belirlenmiş variogram model değerleri (PVMD) kullanılarak elde edilen her iki ısınma mevsimine ait kriging sonuçları CBS analizleri için ILWIS 2.1 formatına çevrilerek kullanılmıştır.

1995-96 ısınma mevsimi ve 1999-2000 ısınma mevsimlerinde SO_2 ve APM'nin dağılımı Şekil 7.27 ve 7.28 de haritalandırılmıştır. Buna göre, Avrupa yakasında her iki dönemde de daha yüksek kirlilik gözlenmiştir. 1995-96 ısınma mevsiminde SO_2 konsantrasyon dağılımında değişim aralığı 70-160 $\mu g/m^3$ iken 1999-2000 ısınma mevsiminde yaklaşık %50 azalarak 35-60 $\mu g/m^3$ aralığında değişim göstermiştir.

Her iki ısınma mevsiminde Avrupa yakası yine en yüksek kirlilik seviyelerine sahip olmuştur. Şekil 7.27, 1995-96 ısınma mevsiminde en yüksek SO_2 konsantrasyonlarının 150-160 $\mu g/m^3$ ile Fatih ilçesinde, 1999-2000 ısınma mevsiminde 55-60 $\mu g/m^3$ ile Zeytinburnu ilçesinin de oluştuğunu göstermektedir.



(a)



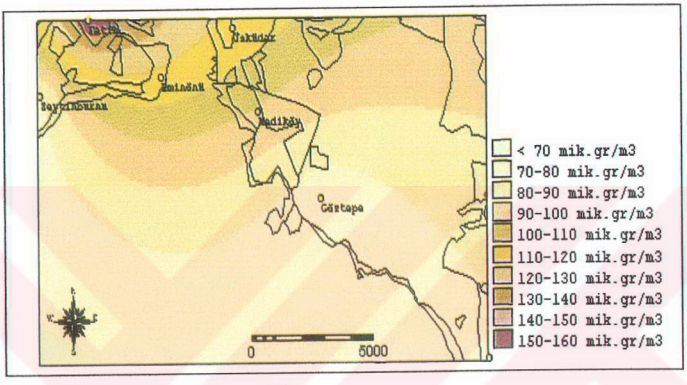
(b)

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

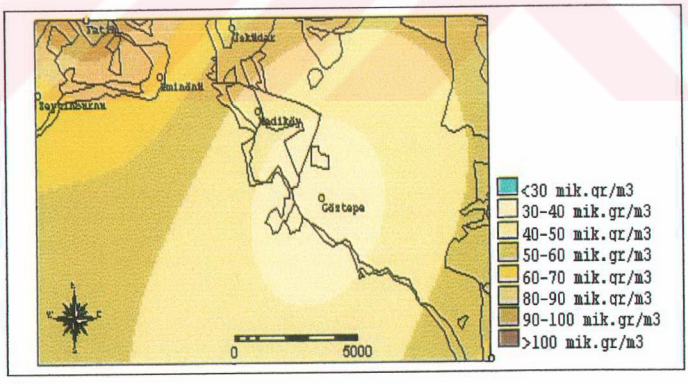
Şekil 7.27 İki ısınma mevsiminde SO_2'nin dağılımı a) 1995-1996; b)1999-2000

APM konsantrasyonu da 1999-2000 ısınma mevsiminde SO_2 gibi düşmüştür. Bu düşüş oranı SO_2 ye kıyasla daha azdır. Şehirde 1995-96 ısınma mevsiminde 60-160 $\mu g/m^3$ arasında değişen konsantrasyonlar 1999-2000 ısınma mevsiminde ise 30-100 $\mu g/m^3$ aralığında değişmektedir. Avrupa yakası diğer tüm analizlerde olduğu gibi Anadolu yakasından daha yüksek kirlilikleri işaret etmektedir. APM konsantrasyon seviyesinin en yüksek olduğu alan 1995-96 ısınma mevsiminde 140-160 $\mu g/m^3$ konsantrasyon ve 1999-2000 ısınma mevsiminde ise 80-100 $\mu g/m^3$ konsantrasyon seviyeleri ile yine Fatih ve çevresini içermektedir. En yüksek APM konsantrasyon

sevileri daha düşük konsantrasyon aralıklarında fakat aynı bölgede oluşmuştur. Bu bölgenin (Fatih, Eminönü,Beyoğlu) nin şehrin ticaret merkezi ve şehir trafiğinin en yoğun olarak yaşandığı ve diğer bölgelere nazaran daha az irtifaların bulunduğu topoğrafik sınıflamaya göre şehrin merkezi bölgesinde yer alması bu bölgede kirliliğin odaklanmasına sebep olarak düşünülebilir (Şekil 7.28).

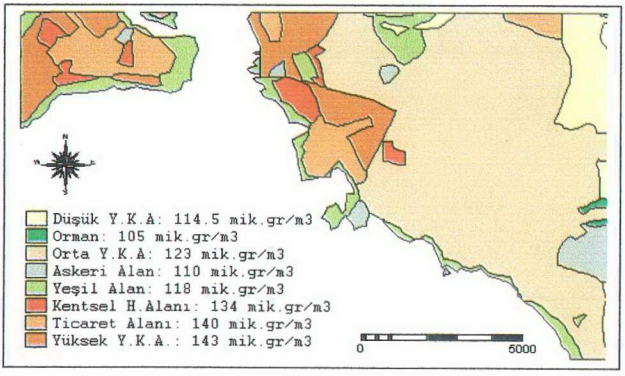


(a)



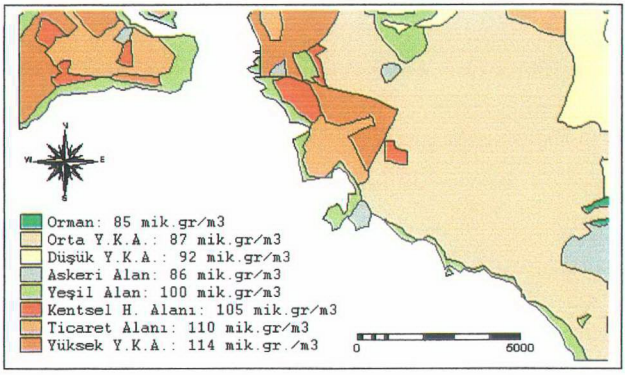
(b)

Şekil 7.28 İki ısınma mevsiminde APM'nin dağılımı a) 1995-1996; b)1999-2000



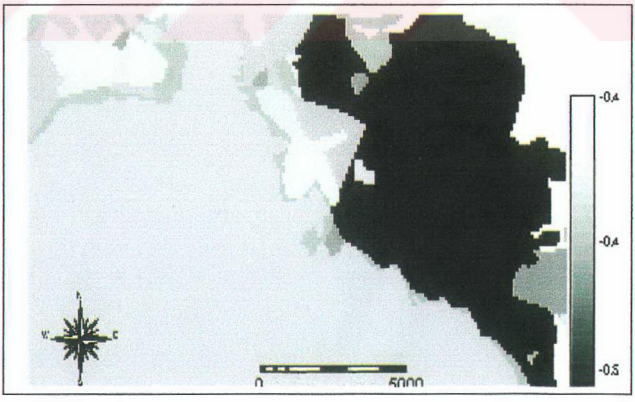
Şekil 7.29. 1995-96 ısınma mevsiminde arazi kullanımı başına SO_2 konsantrasyonu

Her iki ısınma mevsiminde kirlilik dağılım haritaları arazi kullanım haritaları ile çakıştırılarak her bir arazi kullanımındaki ortalama SO_2 ve APM konsantrasyonları hesaplanmıştır (Şekil 7.29). Bu bölümdeki analizler istasyonların bulunduğu İstanbul'un toplam alanı içinde 193 km^2'lik bir alanı içermektedir. Şekil 7.29 'den görülebileceği gibi daha önce Bölüm7.5'de açıklandığı şekilde en düşük konsantrasyon (105 $\mu g/m^3$) yerleşim bölgesine yakın ve şehir merkezinden uzak orman alanında oluşmuştur. Yüksek kirlilik seviyeleri olarak Eminönü ticaret alanlarında, Fatih Zeytinburnu ile Anadolu yakasında Kadıköy ve Üsküdar'da yoğun konut alanları ve ticaret alanlarında tesbit edilmiştir. Birim arazi kullanımı başına APM konsantrasyon haritası da aynı dönem için hazırlanmış arazi kullanımında hesaplanan ortalama SO_2 konsantrasyon seviyelerine benzer şekilde yüksek yoğunluklu yerleşim ve ticaret alanlarında daha yüksek APM konsantrasyonları gözlenmiştir. 1999-2000 ısınma mevsimi içinde SO_2 ve APM nin her bir arazi sınıfında ortalama konsantrasyonları haritaladırılmıştır. Yüksek yoğunluklu yerleşim alanları ve ticaret alanları en yüksek kirlilik seviyesinde şehir merkezlerinden uzak ve düşük yoğunluklu yerleşim ve orman alanları en düşük kirliliğe sahip olacak şekilde bir dağılım elde edilmiştir. Arazi kullanımındaki konsantrasyon seviyeleri Tablo B.22'de verilmiştir.



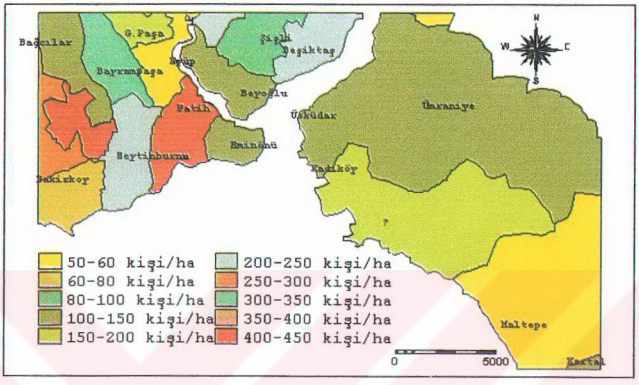
Şekil 7.30. 1995-96 ısınma mevsiminde arazi kullanımı başına APM konsantrasyonu

1995-96 ve 1999-2000 ısınma mevsimlerinde mekansal dağılım ve arazideki ortalama SO_2 ve APM kirlilik seviyelerindeki değişimi tespit edebilmek için her iki ısınma dönemi haritaları çakıştırılmış ve değişim haritaları elde edilmiştir. Şekil 7.31 1999-2000 ısınma mevsiminde herbir arazi kullanımında APM konsantrasyonunun 1995-96 ısınma mevsimine kıyasla %40-50 oranında azaldığını göstermektedir. SO_2 konsantrasyonuda 1999-2000 ısınma mevsiminde aynı trendi izlemiş ve %60 oranında bir azalış tespit edilmiştir.



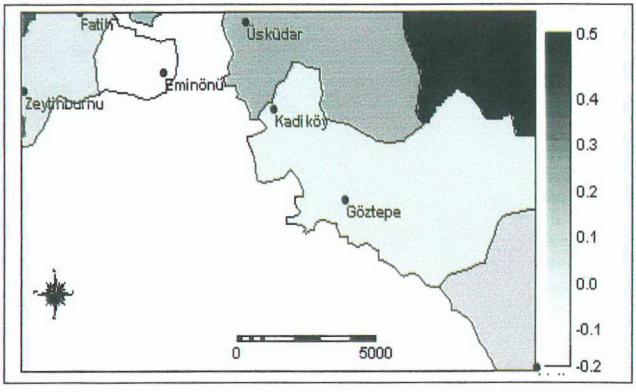
Şekil 7.31.1995-96 ve 1999-2000 ısınma mevsimlerinde APM konsantrasyonunda değişim oranları

1999-2000 ısınma mevsiminde görülen azalmanın yakıt cinsinde ve nüfüsda meydana gelen değişimlerle olan ilişkisi araştırılmıştır. 2000 yılı nüfus verileri kullanılarak ilçelerdeki nüfus yoğunluğu haritası hazırlanmıştır.



Şekil 7.32. 2000 yılında ilçelerde nüfus yoğunluğu

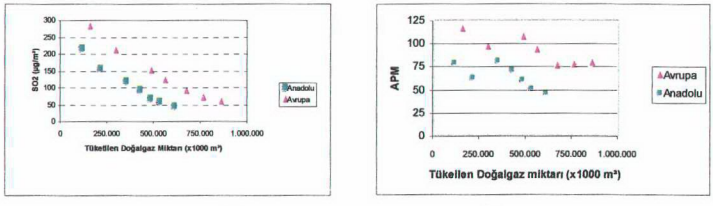
Bölüm 7.7 de nüfus yoğunluğu ile kirlilik konsantrasyonları arasında pozitif bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Kirlilik seviyesiyle nüfusun bu ilişkisi göze alınarak oluşturulan 2000 yılı nüfus yoğunluğu haritası Şekil 7.32 de verilmiştir. Fatih ve Güngören'in 400-450 kişi/ha ile en yüksek nüfus yoğunluğuna sahip olduğu ve bu ilçeye komşu Bayrampaşa ve Bahçelievler ilçelerininde sırasıyla 300-350 kişi/ha ve 250-300 kişi/ha ile diğer en yüksek yoğunluklu ilçeler olduğu görülmüştür. Yüksek nüfusun yoğunluğu bu bölgede Şekil 7.27 ve 7.28 de 1999-2000 ısınma mevsiminde kirlilik seviyelerinde %60 lara varan düşüşe rağmen yine aynı bölgeleride yüksek olan kirliliğin sebebibi açıklamaktadır. Anadolu yakasında ise en yüksek nüfus yoğunluğu 150-200 kişi/ha ile Kadıköy ilçesindedir. Şekil 7.32'den görüldüğü gibi nüfus yoğunluğu Avrupa yakasında Anadolu yakasına nazaran daha yüksektir. Şekil 7.25 de 1996 yılı nüfus sayımına göre oluşturulan ilçe yoğunluk haritasında yine aynı ilçeler şehirde en yüksek yoğunluğa sahiptir. Anadolu yakasında Ümraniye ilçesinde 1996 yılında 60-80 kişi/ha olan nüfus yoğunluğu %50 artarak 2000 yılında 100-150 kişi/ha'ra yükselmesi dikkat çekicidir. İlçelerde nüfus yoğunluğunun değişimi 1996 ve 2000 yılı haritalarının mekansal analizi ile Şekil 7.33 'deki şekilde oluşturulmuştur.



Şekil 7.33. 1996 ve 2000 yılları arasında ilçelerde nüfus yoğunluk değişim oranları

1996 ve 2000 yılları arasında nüfus yoğunluğu değişim haritasından Avrupa yakasında nüfus yoğunluğunun Eminönü %20 ve Anadolu yakasında Kadıköy ilçesinde ise %6 oranında yoğunluğun azaldığı en yüksek yoğunluk artışının %50 ile Ümraniye ve %40 ile Zeytinburnu ilçesinde olduğu tespit edilmiştir.

1995-96 ısınma mevsimi ile 1999-2000 ısınma mevsimi arasında SO_2 ve APM konsantrasyonlarında gözlemlenen genel azalış ile doğalgaz tüketim miktarları karşılaştırılmıştır. İgdaş genel müdürlüğünden temin edilen doğal gaz tüketim verileriyle (Tablo B.23) hesaplanan ısınma mevsimi tüketim miktarları ile SO_2 ve APM arasındaki ilişki Şekil 7.34'de 1993-1994 ile 1999–2000 arasındaki 7 ısınma mevsimi için verilmiştir.



(a) (b)

Şekil 7.34. Isınma mevsimlerinde doğal gaz tüketimi

SO_2 konsantrasyon seviyesinin her iki yakada doğalgaz tüketim miktarıyla ters orantılı olarak hareket ettiği gözlenmiştir. Avrupa yakasında 1993-94 ısınma sezonunda 300 $\mu g/m^3$ olan SO_2 konsantrasyonu 125 bin m^3 olan doğal gaz tüketimi 1 milyara yaklaştığında 50 $\mu g/ m^3$ değerlerine inmiştir. Konsantrasyon seviyesinin doğal gaz tüketimi ile azalışı en iyi Şekil 7.34 (a) da SO_2 için çizilen grafikten görülebilmektedir. Grafikten de anlaşılacağı gibi artan doğal gaz miktarı dolayısıyla azalan kömür ve fuel-oil miktarıyla , ortalama SO_2 miktarı düşmektedir. Doğal gaz miktarının artmasıyla beraber kömür ve fuel-oil'in verimli yakılamaması ve kalitesiz kömür ve fuel-oil kullanımı gibi hava kirliliğini etkileyen faktörler de azalmıştır. 1994-1995 yılından başlayarak kömürde kalitenin kontrol edilmesinin ve yüksek kükürt oranı içeren 6 numara fuel-oil'in kullanımının yasaklanmasının da hava kalitesinin artmasında katkıları olmuştur.

Isınma ve ısınmanın olmadığı dönemlerde Avrupa ve Anadolu yakalarındaki ortalama, minimum ve maksimum SO_2 ve APM değerleri sırasıyla Tablo B.24 ve B.25'de verilmiştir.

APM konsantrasyon seviyesi Avrupa yakasında 1995-96 ısınma mevsiminde doğal gaz tüketim artışına rağmen biraz artmış artmış ve 1997-98 ısınma sezonundan sonra tüketim artmasına rağmen sabit kalmıştır. Trafikteki araç sayısında ve yoğunluğundaki artış yakıt miktar ve türlerindeki değişimin APM üzerindeki etkisini azaltmış olabilir. Anadolu yakasında 1995-96 ısınma mevsiminde kirlilikteki artış daha sonraki yıllarda azalarak 1999-2000 ısınma mevsiminde 50 $\mu g/ m^3$'lere inmiştir.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İstanbul'da plansız gelişme, yüksek göç, kontrolsuz sanayileşme ve ulaşım alt yapısının eksikliği pek çok çevre sorununun yaşanmasına sebep olmuştur. Özellikle ısınma mevsimlerinde kalitesiz yakıt kullanımı şehirde 1980'li yılların sonlarından itibaren son derece önemli hava kirliliği sorununun ortaya çıkmasına neden olmuştur.

8.1. Sonuçlar

1992-2000 dönemini içeren kükürt dioksit (SO_2) ve Asılı Patiküler Madde (APM) konsantrasyonlarının zamansal değişimi, meteoroloji parametreleriyle bağlantısı ile Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak kirliliğin mekansal dağılımı ve arazi kullanımı arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar kısaca aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

1. Şehir nüfusunun yaklaşık olarak %60 'nın yer aldığı Avrupa yakasında yıllık, aylık ve mevsimlik dönemler için yapılan analizler neticesinde hava kirliliği seviyelerinde farklılıklar da gözlenmiş, Avrupa yakasının, Anadolu yakasına göre daha yüksek SO_2 ve APM konsantrasyonlarına ulaştığı tespit edilmiştir.

2. 1994'ten 1999'a kadar olan altı yıllık periyotta SO_2 ve APM konsantrasyonlarının, azaldığı bulunmuştur. Sanayide ve ısınmada düşük kaliteli kömürün (yerli ve ithal) kullanımını yasaklayan Valiliğin yeni yakıt kullanımına yönelik yaptırımları, artan çevre bilinci, konsantrasyon seviyesindeki bu düşüşün olası nedeni olarak düşünülebilir. Valiliğin bu kararı ısınma amaçlı yakıt tüketimin de kömürün içereceği kükürt, kül ve uçucu kül miktarları, maksimum limitleri ve fuel-oil'un içereceği kükürt yüzdesine sınırlar getirmektedir. Bu yaptırım 1993' te karar altına alınmış, ve 1993-1994 kış sezonunda uygulamaya başlanmıştır. Buna ilave olarak, bu süreçte İstanbul'da ısınma ve sanayide doğal gaz kullanımında önemli artışlar görülmüştür. 1996 yılı sonrasında araçlarda

egzos gazı kontrolüne yönelik yaptırımlar ve LPG kullanımının yaygınlaşması da kirliliğe trafiğin katkısını önemli ölçüde azaltmıştır.

3. 1994' ten 1996'nın sonuna kadar olan periyotta hem kirleticiler hem de şehirde yaşanan yüksek kirlilik olaylarının azaldığı görülmüştür. 1994-1996 periyodunda şehrin Avrupa ve Anadolu yakasında bulunan iki istasyonda meteorolojik değişkenlerin bir fonksiyonu olarak günlük hava kalitesi standartlarını aşan kirlilik seviyeleri araştırılmış, düşük rüzgar şiddetlerinin, yüksek basıncın ve yağışsız koşulların; WHO ve EPA-KSİ limitlerinin aşılmasında en sık karşılaşılan meteorolojik koşullar oldukları gözlenmiştir.

4. Hava kirliliği seviyesi ve arazi kullanım biçimi arasındaki ilişki incelendiğinde, endüstriyel, yüksek veya orta yoğunluklu yerleşim ve ticaret alanları gibi arazi kullanım birimlerinde yüksek konsantrasyon seviyelerinin oluştuğu tespit edilmiştir. Yoğun yerleşim ve ticaret alanları ile karakterize edilebilen Avrupa yakasındaki arazi kullanımı trend analizinde gözlemlenen yüksek kirliliği net olarak açıklayabilmektedir.

5. Hava kirliliği mekansal dağılım analizleri, şehrin Avrupa yakasında daha yüksek konsantrasyon seviyelerinin oluştuğunu, en yüksek kirliliğin Bayrampaşa, Zeytinburnu ve Gaziosmanpaşa ilçelerini kapsadığını göstermiştir. Bu kirlilik alanının yüksek trafik yoğunluğu, ve otoyol bağlantıları ile en yoğun trafik ağı içinde kaldığı görülmüştür. Kirlilik seviyelerinin günlük değişim analizi ile hava kirliliği seviyesi üzerinde meteorolojik koşulların etkisi 1995-96 ısınma mevsiminde en yüksek kirliliğin yaşandığı 13 Subat günü hafif ve sakin rüzgar, yüzey enverziyonu ve düşük sıcaklığın arazi kullanımı üzerinde kirlilik seviyesini değiştirerek arttırdığı tespit edilmiştir.

6. SO_2 ve APM kirleticileri arasında pozitif ve yüksek bir korelasyon bulunmuştur. Bu durum her iki kirleticinin kaynakları arasındaki benzerlikleri işaret etmektedir. Bu kirleticilerin mevsimsel davranışları ile değişik istasyonlarda ki davranış trendleri birbirine benzemektedir. Nüfus yoğunluğu ile ilgili 1995-96 ısınma döneminde yapılan analiz hava kirliliği seviyesi ile ilçe nüfus yoğunluğu arasında pozitif bir korelasyonun olduğunu göstermiştir.

8.2. Öneriler

Bu çalışma, kirlilik seviyesinde ısınma için kaliteli yakıtların veya modern yakma tekniklerinin kullanımının şehirdeki hava kirliliği seviyesini iyileştirdiğini işaret etmektedir. Arazi kullanımının yerel özellikleri ise bölgedeki emisyon seviyelerini ve değişkenlerini tahmin etmek veya açıklamak için belirlenmelidir.

Şehrin Avrupa yakasındaki en yüksek kirliliğin tespit edildiği alanları çevreleyen ilçe belediyelerde (Bayrampaşa, Güngören vb.) emisyon kontrol teknikleri uygulanmalıdır. Bu ilçelerde yüksek hava kirlilğine sebep olabilecek yeni faaliyet kollarına izin verilmemeli veya kirlilik kontrollerinin eksiksiz uygulanması sağlanmalıdır. Hava kirliliği açısından hassas olan bu bölgelerde imar planlarında bina yükseklikleri-binalar arasındaki uzaklıklar dikkate alınmalıdır. Bu ilçelerde vantilasyonu engelleyecek şekilde dar cadde ve sokaklar yüksek ve bitişik nizam yapılaşmalara izin verilmemeli halihazırda bu şekilde olan yapılaşma alanlarında doğal gaz kullanımında zorunluluk getirilmelidir.

Şehirdeki nüfusun ve insan aktivitelerinin, nüfus dağılımı ve ilgili arazi kullanımının daha güvenilir analizlerini yapabilmek için, hava kirliliği izleme istasyonlarının sayısı ve ölçüm periyodu artırılmalı ölçümlerin eksiksiz ve düzenli yapılması sağlanmalıdır. Kirlilik seviyesi üzerinde kaynak etkisini analiz etmek için; endüstriyel alan, şehir merkezi, trafik merkezi, banliyö alanı vs. gibi farklı bölgelerde yer alan hava kalitesi istasyonları konumlandırılmalıdır. Bu konumlandırma, kaynaklarının araştırılmasını hava kirliliği merkezlerinin ve kaynakların etkisinin analizi ve bunun yanında, hava kalitesinin planlanması ile şehir planlama için de veri sağlayacaktır. Meteorolojik faktörler ve emisyon örneklerine (trafik, yoğunluk vs) bağlı olarak gündüz değişimleri ve pik seviyelerini analiz etmek için hava kirletici konsantrasyonlarının ölçüm zaman aralıkları da saatlik gibi kısa aralıklarla yapılmalıdır. Şehrin farklı yakalarındaki hava kirliliği seviyesi ve meteorolojik faktörler arasındaki ilişkileri daha iyi analiz etmek için otomatik meteoroloji istasyonları çalıştırılmalıdır.

Bu çalışmada elde edilen istatistiksel tahmin modelleri , yalnızca ölçülen SO_2 ve APM verilerine karşı meteorolojik verileri içerdiğinden ve bir kaynak envanteri olmadığından dolayı, planlama amaçları için kullanılamaz. Bununla birlikte, gösterge

niteliğinde uyarıcı bir sistem olarak kullanılabilir. Tahmin modellerinin belirlenmesi doğrusal olmayan ilişki analizi de incelenerek geliştirilebilir. Uygulanan metodoloji en iyi ve tek metot olmamakla birlikte; İstanbul'daki hava kirliliği probleminin değerlendirilmesinde yeterli olabilmiştir. Bu araştırma, iki hava kirliliği parametresini kapsamakta, çalışma diğer hava kirleticileri ve meteorolojik değişkenler dahil edilerek, şehrindeki hava kirliliği probleminin daha iyi anlaşılmasını ve analizini sağlayabilir. Araştırmada hava kalite istasyon sayısının yetersizliği mekansal analizde kısıtlılığa sebep olmuştur. Gerek hava kalite ve gerekse meteorolojik istasyonların sayısı arttırılmalıdır. Daha fazla sayıda örnek içeren veri seti kullanıldığında mekansal korelasyonun incelenmesi ve analizi çok daha başarılı sonuçlar verecektir.

Bölgelerdeki emisyon kaynaklarının belirlenmesi farklı kaynakların etkisinin belirlenmesini ve kaynak alanlarının değişiminin sonuçlarının hesaplanmasında yardımcı olacaktır. Emisyon envanteri, mevcut hava kirliliği dipersiyon modellerinin uygulanmasını ve şehir üzerinde kirlilik dağılım seviyelerinin daha iyi analizini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Adamus, C.L. and Bergman, M.J., 1995, Estimating Nonpoint Source Pollution Loads With a GIS Screening Model, *Water Resources Bul.,* 31 (4), 647-655.

Anselin, L., Getis, A., 1992, Spatial Statistical Analysis and Geographic Information Systems, in: M..M. Fischer and P. Nijkamp (eds), Geographic Information Systems, spatial Modelling and Policy Evaluation Spinger-Verlag, Berlin.

Aronoff, S., 1989, Geographic Information Systems: A Management Perspective, WDL Publications, Ottawa.

ASCE, 1990-a, Task Committee on Geostatistical Techniques in Geohydrology. Review of Geostatistics in Geohydrology.I: Basic Concepts, *J.Hydraul.Engng.*, 116 (5).

ASCE, 1990-b, Task Committee on Geostatistical Techniques in Geohydrology. Review of Geostatistics in Geohydrology.II:Applications, *J.Hydraul. Engng.*, 116 (5).

Ayalp, A., 1976, İstanbul'da Atmosfer Kirlenmesi, *Doktora Tezi*, Istanbul University

Batuk, D.N., Gursoy, E., Ertut, H., Erdun, H. and Incecik, S., 1997, Analysis of SO_2 and TSP Under Meso-Scale Weather Conditions in Istanbul, Turkey, Trans. Tech Publications, Switzerland, Environmental Research Forum, 7-8, 73-83.

Bilonick, R.A., 1983, Risk Qualified Maps of Hydrogen Ion Concentration for The New York State Area for 1966-1978, *Atmospheric Environment,* 17, 2513-2524.

Bilonick, R.A., 1985, The Space-Time Distribution of Sulfate Deposition in The North-eastern United States, *Atmospheric Environment,* 19, 1829-1845.

Bilonick, R.A., 1987, Monthly Hydrogen Ion Deposition Maps for the North-eastern U.S. from July 1982 to September 1984, *Consolidation Coal. Co.,* Pittsburgh.

Blifford, I.H. and Meeter, G.O., 1967, A Factor Analysis Model of Large Scale Pollution, *Atmos. Environment,* 1, 147-157.

Borat, O., Kadı, İ., Uslu, M., 1990, İstanbul'da Emisyon kaynaklarının Öncelikleri ve Motorlu Taşıt Emisyonlarının Kontrolü, *İstanbul'un Çevre Sorunları ve Çözümleri sempozyumu,* 9-13 Nisan, İTÜ.

Bozyazı, E.G., İncecik, S., Mannaerts, C., Brussel, M., 2000, Analysis and Mapping of Air Pollution using a GIS approach: A Case Study of İstanbul, in J.W.S. Longhurst, C.A. Brebbia, H. Power (eds), Air Pollution VIII, WIT Press, Boston.

Bozyazı, E.G., İncecik, S., Mannaerts, C., Brussel, M., 2001, Analysis and Mapping of Air Pollutant (SO_2) by Using GIS, in S.Topçu, M.F. Yardım, S. İncecik (eds), Air Quality Management at Urban, regional and Global Scales, *Proceedings of the Second International Symposium,* İstanbul Technical University, İstanbul.

Bringfelt, B., 1971, Important Factors for The Sulphur-dioxide Concentration in The Central Stockholm, *Atmos. Environment,* vol. 5, 949-972.

Burrough, P., 1986, Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Oxford University Press, Oxford.

Burrough, P., 1992, Development of Intelligent geographical Information Systems, *Int. Jour. of Geo. Information. System* ,6, 1-11.

Casado, L.Rouhani, S., Cardelino, C.A., Ferrier, A.J., 1994, Geostatistical analysis and visulation of hourly ozone data. *Atmospheric Environment.* Vol. 28, No.12, 2105-2118

Chandler, T. J., 1976, Urban Climatology And Its Relevance To Urban Design, *World Meteorological Organisation,* Technical note no. 149, Geneva

Chock D.P., Terrell T.R., Levitt S.B., 1975, Time-Series Analysis Of Riverside, California Air Quality Data, *Atmospheric Environment,* Vol. 9, 978-989.

Clark, D.M., Hastings, D.A., Kineman, J.J., 1992, Global Databases and Their Implications for GIS, Geographic Information Systems, Principles and Applications Volume II, Edited by Maguire D.J., Goodchild M.F. ve Rhind D.W., Longman Scientific and Technical, New York.

Clark, I., 1979, Practical Geostatistics, Applied Science Publishers ltd., London.

Clarke, K.C., 1995, Getting Started with Geographic Information Systems, University of California, Santa Barbara.

Collins, S., Smallbone, K., Briggs, D., 1995, A GIS Approach to Modelling Small Area Variations in Air Pollution Within A Complex Urban Environment, in Innovations in GIS, Fisher, P., 245-253

Commins, B.T., Waller, R.E., 1967, Observations From A Ten-Year-Study Of Pollution At A Site In The City Of London, *Atmospheric Environment,* Vol. 1, 49-68.

Cooper, R.M., Istok, J. D., 1988, Geostatistics Applied To Grounwater Contamination. I: Methodology , *Journal of Environmental Engineering,* 114, 2, 270-286.

Corwin, D.L. and Wagenet, R.J., 1996, Applications of GIS to The Modelling Of Nonpoint Pollutants In The Vadose Zone: A Conference Overview, *Journal of Environmental Quality,* 25, 403-411.

Cowen, D.J., 1988, GIS versus CAD versus DBMS: What are the Differences, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing,* 54, 40-46.

Çatalbaş, İ., 1969, Kartal'da Endüstriyel Hava Kirlenmesi, *İTÜ Bülteni*, No 22, 24-42.

Dangermond, J., 1992, What is a Geographic Information System (GIS)?, in:A.I. Johnson, C.B. Pettersson and J.L. Fulton (eds.) ,Geographic Information Systems (GIS) and Mapping- Practices and Standards, ASTM Philadelphia.

Dai, J. and David, M.R., 2000, A GIS-ased approach to spatial allocation of area source solvent emissions, *Environmental Modelling & Software*, 15, 293-302.

David, M., 1988, Handbook of Applied Advanced Geostatistical Ore Reserve Estimation, Elsevier, USA.

De By, R.A. (ed.), 2000, Principles of Geographic Systems, ITC Educational Textbook Series,1, Enschede, The Netherlands.

Deniz, A. ve Karaca, M., 1995, Türkiye'yi Etkileyen Siklonların Yörünge Analizi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi,* cilt 33, sayı 1-4, 59-66.

DİE, 1997, Hava Kirliliği ve Nüfus Verileri, Devlet İstatistik Enstitüsü

DİE, 2001, Hava Kirliliği ve Nüfus Verileri, Devlet İstatistik Enstitüsü

DMİ, 1997, Meteorolojik Veriler, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

DMİ, 2001, Meteorolojik Veriler, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

Dobbins R.A., 1979, Atmospheric Motion and Air pollution, Published by John Wiley and Sons, İnc, Canada.

Douven, W.J.A.M. and Scholten, H.J., 1995, Spatial Analysis in Health Research, in: M.J.C. de Lepper, H.J. Scholten and R.M. Stern (eds), The Added Value of Geographical Information Systems in Public and Environmental Health, Kuwer academic Publishers, Dordrecht.

Dueker, K., Kjerne, D., 1989, Multipurpose Cadastre: Terms and Definitions, *American Congress on Surveying and Mapping,* Bethesda, USA.

Eastman, J.P., Kyem, P.A:K. And Toledano, J., 1993, A Procedure for Multi-objective Decision Making in GIS under Conditions of Conflicting Objectives, in: Proceedings of The EGIS 1993 Conference Genua Italy, EGIS Foundation, Utrecht.

Ebbinghaus, E., Kreeb, K.H., Weinmannkreeb, R., 1997, GIS Supported Monitoring Long-Termed Urban Trace Element Loads With Bark Of Aesculum Hippocastanum, *Journal of Applied Botany-Angewandte Botanik,* 715 (6), 205-211.

Economopoulos, A.P., 1987, Development of the Five-Year Air Pollution Abatement Plan For The Greater Athens Area, *APCA*, Vol. 27, 889-897.

Egbert, G.D., Lettenmaier, D.P., 1986, Stochastic Modelling Of The Space-Time Structure Of Atmospheric Chemical Deposition, *Water Resour.,* Res.22, 165-179.

Endlich, R.M., Eynon, B.P., Ferek, R.J., Valdes, A.D., Maxwell, C., 1988, Statistical Analysis of Precipitation Chemistry Measurements over the Eastern United States. Part I: Seasonal and RegionalPatterns and Correlations, *Jour. Of Applied Meteo.,* vol. 27, 1322-1333.

EPA, 1972, Compilation Of Air Pollutant Emission Factors, Environmental Protection Agency

EPA, 1992, EPA-Geographic Information systems Guidelines Document, Office of Information Resources Management, Washington DC, USA, Government Printing Office, US.

Ertürk, F., 1981, İstanbul'un Haliç Bölgesinde Hava Kirlenmesinin Matematik Modelle İncelenmesi, *Doçentlik Tezi,* İTÜ.

Ertürk, F., 1986. Investigation of Strategies for The Control of Air Pollution in The Golden-Horn Region, İstanbul, Using a Simple Dispersion Model, *Environ. Poll.*, B 11, 161-168.

Ertürk, F., Karaca, M., Tayanç, M., Saral, A., 1995, İstanbul'da Hava Kirliliği Haritasının Çıkarılması ve Doğalgaz Kullanımına Öncelik Verilecek Bölgelerin Tespiti, Araştırma Projesi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Çevre Koruma ve Geliştirme Daire Başkalığı.

Eynon, B.P., 1988, Statistical Analysis of Precipitation Chemistry Measurements Over The Eastern United States PartII. Kriging Analysis of Regional Patterns and Trends, *J. Appl. Met.,* 27, pp 1334-1243.

Facchinelli, A., Sacchi, E., Mallen, L., 2001, Multivariate Statistical and GIS-based Approach to Identify Heavy Metal Sources in Soils, *Environmental Pollution,* 114, 313-324.

Fedra, K., 1993, GIS and Environmental Modelling, in : M.F. Goodchild, B.O. Parks and L.T. Steyaert (eds.), Environmental Modelling with GIS, Oxford University Press, New York.

Fiala, J., Rieder, M., Dvorakova, M., Livorova, H., 2001, Trends in the atmospheric and hydrological cycle of sulphur at catchments in the Czech Republic, *Atmospheric Environment*, 35, 1, S55-S62.

Finkelstein, P.L., 1982, Interpolation Error and the Spatial Variability of Acid Precipitation, EMSL Report, US EPA, RTP, NC.

Finkelstein, P.L., 1984, The Spatial Analysis of Acid Precipitation Data, *J.Clim.Appl.Met.*,23, .52-62.

Fotheringham, A.S., 1993, On the Future of Spatial Analysis: The Role of GIS Environmental and Planning A, Anniversary Issue, 30-34.

Frank, A.U., 1990, Spatial Concepts, Geometric Data Models and Data Structures, in: A.U.Frank and M.F. Goodchild, Two Perspectives on Geographical Data Modelling, National Center for Geographic Information and Analysis, Technical Paper Series 90-11, Santa Barbara, USA.

Ghauri, B., Salam, M., Mirza, I., 1994, An Assessment of Air Quality in Karachi, Pakistan, In Environmental Monitoring and Assessment, Kluwer Academic Publishers, 32, 34-45.

Godish, T., 1991, Air quality. Lewis publishers, İNC, Michigan, USA.

Godzik, B., 1997. Ground Level Ozone Concentrations in The Krakow Region, Southern Poland, *Environmental Pollution* 98 (3), 273–280..

Goodchild, M.F. and Bopal, S., 1989, The Accuracy of Spatial Databases, Taylor and Francis Ltd., London.

Goodchild, M.F., 1990, Geographical Data Modelling, in: A.U.Frank and M.F. Goodchild, Two Perspectives on Geographical Data Modelling, National Center for Geographic Information and Analysis, Technical Paper Series 90-11, Santa Barbara, USA.

Goodchild, M.F., 1993, The State of GIS for environmental Problem-Solving, in: M.F. Goodchild, B.O. Parks and L.T. Steyaert (eds.), Environmental Modelling with GIS, Oxford University Press, New York.

Goodchild, M.F., 2000, Part I Spatial Analysts and GIS Practitioners; The Current Status of GIS and Spatial Analysis, *Journal of Geographical Systems,* 2, 5-10.

Goodchild, M.F., Parks, B.O, Steyaert, L.T., 1993, Environmental Modelling With GIS, Oxford University Press, New York.

Goovaerts, P., 2000, Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall, Journal of Hydrology, 228, 113-129.

Haslett, J., Wills, G. And Unwin, A., 1990, SPINDER- An Interactive Statistical Tool for The Analysis of Spatially Distributed Data, *International Journal of Geographical Information System,* 4, 285-296.

Holland, D.M., De Oliveira, V., Cox, L.H., Smith, R.L., 2000, Estimation of regional trends in sulfur dioxide over the eastern United States, *Environmetrics*, 11 (4), 373–393.

Houlding, S.W., 2000, Practical Geostatistics, Modeling and Spatial Analysis, Springer,

İBB, 1995, *1/50,000 Ölçekli İstanbul Metropoliten Alan Alt Bolge Nazım Plan Raporu*, İBB-Planlama ve İmar Daire Başkanliği Şehir Planlama Müdürlüğü, İstanbul.

İGDAŞ, 1998, İgdaş 1997 Faaliyet Raporu, İGDAŞ Halkla İlişkiler Müdürlüğü, İGDAŞ İstanbul.

İGDAŞ, 2001, Doğalgaz tüketim verileri

İncecik, S., 1986, A Mesometeorological Investigation of Air Pollution Problem in Golden-Horn İstanbul, Boundary-Layer Meteorology, 36, 93-100.

İncecik, S., 1996, Investigation of Atmospheric Conditions in İstanbul Leading to Air Pollution Episodes, Atmospheric Environment, Vol. 30, 2739-2749.

İşli, İ., 1990, Statistical Analysis of Air Pollution and Meteorological Data in İstanbul, *Doktora Tezi,* Boğaziçi Üniversitesi.

Jankowski, P., 1995, Integrating Geographical Information Systems and Multiple Criteria Decision-making Methods, *International Journal of Geographical Information Systems*, 9, 251-273.

Janssen, R. And Reitveld, P.,1990, Multicriteria Analysis and GIS: An Application to Agricultural Landau in The Netherlands, in H.J. Scholten and J.C.H. Stillwell (eds.), Geographical Information Systems and Urban and Regional Planning, Kluwer Academic, Dordrecht.

Jelinski, D.E., Goodchild, M.F., Steyaert, LT., 1994, Multiple Roles for GIS in Global Change Research: Towards a Research Agenda, in: W.K. Michener, J.W. Brunt and S.G. Stafford (eds.), Environmental Information Management and Analysis: Ecosystems to Global Change Taylor and Francis Ltd., London, UK.

Jounel, A.G. Huijbregts, C. J., 1978, *Mining Geostatistics*, Academic Press, New York, N.Y.

Kanno, S., Fukui, S., Ikeda, H., Ono, Y., 1959, Atmospheric SO_2 Concentrations Observed in Keihin Industrial Centre and Their Relation to Meteorological Elements, *Int. J. Air Poll.*, Vol. 1, 234-240.

Karaca, M., Tayanç, M., Toros, H., 1995, Effects of Urbanization on Climate of İstanbul and Ankara, *Atmospheric Environment,* vol.29, no.23, 3411-3421.

Koussoulakou, A., 1990, Computer-assisted Cartography for Monitoring Spatio-Temporal Aspects of Urban Air Pollution, *Delft University Press*, 239.

Kraak, M.J., Muller, J.C. and Ormeling, F., 1995, GIS-cartography: visual Decision Support for Spatio Temporal Data Handling, *International Journal of Geographical Information Systems,* 9, 637-645.

Leeuwen, E.P., Draaijers, G.P.J., Erisman, J.W., 1996, Mapping wet deposition of acidifying components and ase cations over europe using measurements, *Atmospheric Environment.* Vol. 30, No.14, 2495-2511.

Lefhon, A.S., Knudsen, H.P., Logan, J.A., Simpson, J., Bhumralkar, C., 1988, An Evaluation of the Kriging Method to Predict 7-h seasonal Mean Ozone Concentrations for Estimating Crop Losses, *Journal Air Pollution Control Association,* vol. 37, 595-602.

Liu L.J.S., Rossini, A.J., 1996, Use of kriging models to predict 12-hour mean ozone concentrations in metropolitan Toronto—a pilot study. Environment International 22 (6), 677–692.

Loibl, W., Winiwarter, W., Kopsca, A., Zueger, J., 1994. Estimating The Spatial Distribution Of Ozone Concentrations In Complex Terrain, *Atmospheric Environment,* 28 (16), 2557–2566.

Mage, D., Ozolins,G., Peterson, P., Webster, A., Orthofer, R., Vandeweerd, V., Gwynne, M., 1996, Urban Air Pollution in Megacities of The World, *Atmospheric Environment,* vol. 30, no 5, 681-686.

Maguire, D.J., 1992, An Overview and Definition of GIS, Geographic Information Systems, Principles and Applications Volume I, Edited by Maguire D.J., Goodchild M.F. ve Rhind D.W., Longman Scientific and Technical, New York.

Maguire, D.J., Dangermond, J., 1991, The Functionality of GIS, in: D.J. Magueire, M.F. Goodchild and D.W. Rhind (eds), Geographical Information Systems: Principles and Applications (II Volumes), Longman, London.

Maguire, D.J., Goodchild, M.F., Rhind, D.W., 1991, GIS: Principles and Applications, London, Longman

Marble, D.F., 1990, Geographic Information Systems: An Overview, Introductory Readings in Geographic Information Systems, Edited by Peuquet D.J. ve Mabel D.F., Taylor and Francis, UK.

Mardia, K.V., Kent, J.T., Bibby, J.M., 1979, Multivariate Analysis, Academic Press Inc., San Diego.

Masser, I., Blakemore, M., 1991, Handling Geographical Information: Methodology and Potential Application, Longman, UK.

Matheron, G., 1963, Principles of Geostatistics, *Economic Geology,* vol. 58, 1246-1266.

Matheron, G., 1971, The Theory of Regionalized Variables and Its Applications, CG Fontainebleau, 1971.

Mayer H., 1999, Air Pollution in Cities, *Atmos. Environment 33,4029-4037*

McBratney, A.B. and Webster, R., 1981, The design of Optimal Sampling Schemes for Local Estimation and Mapping of Regionalized Variables-II, *Comp. Geosci.,* 7, 335-365.

McFarland, R., 1990, GIS Implementation Strategies for the Small Municipal Environment, *GIS/LIS Proceedings'90*, vol. 1.

Meijerink, M.J., Brouwer, A.M., Mannaerts, C.M. Valenzuela, C., 1994, Introduction to The Use of Geographic Information Systems for Practical Hydrology, İTC Publication No. 23, İSBN 90 6164 100 4.

Meinardi, C.R., Beusen, A.H.W., Bollen, M.J.S., Klepper, O., Willems, W.J., 1995, Vulnerability to Diffuse Pollution and Average Nitrate Contamination of European Soils and Groundwater, *Water Science and Technology,* 31 (8), 159-165.

Mısır, C., 1996, Ormancılıkta Planlamada Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu 96, İstanbul.

Michener, W.K., Brunt, J.W., Stafford, S.G., 1994, Environmental Information Management and Analysis: Ecosystems to Global Change Taylor and Francis Ltd., London, UK.

Moragues, A. and Alcaide, T., 1996, The Use of A Geographical Information System to Assess The Effect of Traffic Pollution, *Science of the Total Environment,* 190, 267-273.

Mounsey, H.M., 1992, Multisource, Multinational Environmental GIS: Lessons Learnt from CORINE, Geographic Information Systems, Principles and Applications Volume II, Edited by Maguire D.J., Goodchild M.F. ve Rhind D.W., Longman Scientific and Technical, New York.

Mulholland, J.A., Butler, A.J., Wilkinson, J.G., Russell, A.G., 1998, Temporal and spatial distributions of ozone in Atlanta: regulatory and epidemiologic implications, *Journal of the Air and Waste Management Association*, 48 (5), 418–426.

Muller, J.C., 1991, Generalization of Spatial Databases, in: D.J. Magueire, M.F. Goodchild and D.W. Rhind (eds), Geographical Information Systems: Principles and Applications (II Volumes), Longman, London.

Newall, H.E. and Eaves, 1962, The Effect of Wind Speed and Rainfall on The Concentration of Sulphur Dioxide in The Atmosphere, *Int. Jour. Air Wat. Poll.,* vol. 6, 173-177.

Nyerges, T.L., 1993, Understanding the Scope of GIS: Its Relationship to Environmental Modelling in M.F. Goodchild, B.O. Parks and L.T. Steyaert (eds.), Environmental Modelling With GIS, Oxford University Press, New York.

Oliver, M.A., Webster, R., 1990, Kriging: a Method of Interpolation for Geographical Information Systems, International Journal Geographical Information Systems, Vol. 4, No. 3, 313-332.

Olsen, A.R., Watson, C.R., 1984, Acid Precipitation in North America:1984 Annual Data Summary From Acid Deposition System Data Base.EPA/600/4-86-033, US EPA, RTP, NC.

Öztürk, M., 1983, Şehiriçi Yollarda Taşıtlardan İleri Gelen Karbon monoksit Kirliliğinin İncelenmesi, D*oktora Tezi,* İTÜ.

Parent, P. And Church, R., 1989, Evolution of Geographic Information Systems as Decision Making Tools, in W.J. Ripple (ed.), Fundamentals of Geographic Systems. A Compendium, American Soc. For Photogrammetry and Remote Sensing and American Congress on Surveying and Mapping, USA.

Parks, B.O., 1993, The Need for Integration, in: M.F. Goodchild, B.O. Parks and L.T. Steyaert (eds.), Environmental Modelling with GIS, Oxford University Press, New York.

Pemberton, J., Clifton, M., Donoghue, J. K., Kerridge, D., Moulds Winifred, 1959, The Spatial Distribution of Air Pollution in Sheffield, 1957-1959. *Int. J. Air Poll.,* Vol. 2, 175-187.

Peterson, J.T., 1970, Distribution of Sulphur Dioxide Over Metropollution St.Louis, as Described by Empirical Eigenvectors, and Its Relation to Meteorological Parameters, *Atmospheric Environment*, Vol. 4, 501-518.

Peuquet, D.J., 1988, Representations of Geographic Space : Toward A Conceptual Synthesis, *Annals of The Association of American Geographers*, 78, 375-394

Peuquet, D.J.,1990, A Conceptual Framework and Comparison of Spatial Data Models, in: D.J. Peuquet and D.F. Marble (eds.) Introductory Readings in Geographic Information Systems, Taylor and Francis Ltd., London.

Phillips, D.L., Dolph, J., Marks, D., 1992, A Comparison Of Geostatistical Procedures For Spatial Analysis Of Precipitations In Mountainous Terrain, *Arg. Froest. Meteor.,* 58, 119-141.

Phillips, D.L., Tingey, D.T., Lee, E.H., Herstrom, A.A., Hogsett,W.E., 1997, Use of Auxiliary Data For Spatal Interpolation of Ozone Exposure in Southeastern Forests, *Environmetrics,* 8 (1), 43–61.

Prinz, B., Stratmann, H., 1968, The Possible Use of Factor Analysis in Investigating Air Quality, *Staub Reinhaltung der Luft,* 28, 33-39.

Rejeski, D., 1993, GIS and Risk: A Three-culture Problem, in: M.F. Goodchild, B.O. Parks and L.T. Steyaert (eds.), Environmental Modelling With GIS, Oxford University Press, New York.

Robinette, A., 1992, Land Management Applications of GIS in the State of Minnesota, Geographic Information Systems, Principles and Applications Volume II, Edited by Maguire D.J., Goodchild M.F. ve Rhind D.W., Longman Scientific and Technical, New York.

Romero H., Ihl M., Rivera A., Zalazar P., Azocar P., 1999, Rapid Urban Growth, Land-Use Changes and Air Pollution in Santiago, Chile, *Atmos. Environment 33,4039-4047*

Rouhani, S., Ebrahimpour, M.R., Yaqub, I, Gianella, E., 1992a, Multivariable Geostatistical Trend Detection And Network Evaluation Of Space-Time Acid Deposition Data, I. Methodology, *Atmospheric Environment,* 26A, no 14, 2603-2614.

Rouhani, S., Ebrahimpour, M.R., Yaqub, I, Gianella, E., 1992b, Multivariable Geostatistical Trend Detection And Network Evaluation Of Space-Time Acid Deposition Data, II Application to NADP/NTN Data, *Atmospheric Environment,* 26A, no 14, 2615-2626.

Ryding, S., 1992, Environmental Management Handbook: The Holistic Approach-From Problems To Strategies, Lewis publishers, USA.

Saral, A., 1995, İstanbul'un Hava Kirliliği Haritasının Çıkarılması, *Yüksek Lisans Tezi,,* YTÜ, İstanbul.

Schaug, J., Iversen, T., Pedersen, U., 1993, Comparison of Measurements and Model Results for Airborne Sulphur and Nitrogen Components with Kriging, *Atmospheric Environment,* vol. 27A, no 6, 831-844.

Schmidt, F.H. and Velds, C.A., 1969, On the Relation Between Changing Meteorological Circumstances and the Decrease of the Sulphur Dioxide Concentration Around Rotterdam, *Atmospheric Environment,* Vol. 3, 455-460.

Scholten, H.J., Stillwell, J.C.H., (eds.), 1990 Geographical Information Systems and Urban and Regional planning, Kluwer Academic, Dordrecht

Seilkop, S.K., Finkelstein, P.L., 1987, Acid Precipitation Patterns and Trends in Eastern North America, 1980-1984, *J.>Clim. Appl. Met.,* 29, pp.980-994.

Sengupta, S. and Venkatachalam, P., 1994, Health Hazard Assessment in An Industrial Town With The Help of GIS, *Environmental Monitoring and Assessment,* 32 (2), 156-160.

Sengupta, S., Patil, R.S., Venkatachalam, P., 1996, Assessment of Population Exposure and Risk Zone Due to Air Pollution Using The Geographical Information System, *Comput, Environ. And Urban Systems,* vol. 20, no 3, 191-199.

Seyhan, E., 1997a, Exercises on Geostatistictial Analysis Faculty of Earth Science, Vrife Universiteit, Amsterdam.

Shephard, I.H.D., 1991, Information Integration and GIS in: D.J. Magueire, M.F. Goodchild and D.W. Rhind (eds), Geographical Information Systems: Principles and Applications (II Volumes), Longman, London.

Smith, T.R., Menon, S., Star, J.,L., Estes, J.E., 1989, Requirements and Principles for The Implementation and Construction of Large-Scale geographic Information System, in W.J. Ripple (ed.), Fundamentals of Geographic Systems. A Compendium, American Soc. For Photogrammetry and Remote Sensing and American Congress on Surveying and Mapping, USA.

Stafford, S.G., Brunt, J.W, Michener, W.K., 1994, Integration of Scientific Information Management and Environmental Research, in: W.K. Michener, J.W. Brunt and S.G. Stafford (eds.), Environmental Information Management and Analysis: Ecosystems to Global Change Taylor and Francis Ltd., London, UK

Star, J., Estes, J., 1990, Geographic Information Systems, Prentice Hall, Inc., New Jersey.

Stern, A.C.,1968, Air pollution. Academic Press Vol. 1, New York, USA.

Steyaert, L.T., Goodchild, M.F., 1994, Integrating Geographic, Information Systems and Environmental Simulation Models: A Status Review, in: W.K. Michener, J.W. Brunt and S.G. Stafford (eds.), Environmental Information Management and Analysis: Ecosystems to Global Change Taylor and Francis Ltd., London, UK.

Stull, R., 2000, Meteorology for Scientists and Engineers, The University of British Columbia.

Şeker, D.Z., 1993, Kırsal Bölgelerde Bilgi Sistemlerinin Uygulama Olanakları, *Doktora Tezi,* İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Şen Z., Öztopal A., 2001, Assessment Of Regional Air pollution Variability in Istanbul, *Environmetrics*, 12, 401-420

Şen, O., 1998, Air Pollution and Inversion Features in İstanbul, *Int. J. Environ. And Poll.,* vol. 9, no 4, 371-383.

Şen, Z. Ve Öztopal, A., 2001, Assessment of Regional Air Pollution Variability in İstanbul, *Environmetrics,* 12, 401-420.

Şen, Z., 1995, Regional Air Pollution Assessment by Cumulative Semivariogram Techique, *Atmospheric Environment,* vol. 29, no 4, 543-548.

Taştan, H., 1991, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Bir Coğrafi Bilgi Sisteminin (AKBIS) Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*

Tayanç, M., 2000, An Assessment of Spatial and Temporal Variation of Sulphur dioxide Levels over İstanbul, Turkey, *Environmental Pollution,* 107, 61-69.

Taylor, D.R.F., 1992, GIS and Developing Nations, Geographic Information Systems, Principles and Applications Volume I, Edited by Maguire D.J., Goodchild M.F. ve Rhind D.W., Longman Scientific and Technical, New York.

Tebbens, B.D., 1970, Investigating Air Quality in Istanbul, *İstanbul Teknik Üniversitesi Bülteni*, 22, 55-63.

Tobios, G.Q., Salas, J.D., 1985, A Comparative Analysis Of Techniques For Spatial Interpolation of Precipitation, *Water Resour. Bull.*, 21 (3), 365-380.

Topçu, S., İnceck, S. ve Ünal, Y.S, 2001, The Influence of Meteorological Conditions and Stringent Emission Control on High TSP Epidos in İstanbul, *Environ. Sci. And Pollut. Res*, 8, 1-9.

Topçu, S., Ünal, Y., İncecik, S., 2001, İstanbul'da Asılı Partiküler Madde Epidoslarına Yol Açan meteorolojik Şartların Analizi, *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi,* Cilt:1, Sayı:1, 1-8.

Toppen, F.J., 1991, GIS Education in The Netherlands: A bit of Everything and Everything About a bit of GIS Education and Training, University of Toronto, Canada.

Treitz, P., Elliot, L., Howarth, P., 1993, Differential Global Positioning System: Potential for Geographical Information System Database Management, *environmental and Planning* ,vol. 25.

Turner, D.B., 1961, Relationships Between 24 Hour Mean Air Quality Measurements and Meteorological Factors in Nashville, Tennessee, *Journal Of The Air Poll. Control Asso,* vol. 11, no 10, 483-489.

Turoğlu, H., 2000, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları, ACAR Matbaacılık ve Yayıncılık Hiz.Amb. San. Ve Tic.A.Ş., İstanbul.

UNSCECE, 1984, Statistics of Air Quality: Some Methods, *Conference of European Statisticians Statistical Standards and Studies,* United Nations Statistical Commission and Economic Commission for Europe

Ünal, Y.S., İncecik, S., Borhan, Y., Mentes, S., 2000, Factors Influencing The Variability of SO_2 Concentrations in İstanbul, *J. Air and Waste manage. Assoc.,* vol. 50, 75-84.

Venkatram, A., 1988, On The Use Of Kriging In The Spatial Analysis Of Acid Precipitation Data, *Atmospheric Environment,* 22, 1963-1975.

WB, World Bank-Air Quality Standards, 1995, www.worldbank.org/html/fpd/em-old/power/standards/airqstd.htlm.

Webster, R., Oliver, M.A., 1992, Sample Adequately to Estimate Variograms of Soil Properties, *J. of Soil Science*, 1992, Vol. 43, 177-192.

Westenbarger, D.A., Frisvold, G.B., 1994, Agricultural Exposure to Ozone and Acid Precipitation, Atmospheric Environment, 28 (18), 2895–2907.

WHO/UNEP, 1992, Urban air pollution megacities of the world. WHO/UNEP. Blackwell, Oxford, UK

WMO, 1998, WHO/EMEP Workshop on Advanced Statistical Methods and Their Application to Air Quality Data Sets, Word Meteorological Organization Global atmosphere Watch, 14-18 September, Helsinki.

Yayla, N., 1990, Hava Kirlenmesinde Karayolu Taşıtlarının Rolü Taşıma ve Trafik Düzeni Yönünden Alınabilecek Önlemler, İstanbul'un Çevre Sorunları ve Çözümleri Sempozyumu, İstanbul.

Yomralıoğlu, T., 2001, Coğrafi Bilgi Sistemi- Temel Kavramlar ve Uygulamalar, Akedemi Kitapevi, Trabzon.

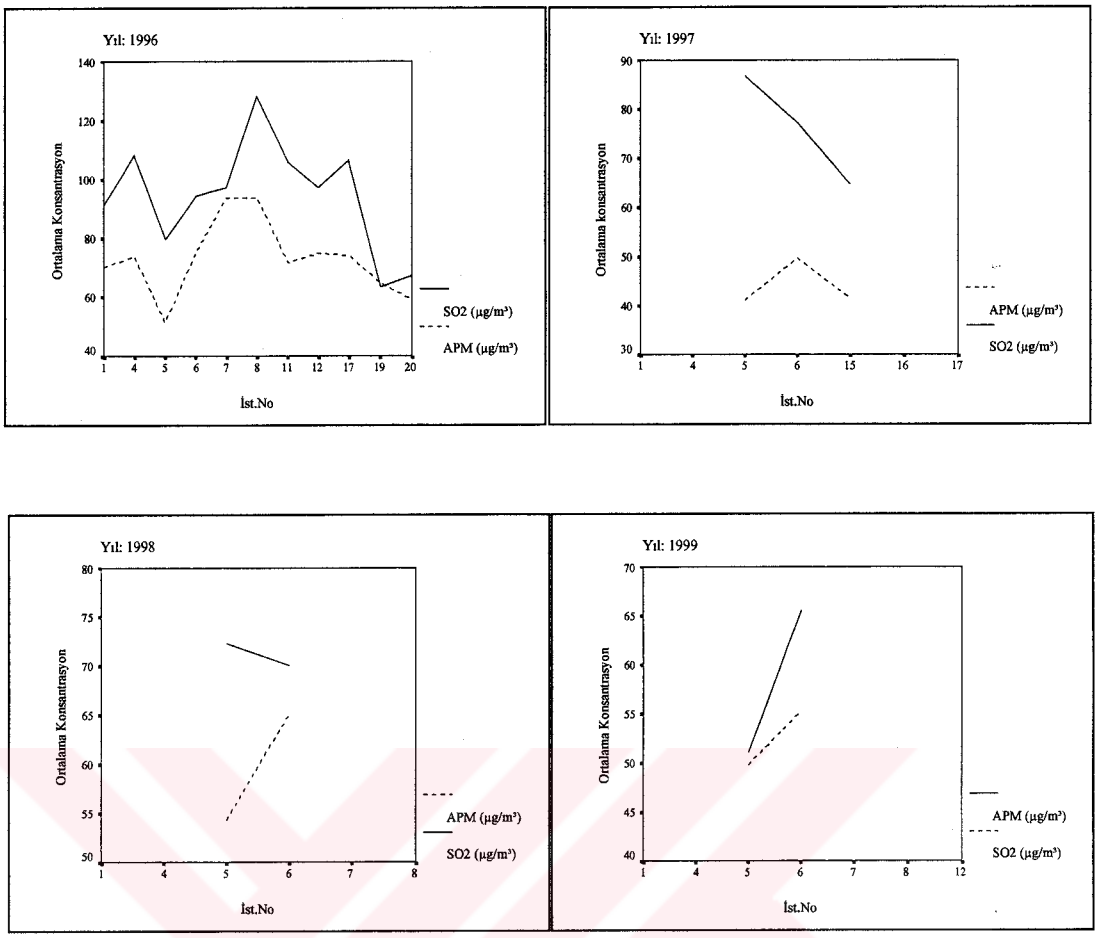
Zannetti, P., 1990, Air Pollution Modelling: Theories, Computational Methods and Available Software, Published by Van Nostrand Reinhold, New York, USA.

Zannetti, P., Melli, P., Runca, E., 1977, Meteorological Factors Affecting SO_2 Pollution Levels in Venice, *Atmospheric Environment,* Vol. 11, 605-616.

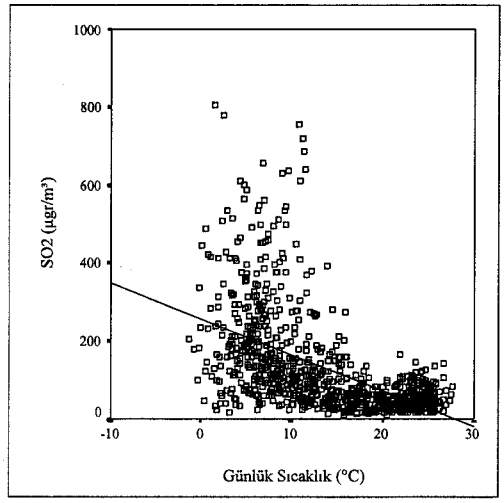
Zhu, H.C., Charlet, J.M., Poffijn, A., 2001, Radon Risk Mapping in Southern Belgium: An Application of Geostatistical and GIS Techniques, *The Science of the Total Environment,* 272, 203-210.

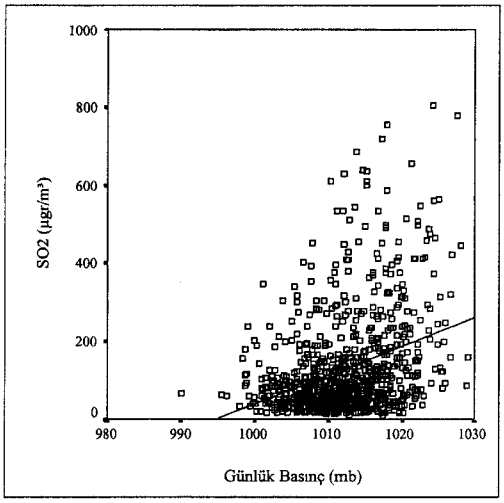
EKLER A

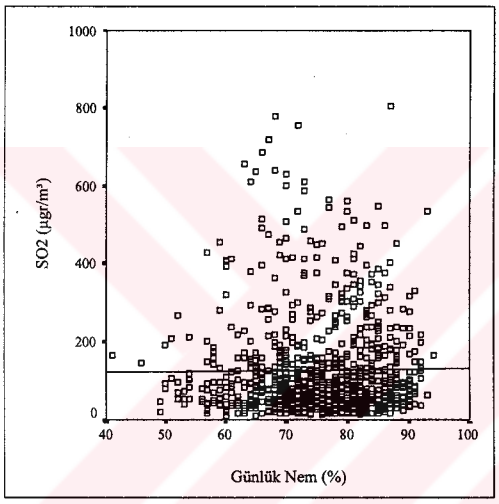
ŞEKİLLER

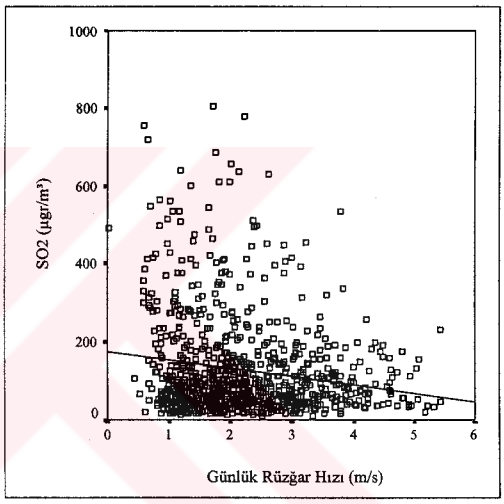


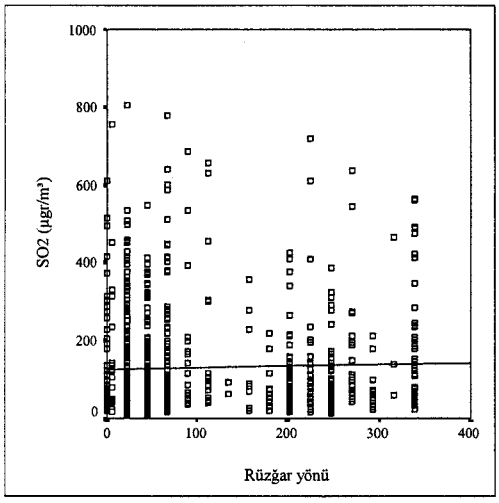
Şekil A.1.Tüm istasyonlarda 1996-1999 yılları arasında yıllık ortalama SO_2 ve APM değişimi



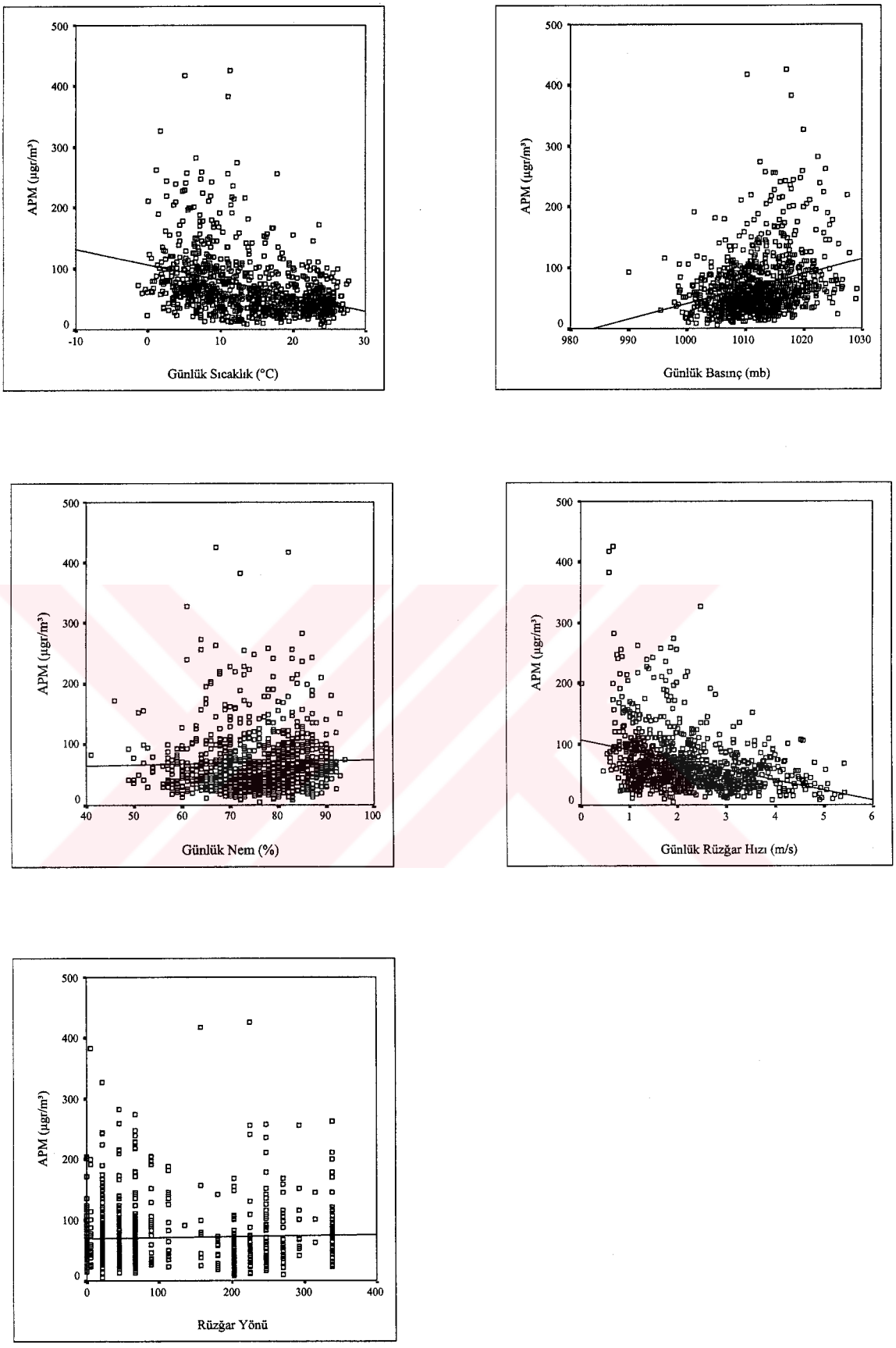




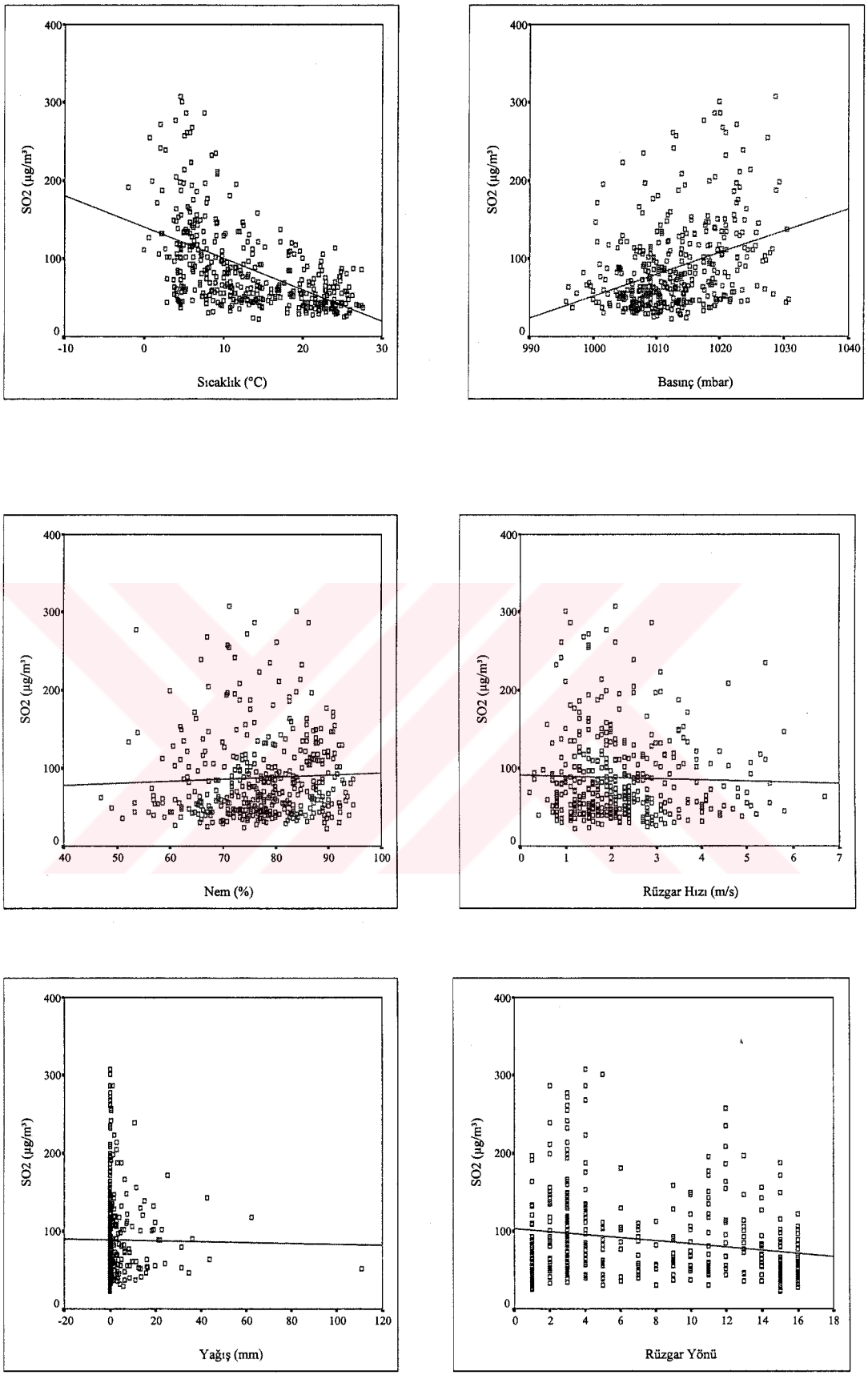




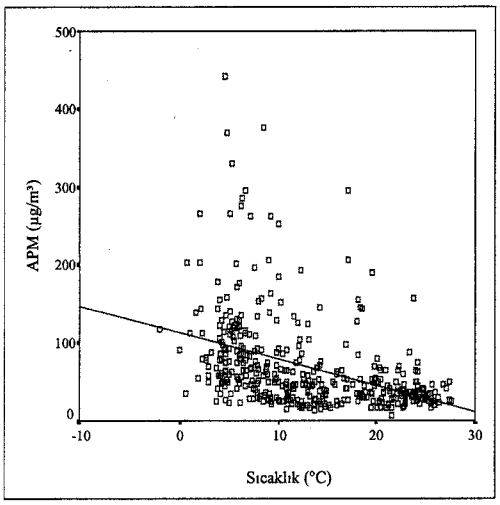
Şekil A.2. 1'nolu istasyonda 1994-96 yıllarındaki SO_2 konsantrasyonu ile günlük meteorolojik veriler arasındaki saçılma diyagramları

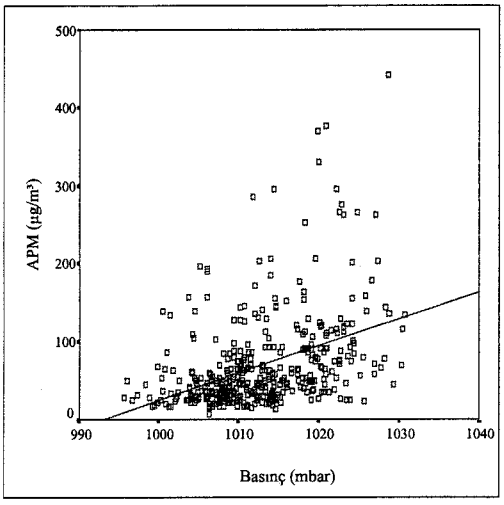


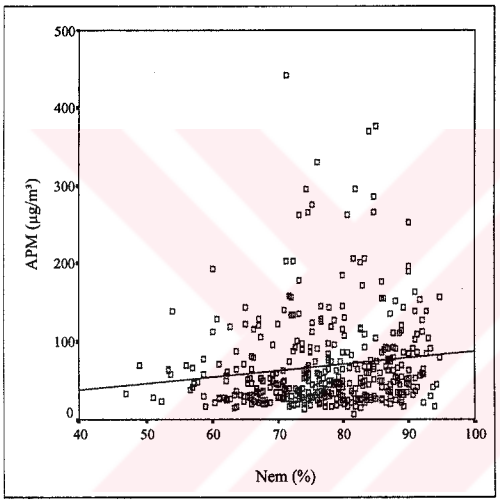
Şekil A.3. 1'nolu istasyonda 1994-96 yıllarındaki APM konsantrasyon değerleri ile meteorolojik veriler arasındaki saçılma diyagramı

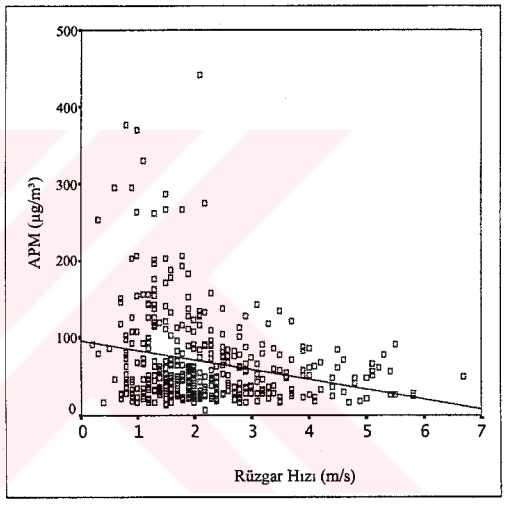


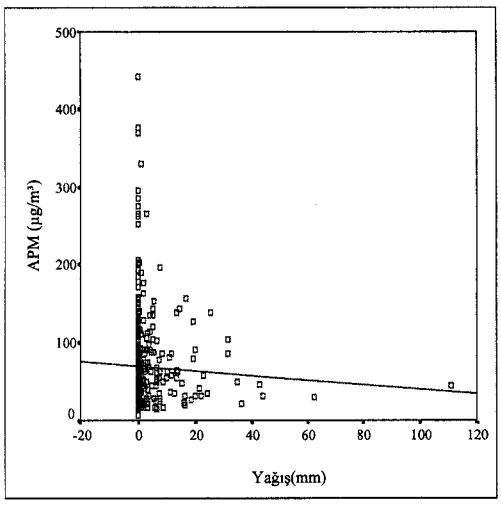
Şekil A.4. 1'nolu istasyonda 1997-99 yıllarındaki SO_2 konsantrasyonu ile günlük meteorolojik veriler arasındaki saçılma diyagramı

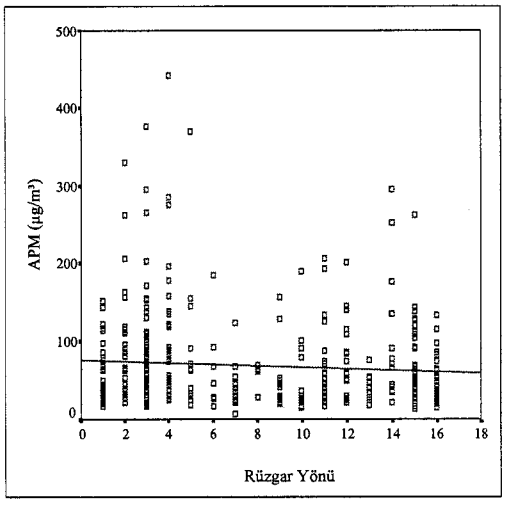




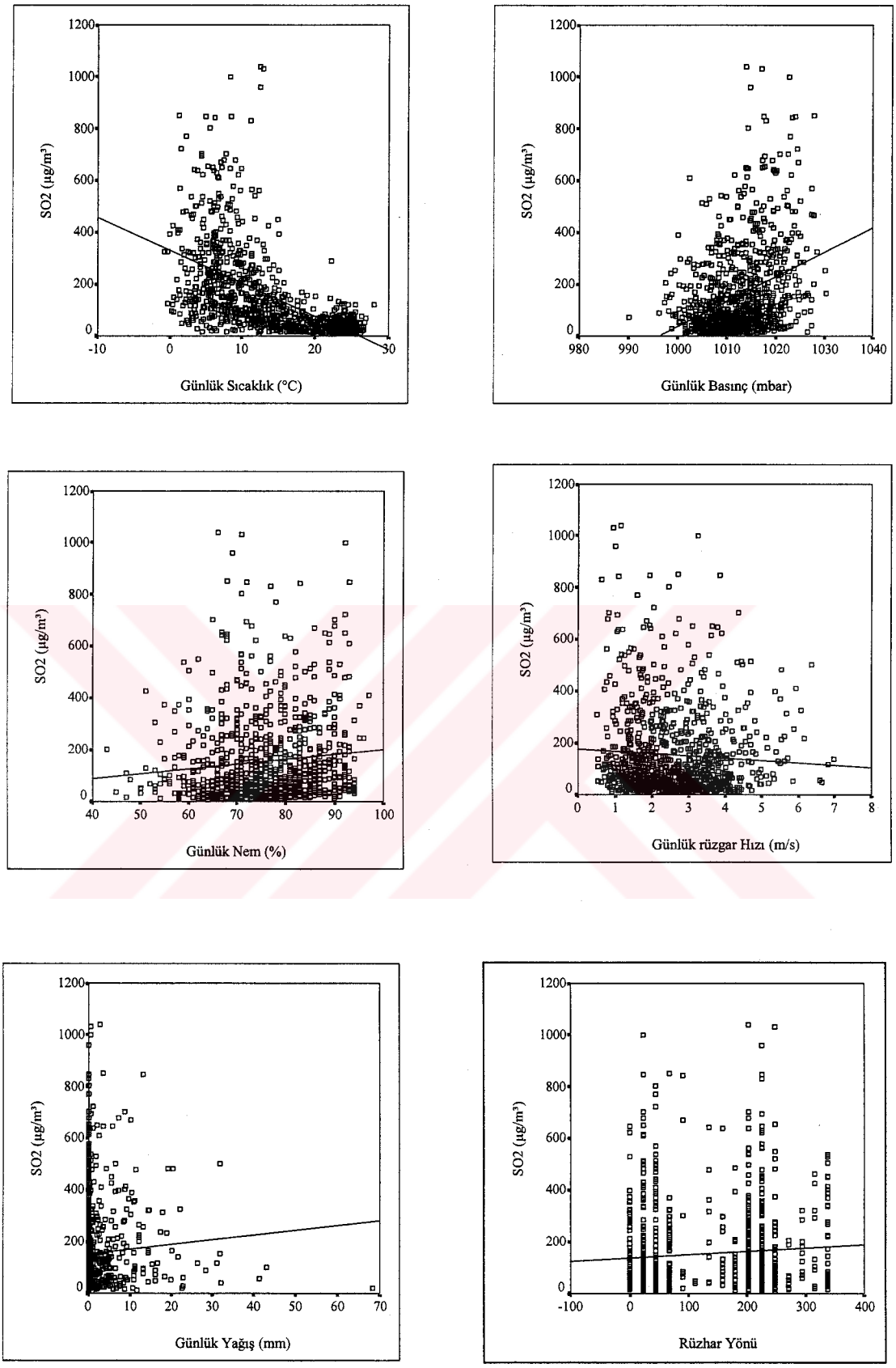






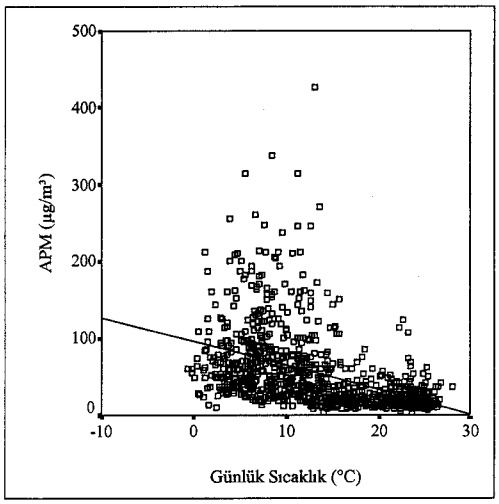


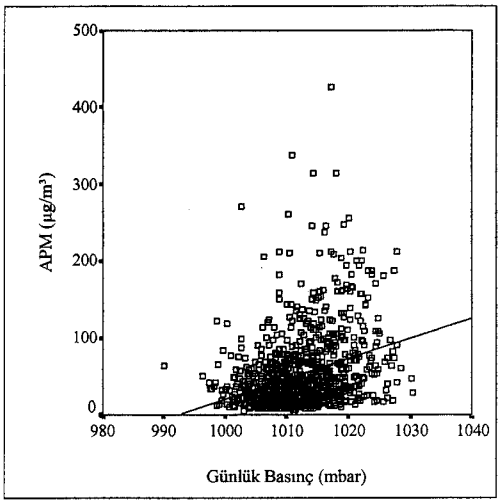
Şekil A.5. 1'nolu istasyonunda 1997-99 yıllarındaki APM konsantrasyonu ile günlük meteorolojik veriler arasındaki saçılma diyagramı

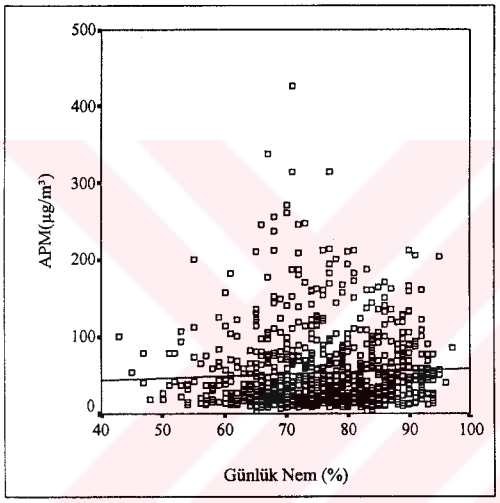


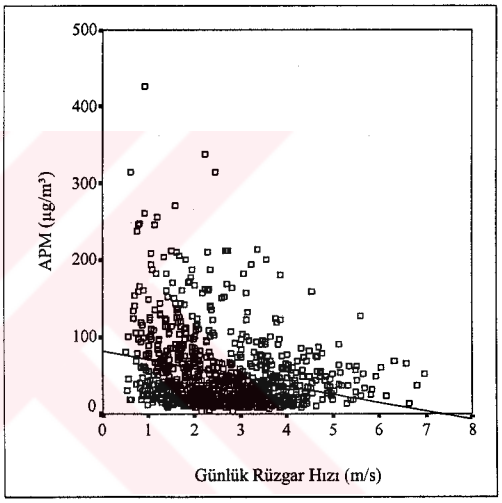
Şekil A.6. 2'nolu istasyonda 1994-96 yılları arasında SO_2 değerleri ile meteorolojik parametrelerin saçılma diyagramı

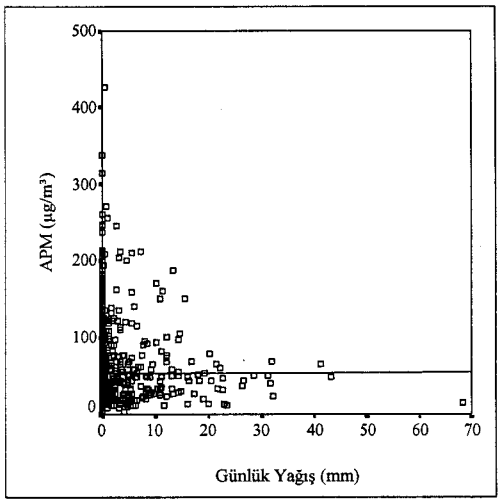
T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

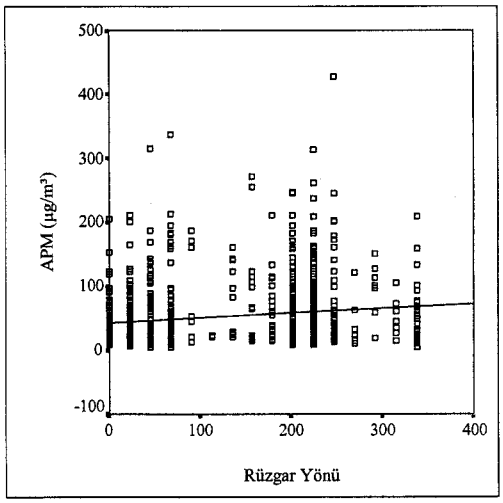




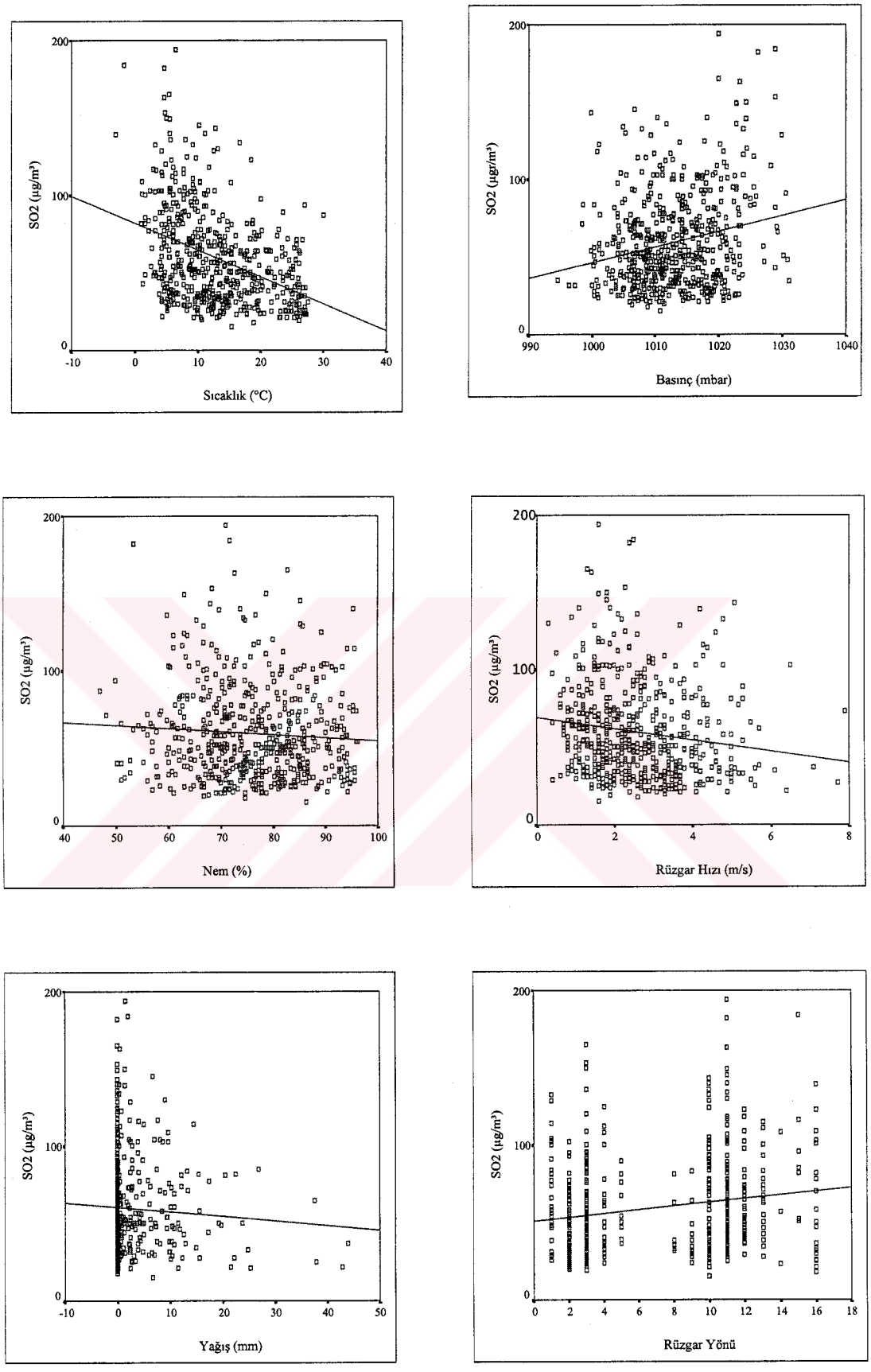




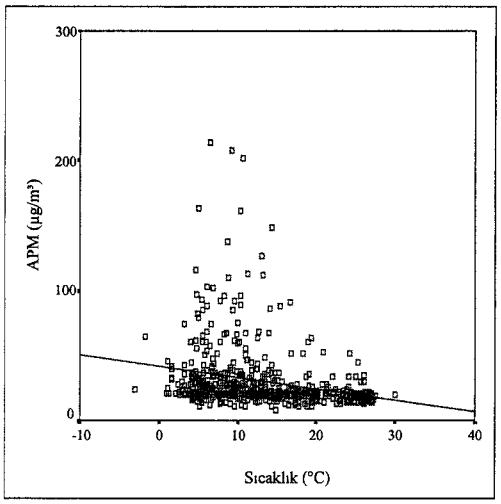


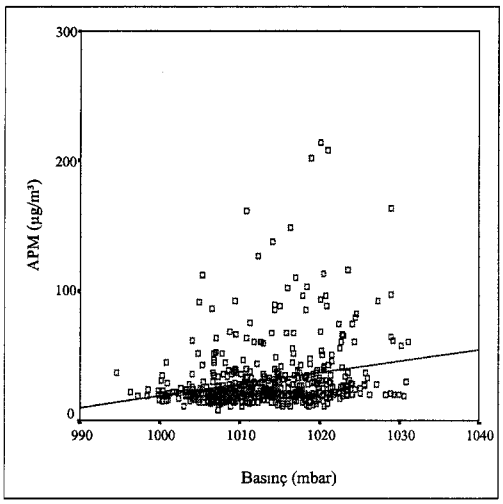


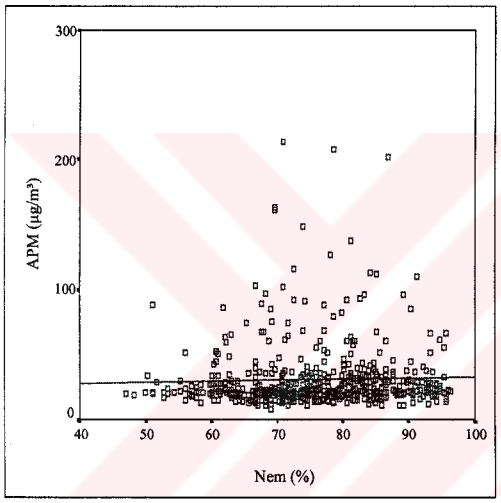
Şekil A.7. 2'nolu istasyonda 1994-96 yılları arasında APM değerleri ile meteorolojk parametrelerin saçılma diyagramları

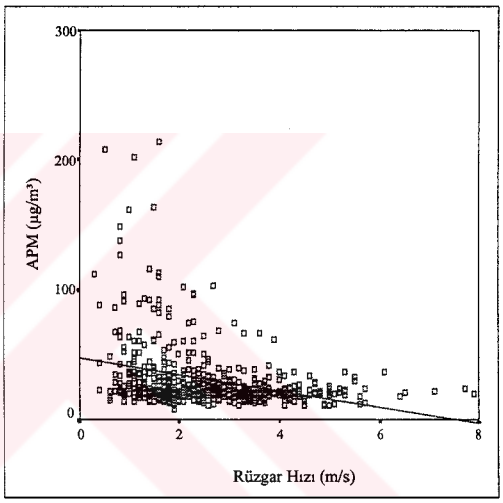


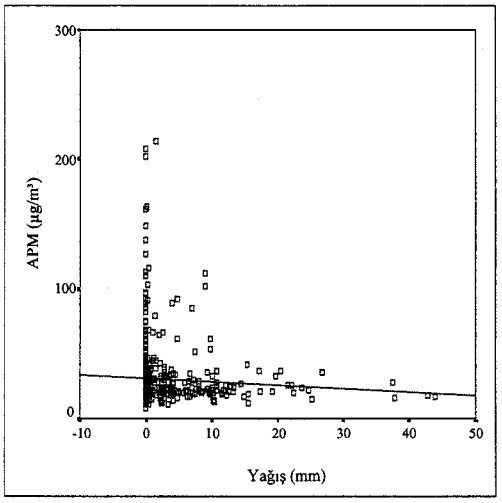
Şekil A.8. .2'nolu istasyonda 1997-99 yılları arasında SO_2 değerleri ile meteorolojik parametrelerin saçılma diyagramı

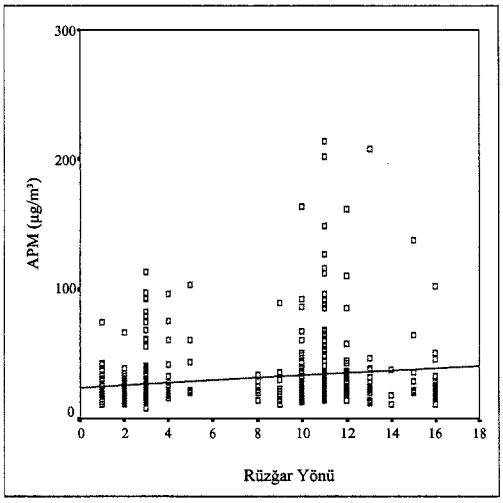




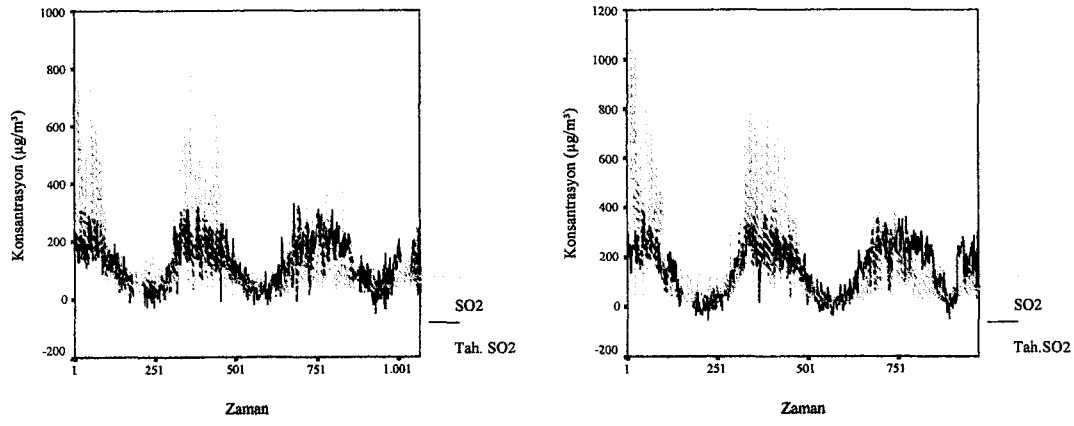






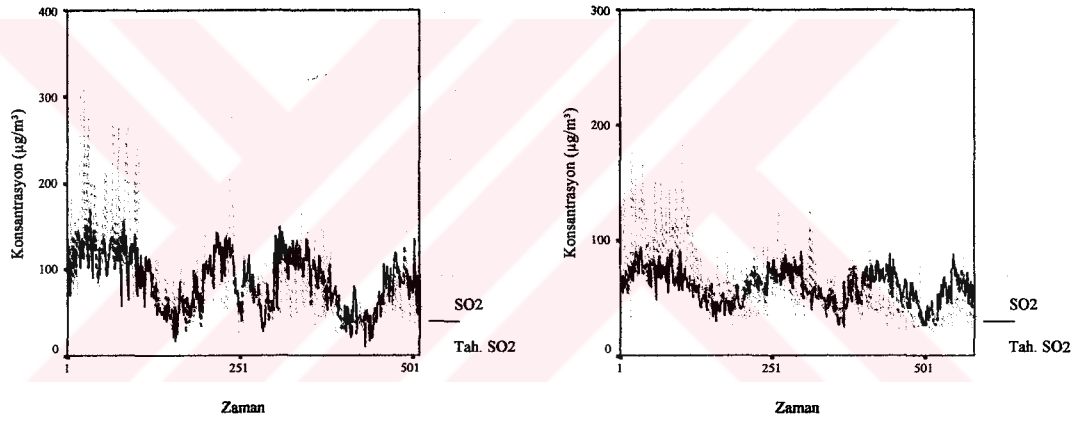


Şekil A.9. 2'nolu istasyonda 1997-99 yılları arasında APM değerleri ile meteorolojik parametrelerin saçılma diyagramı



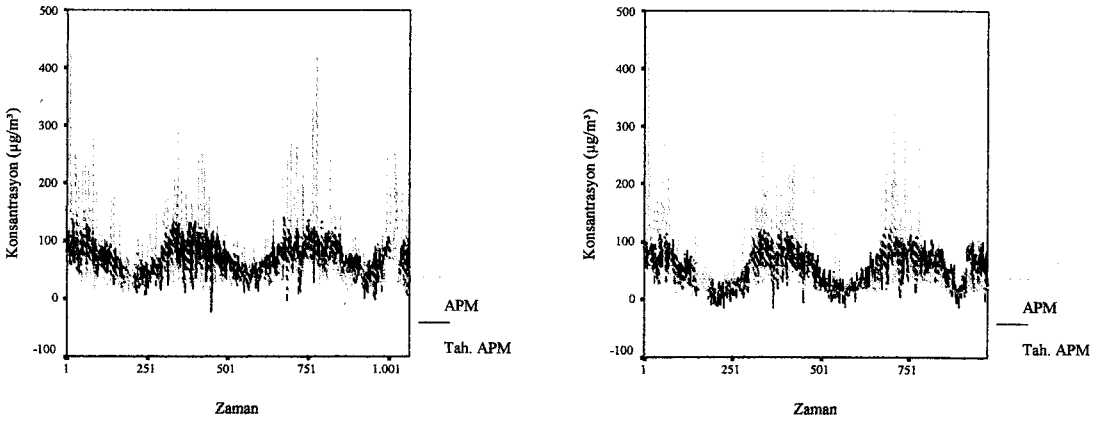
(a) (b)

Şekil A.10. 1994-96 yılları arasında 1'nolu istasyonda zamanın fonksiyonu olarak; (a) 1'nolu istasyonda, (b) 2'nolu istasyonda ölçülen SO_2 ve tahmin edilen SO_2 konsantrasyon değerleri



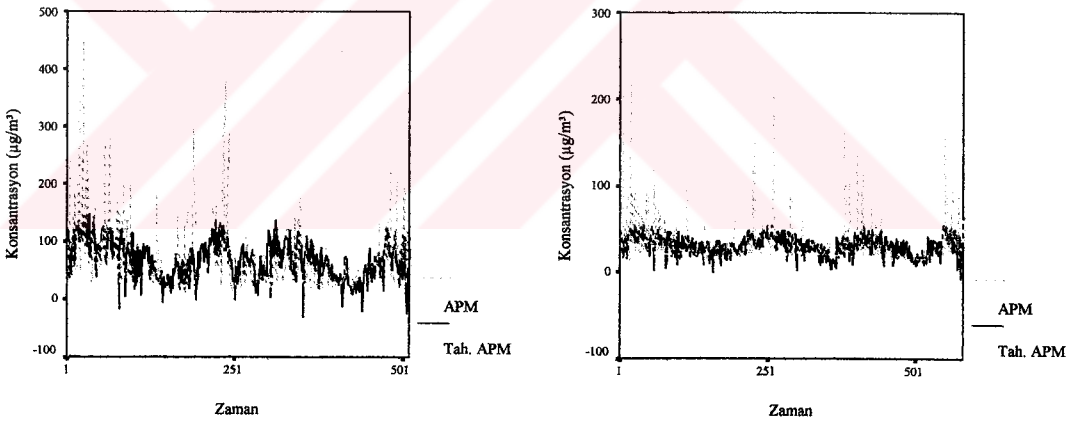
(a) (b)

Şekil A.11. 1997-99 yılları arasında 1'nolu istasyonda zamanın fonksiyonu olarak; (a) 1'nolu istasyonda, (b) 2'nolu istasyonda ölçülen SO_2 ve tahmin edilen SO_2 konsantrasyon değerleri



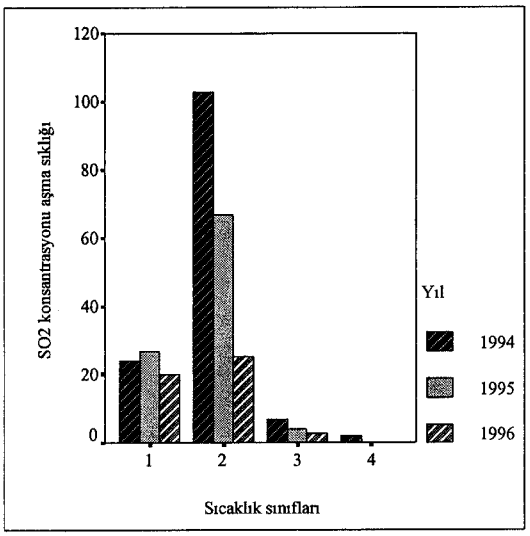
(a) (b)

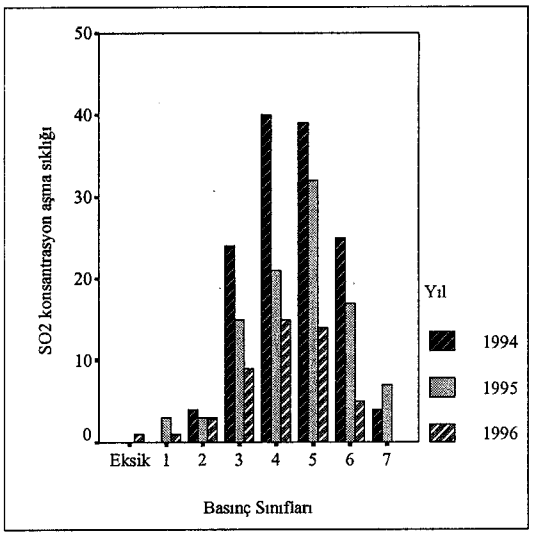
Şekil A.12. 1994-96 yılları arasında 1'nolu istasyonda zamanın fonksiyonu olarak; (a) 1'nolu istasyonda, (b) 2'nolu istasyonda ölçülen APM ve tahmin edilen APM konsantrasyon değerleri

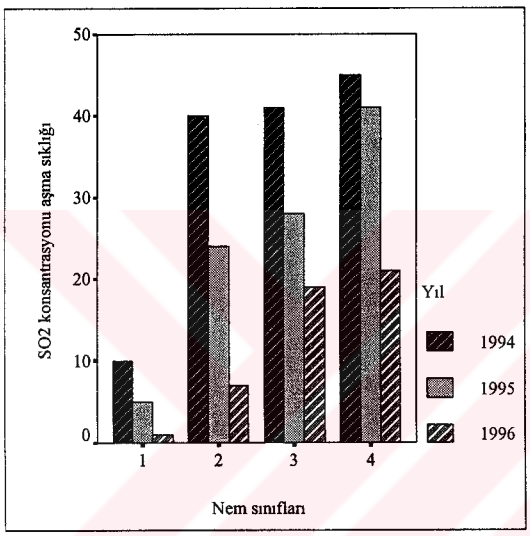


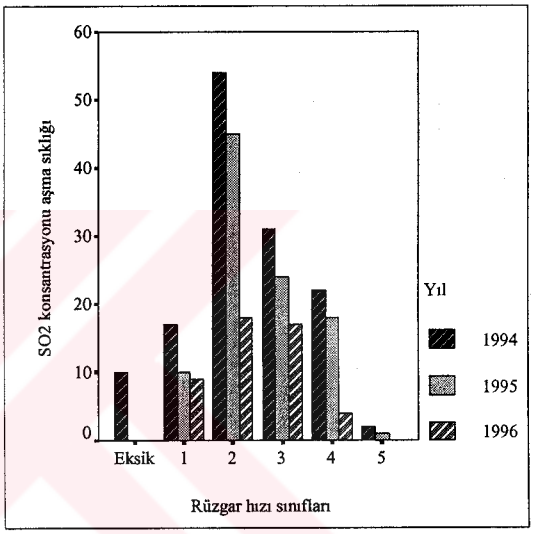
(a) (b)

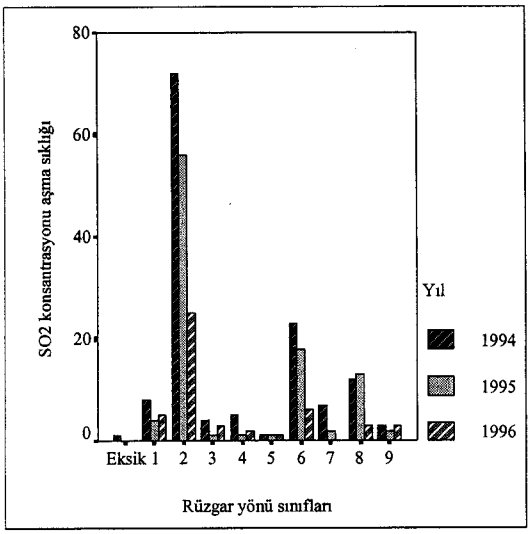
Şekil A.13. 1997-99 yılları arasında 1'nolu istasyonda zamanın fonksiyonu olarak; (a) 1'nolu istasyonda, (b) 2'nolu istasyonda ölçülen APM ve tahmin edilen APM konsantrasyon değerleri



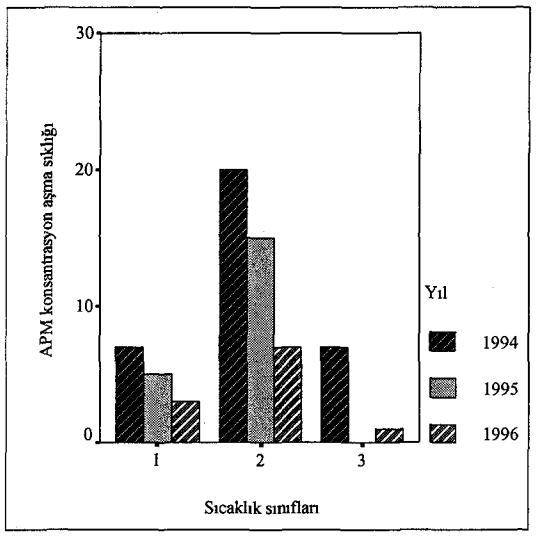


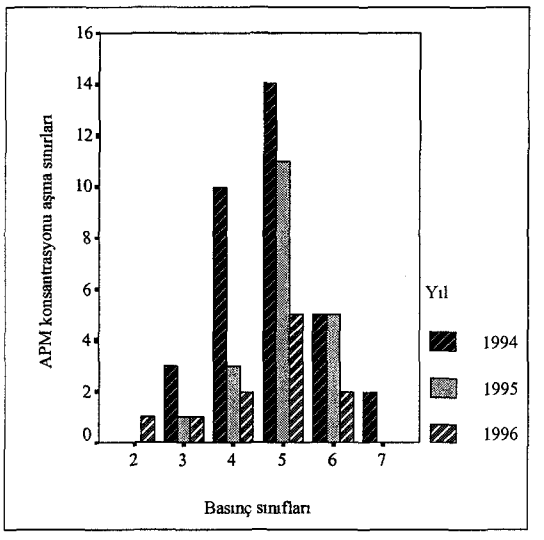


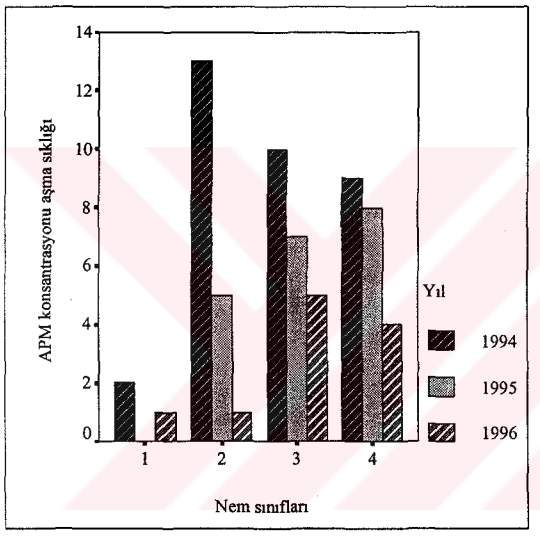


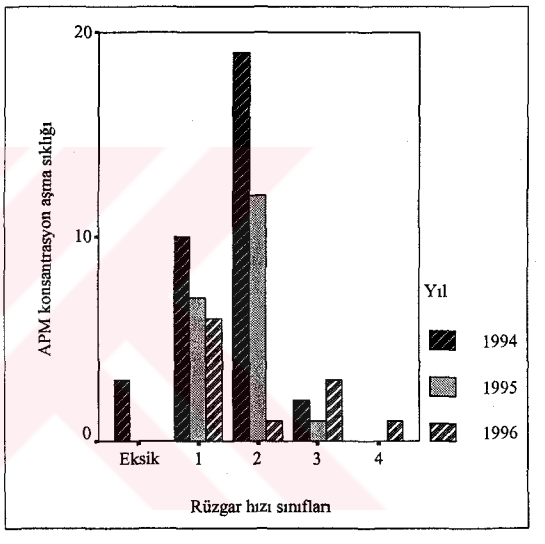


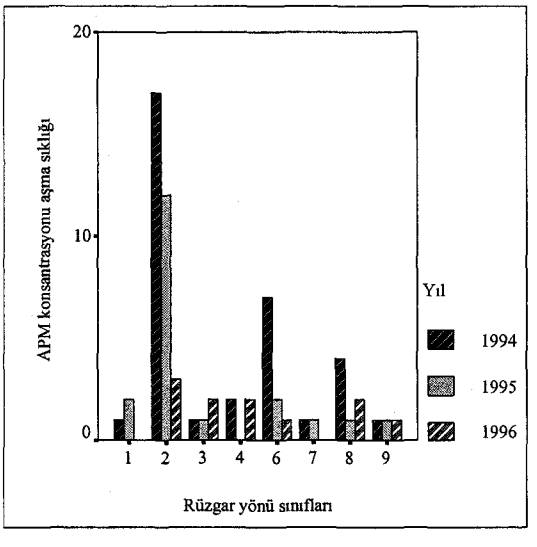
Şekil A.14. 1'nolu istasyonda 1994, 95, 96 yıllarındaki SO_2 konsantrasyonu aşma sıklığının meteorolojik veri sınıflarına göre değişimi



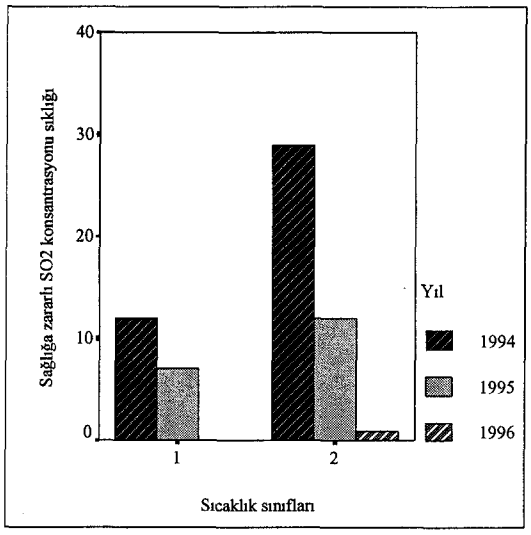


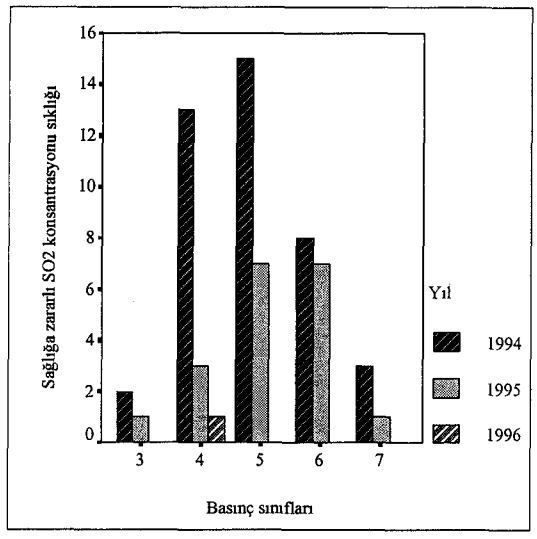


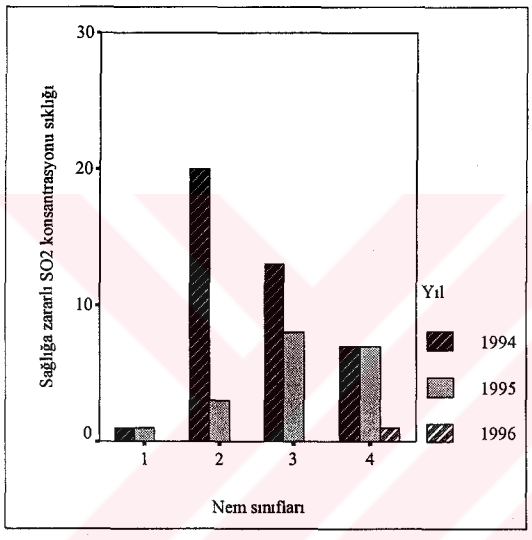


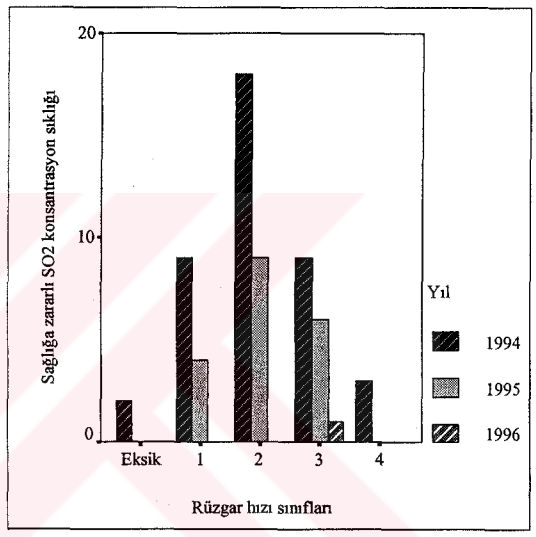


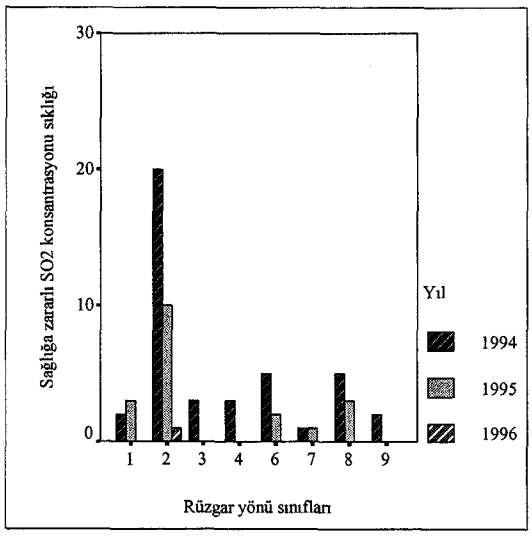
Şekil A.15. 1'nolu istasyonda 1994, 95, 96 yıllarındaki APM konsantrasyonu aşma sıklığının meteorolojik veri sınıflarına göre değişimi



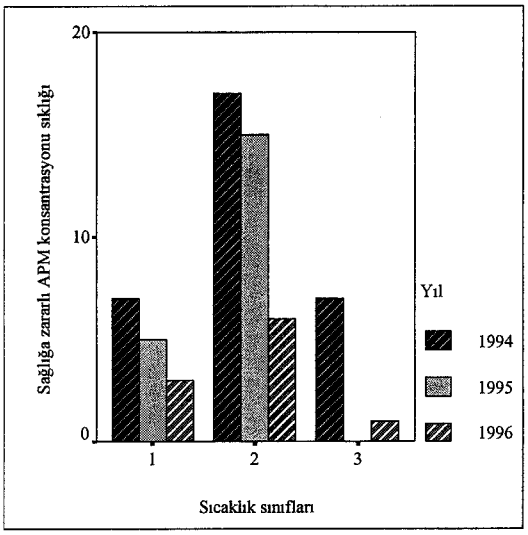


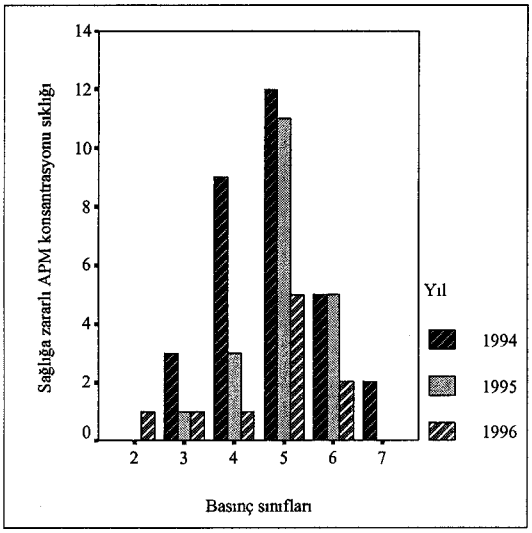


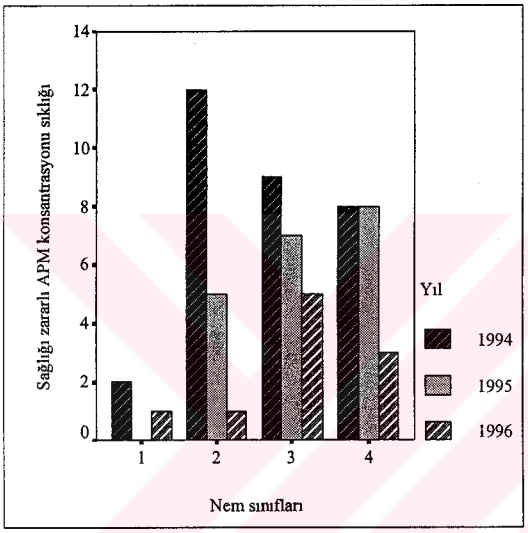


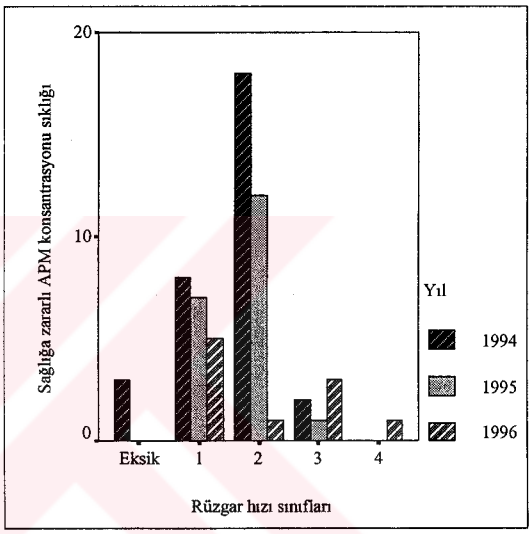


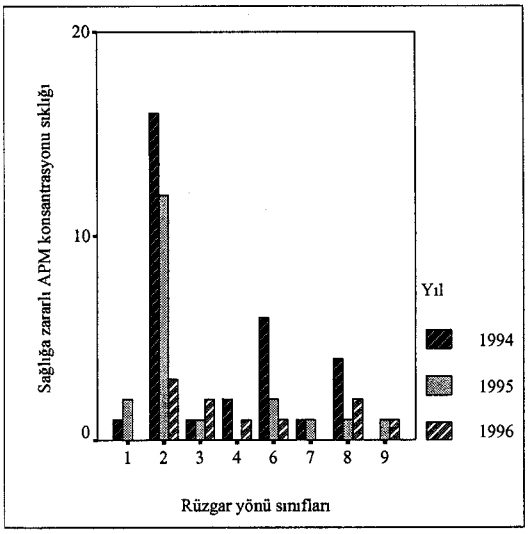
Şekil A.16. 1'nolu istasyonda 1994, 95, 96 yıllarındaki sağlığa zararlı SO_2 konsantrasyonu aşma sıklığının meteorolojik veri sınıflarına göre değişimi



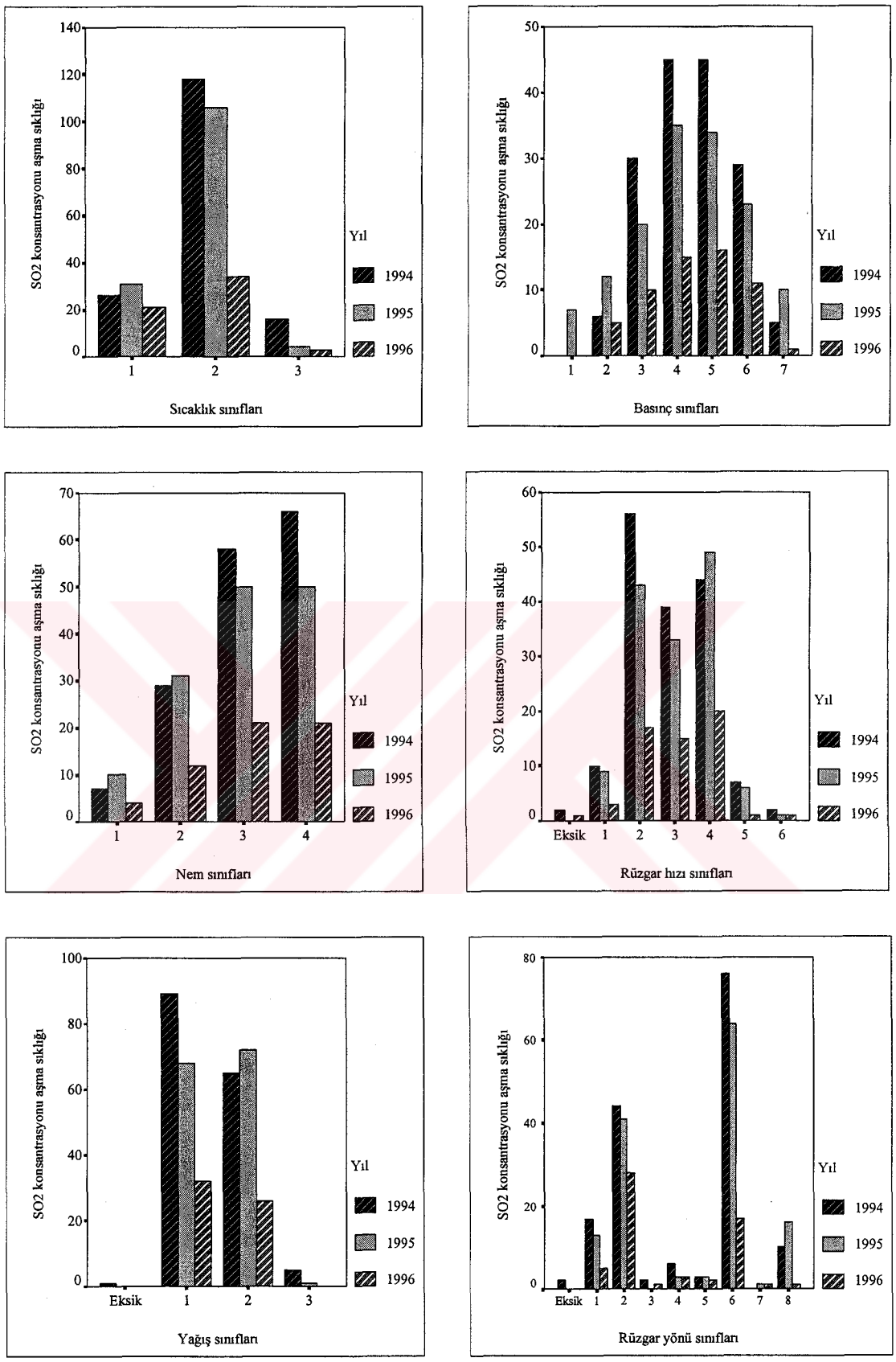




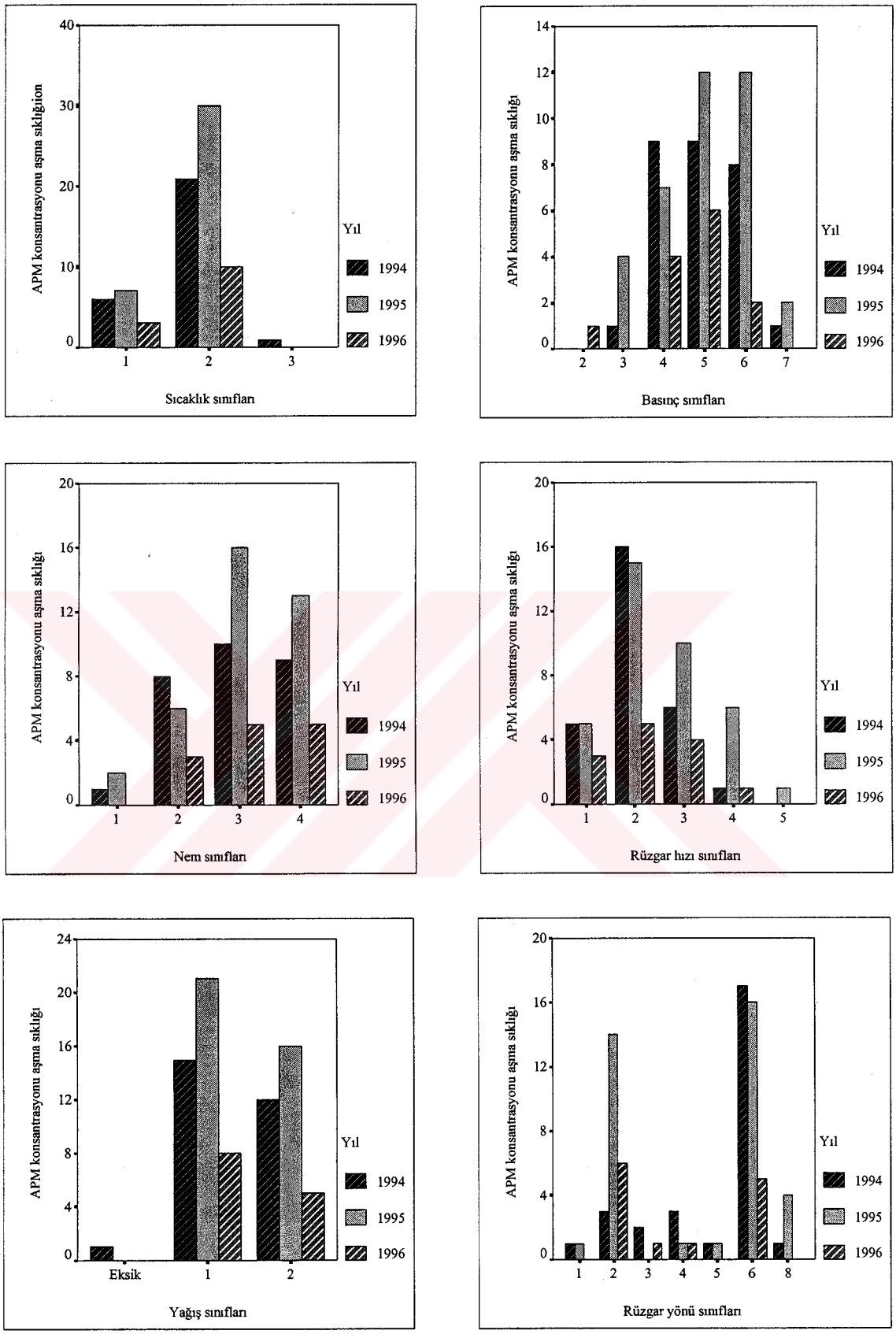




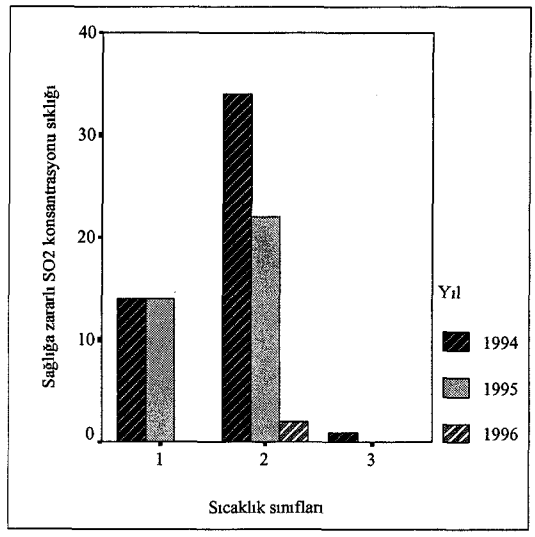
Şekil A.17. 1'nolu istasyonda 1994, 95, 96 yıllarındaki sağlığa zararlı APM konsantrasyonu aşma sıklığının meteorolojik veri sınıflarına göre değişimi

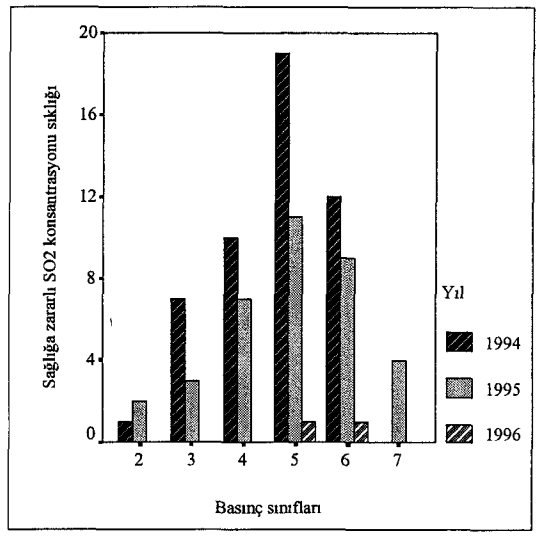


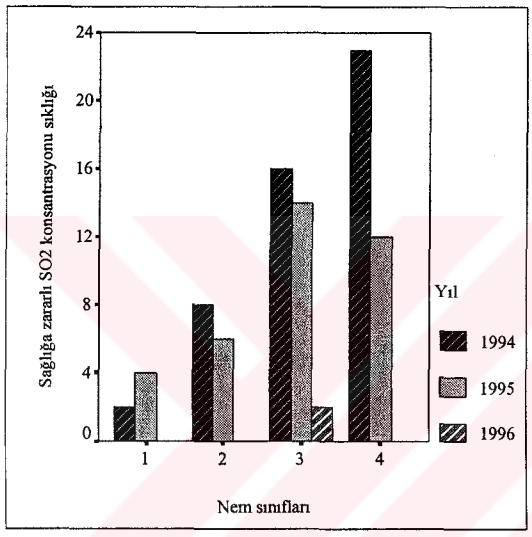
Şekil A.18. 2'nolu istasyonda 1994, 95, 96 yıllarındaki SO_2 konsantrasyonu aşma sıklığının meteorolojik veri sınıflarına göre değişimi

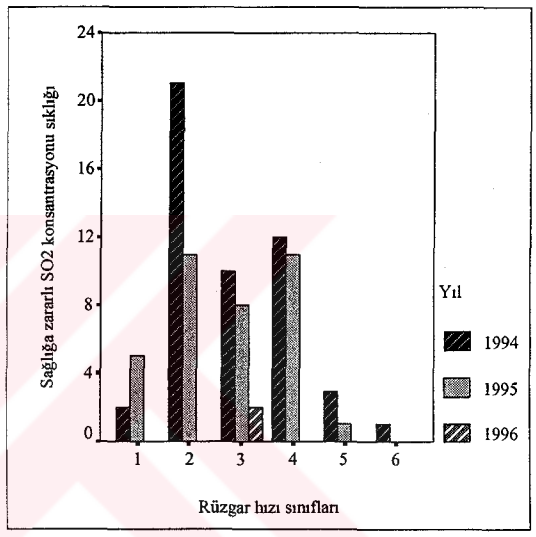


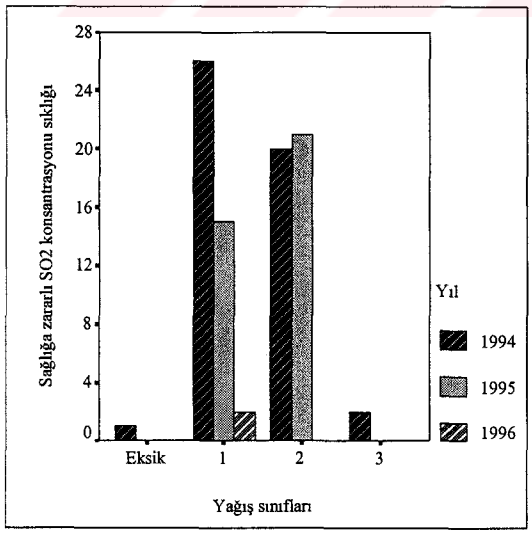
Şekil A.19. 2'nolu istasyonda 1994, 95, 96 yıllarında APM konsantrasyonu aşma sıklığının meteorolojik veri sınıflarına göre değişimi

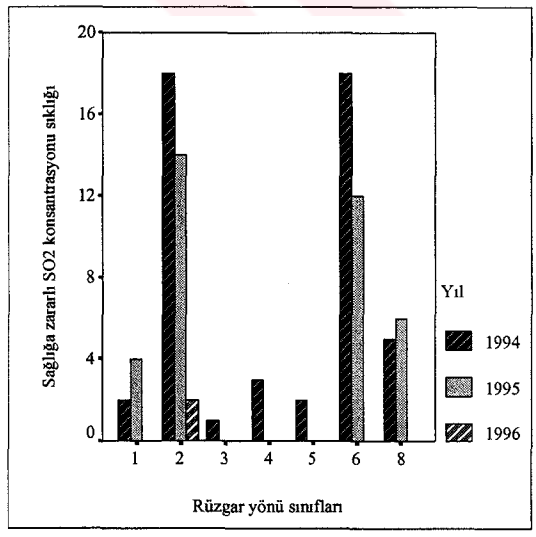




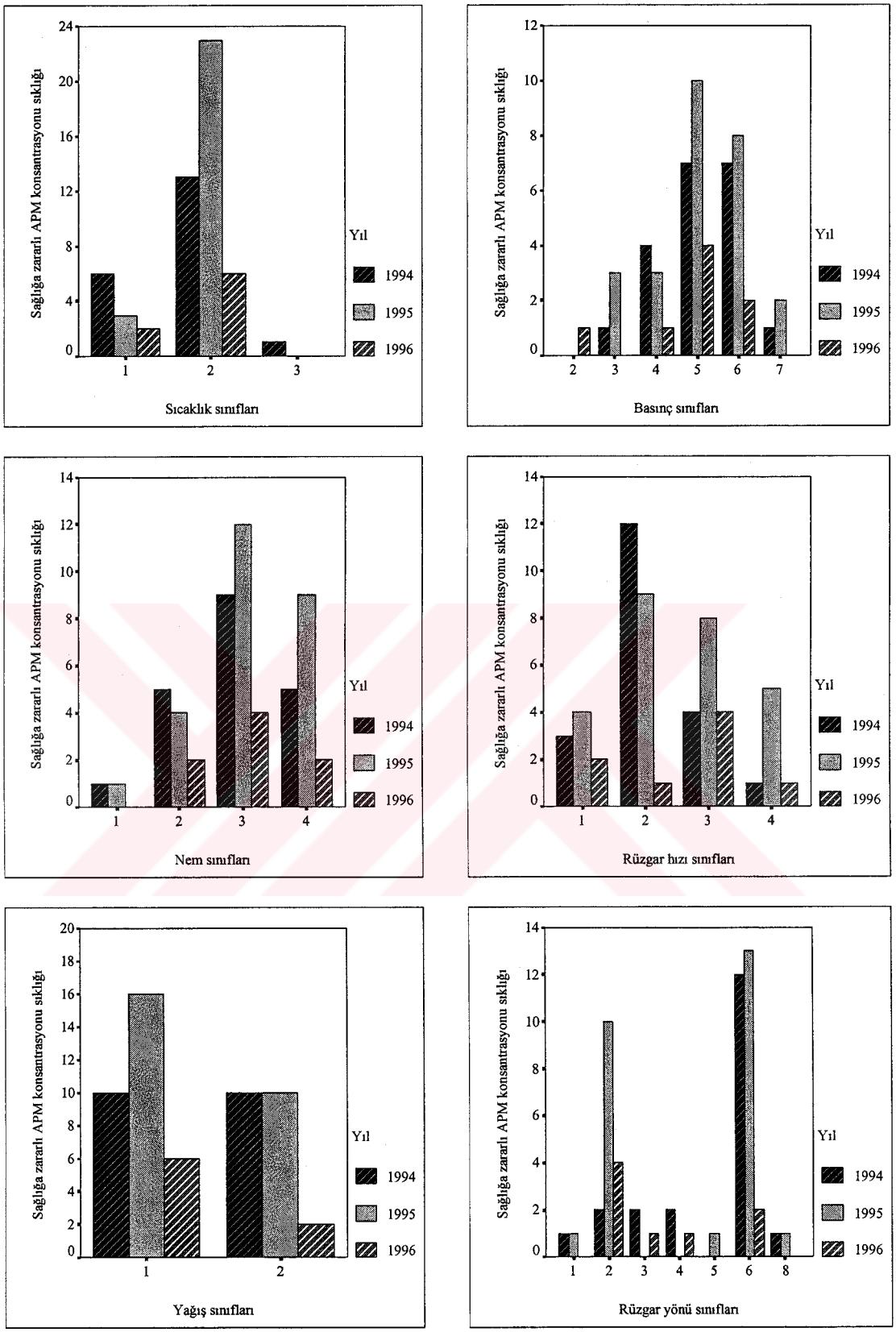




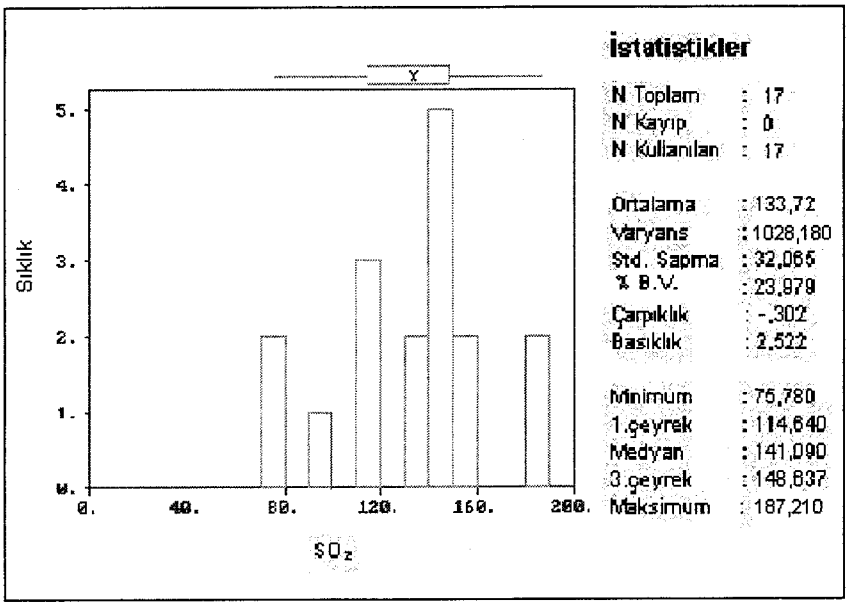




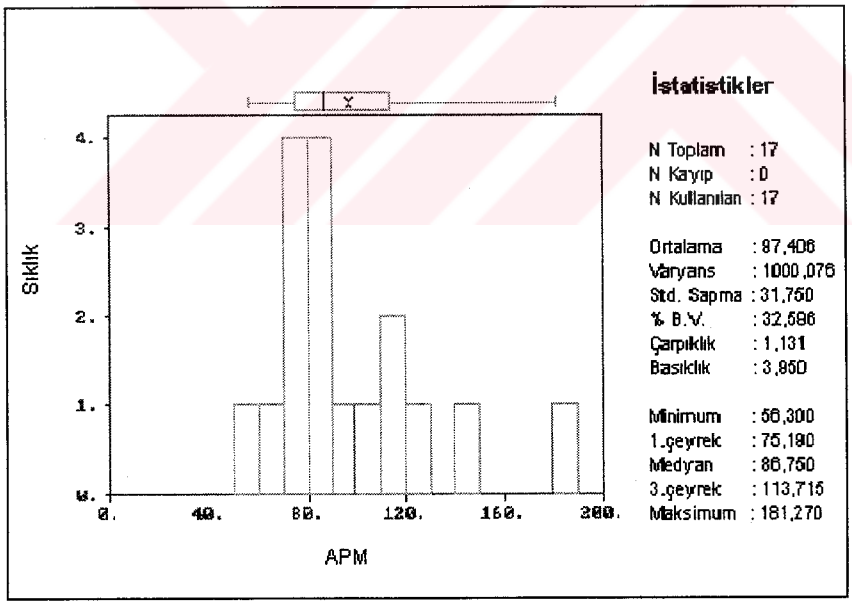
Şekil A.20. 2'nolu istasyonda 1994, 95, 96 yıllarındaki sağlığa zararlı SO_2 konsantrasyonu aşma sıklığının meteorolojik veri sınıflarına göre değişimi



Şekil A.21. 2'nolu istasyonda 1994, 95, 96 yıllarındaki sağlığa zararlı APM konsantrasyonu aşma sıklığının meteorolojik veri sınıflarına göre değişimi

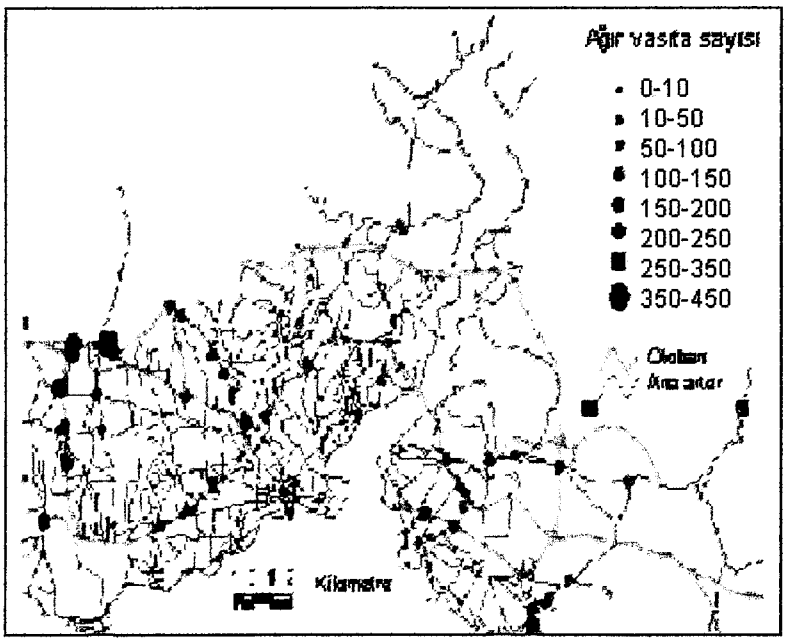


(a)

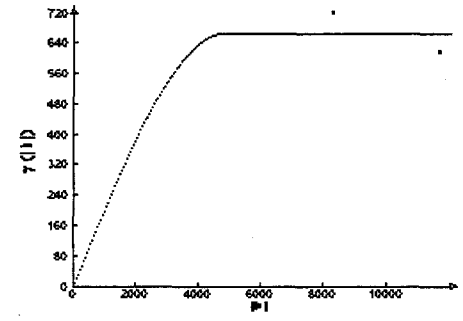


(b)

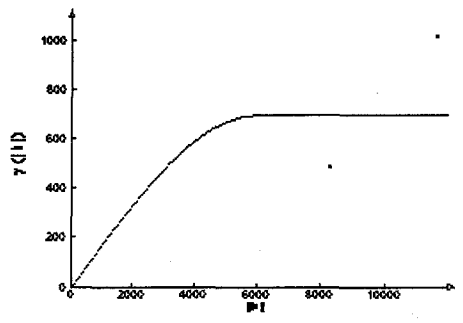
Şekil A.22. 1995-1996 Isınma mevsimindeki; (a) SO_2'in, (b) APM'nin histogramı.



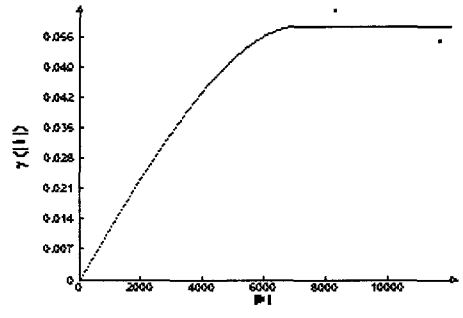
Şekil A.23. Şehirde sabah saatlerinde ağır vasıta sayısı (1996).



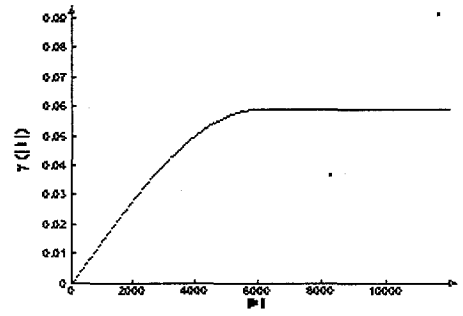
95-96 normal SO_2



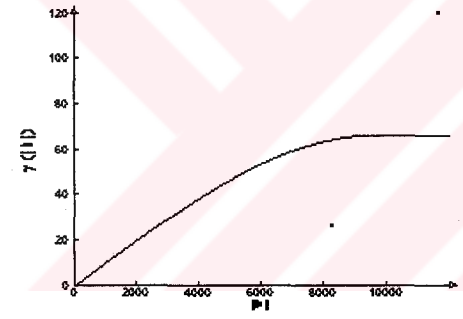
95-96 normal APM



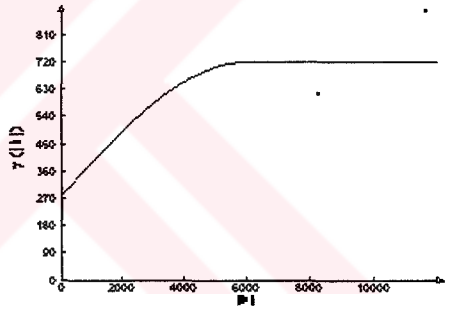
95-96 logaritmik SO_2



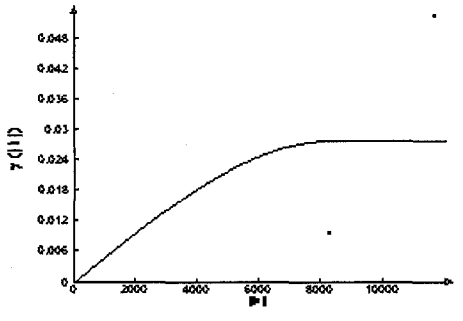
95-96 logaritmik APM



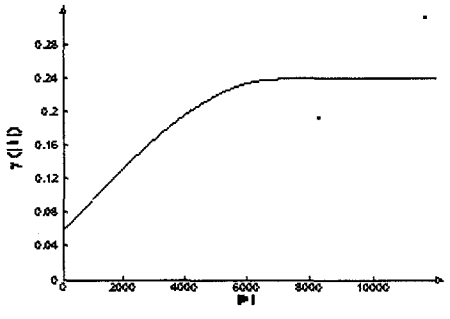
99-00 normal SO_2



99-00 normal APM



99-00 logaritmik SO_2



99-00 logaritmik APM

Şekil A.24. 1995-96 ve 1999-00 ısınma mevsimlerinde variogram modelleri

EKLER B

TABLOLAR

Tablo B.1. Analizlerde kullanılan istasyon koordinatları ve alanları

İstasyon No	Bulunduğu Yer	Enlem	Boylam	Alan (km^2)
1	Bakırköy	40^0,99	28,86	28,98
2	Bağcılar	41^0,05	28,85	21,12
3	Bayrampaşa	41,04	28,90	7,75
4	Gaziosmanpaşa	41,06	28,91	40,59
5	Zeytinburnu	41,01	28,92	10,88
6	Eyüp	41^0,02	28,56	89,39
7	Fatih	41,03	28,94	10,8
8	Eminönü	41,00	28,58	4,91
10	Şişli	41,06	28,99	29,82
11	Beyoğlu	41,03	28,98	8,29
12	Beşiktaş	41,05	29,01	18,17
13	Sarıyer	41,14	29,05	50,7
14	Beykoz	41,11	29,09	58,49
15	Üsküdar	41,02	29,01	38,57
16	Ümraniye	41,03	29,09	56,02
17	Kadıköy	41,00	29,02	35,87
18	Göztepe	40,98	29,05	
19	Maltepe	40,93	29,14	61,07
20	Kartal	40,92	29,17	32,04

Tablo B.2. 1993-2000 periyodunda ısınma/ısınma dışı mevsimlerde (a) SO_2 ve (b) APM ölçüm sayıları

(a)

Yıl	İst.No	Sezon	Ölçüm sayısı
93-94	1	Isınma	164
		Isınma dışı	170
	2	Isınma	165
	3	Isınma dışı	152
	4	Isınma	131
	5	Isınma	171
		Isınma dışı	152
	7	Isınma	163
		Isınma dışı	162
	8	Isınma	133
		Isınma dışı	171
	10	Isınma	139
		Isınma dışı	143
	11	Isınma	163
		Isınma dışı	161
	15	Isınma	160
		Isınma dışı	157
	16	Isınma	134
		Isınma dışı	148
	17	Isınma dışı	158
	18	Isınma dışı	159
94-95	1	Isınma	171
	2	Isınma	168
	3	Isınma	143
	4	Isınma	167
		Isınma dışı	132
	5	Isınma	175
		Isınma dışı	175
	7	Isınma	175
		Isınma dışı	134
	8	Isınma	174
		Isınma dışı	163
	10	Isınma	173
		Isınma dışı	154
	11	Isınma	176
	12	Isınma	130
	15	Isınma	160
		Isınma dışı	165
	16	Isınma	164
		Isınma dışı	142
	17	Isınma	169
		Isınma dışı	151
	18	Isınma	179
		Isınma dışı	167
	19	Isınma	162
		Isınma dışı	128
	20	Isınma	145
		Isınma dışı	168

Yıl	İst.No	Sezon	Ölçüm sayısı
95-96	1	Isınma	155
	2	Isınma	144
	3	Isınma	144
	4	Isınma	136
	5	Isınma	174
		Isınma dışı	172
	6	Isınma	139
	7	Isınma	131
	8	Isınma	176
	10	Isınma	167
	11	Isınma	176
	12	Isınma	152
	16	Isınma	138
	17	Isınma	175
	18	Isınma	173
	20	Isınma	162
96-97	1	Isınma	170
	3	Isınma	165
	4	Isınma	162
	5	Isınma	182
		Isınma dışı	178
	6	Isınma	155
		Isınma dışı	156
	7	Isınma	176
	8	Isınma	174
	10	Isınma	168
	11	Isınma	181
	12	Isınma	155
	15	Isınma dışı	167
	16	Isınma	143
	17	Isınma	182
	18	Isınma	159
	19	Isınma	178
97-98	5	Isınma	166
	6	Isınma	153
	15	Isınma	154
98-99	5	Isınma	147
		Isınma dışı	152
	6	Isınma	138
	15	Isınma	133
99-00	5	Isınma	151
	7	Isınma	146
	17	Isınma	143
	18	Isınma	141
	19	Isınma	131

Tablo B.2 devam

(b)

Yıl	İst. No	Sezon	Ölçüm Sayısı
93-94	1	Isınma	168
		Isınma dışı	170
	2	Isınma	174
		Isınma dışı	128
	3	Isınma dışı	159
	4	Isınma	132
	5	Isınma	178
		Isınma dışı	157
	7	Isınma	175
		Isınma dışı	171
	8	Isınma	134
		Isınma dışı	177
	10	Isınma	165
		Isınma dışı	145
	11	Isınma	171
		Isınma dışı	166
	15	Isınma	168
		Isınma dışı	171
	16	Isınma	158
		Isınma dışı	129
	17	Isınma dışı	137
	18	Isınma dışı	167
	19	Isınma	145
		Isınma dışı	149
	20	Isınma	137
94-95	1	Isınma	172
	2	Isınma	168
	3	Isınma	143
	4	Isınma	167
		Isınma dışı	132
	5	Isınma	179
		Isınma dışı	174
	7	Isınma	174
		Isınma dışı	135
	8	Isınma	174
		Isınma dışı	158
	10	Isınma	173
		Isınma dışı	154
	11	Isınma	174
	12	Isınma	131
	15	Isınma	162
		Isınma dışı	163
	16	Isınma	165
		Isınma dışı	141
	17	Isınma	172
		Isınma dışı	149
	18	Isınma	180
		Isınma dışı	165
	19	Isınma	167
			167
	20	Isınma	159
		Isınma dışı	167

Yıl	İst. No	Sezon	Ölçüm Sayısı
95-96	1	Isınma	162
	2	Isınma	151
	3	Isınma	150
	4	Isınma	141
	5	Isınma	179
		Isınma dışı	175
	6	Isınma	144
		Isınma dışı	134
	7	Isınma	136
	8	Isınma	179
	10	Isınma	170
	11	Isınma	178
	12	Isınma	157
	16	Isınma	140
	17	Isınma	177
	18	Isınma	176
	20	Isınma	177
96-97	1	Isınma	170
	3	Isınma	164
	4	Isınma	161
	5	Isınma	180
		Isınma dışı	178
	6	Isınma	155
		Isınma dışı	156
	7	Isınma	174
	8	Isınma	174
	10	Isınma	168
	11	Isınma	181
		Isınma dışı	122
	12	Isınma	155
	15	Isınma dışı	167
	16	Isınma	143
	17	Isınma	182
	18	Isınma	158
	19	Isınma	178
97-98	5	Isınma	166
	6	Isınma	153
	15	Isınma	154
98-99	5	Isınma	147
		Isınma dışı	152
	6	Isınma	138
	15	Isınma	133
99-00	5	Isınma	151
	7	Isınma	146
	17	Isınma	143
	18	Isınma	141
	19	Isınma	131

Tablo B.3. İstasyonlarda yıllık (a) SO_2, (b) APM ölçüm sayısı ve ortalama konsantrasyonlar

(a)

Yıl	İst. No	SO_2	Ölçüm Sayısı
1994	1	161,15	365
1994	2	140,84	304
1994	3	180,34	303
1994	4	191,05	276
1994	5	131,15	365
1994	7	159,64	365
1994	8	139,07	365
1994	10	188,50	365
1994	11	160,27	365
1994	12	157,50	305
1994	15	120,34	365
1994	16	137,47	365
1994	17	79,35	306
1994	18	203,09	365
1994	19	117,42	334
1995	1	128,51	334
1995	2	141,08	273
1995	4	157,32	304
1995	5	105,71	365
1995	7	136,37	304
1995	8	121,56	365
1995	10	158,87	365
1995	11	157,78	273
1995	12	117,92	304
1995	15	78,33	334
1995	16	106,46	304
1995	17	86,17	365
1995	18	148,89	365
1995	19	89,68	304
1995	20	49,56	365
1996	1	91,35	274
1996	4	108,22	305
1996	5	80,03	366
1996	6	94,62	336
1996	7	97,26	275
1996	8	128,09	305
1996	11	105,84	305
1996	12	97,34	305
1996	17	106,45	275
1996	18	96,95	244
1996	19	63,58	276
1996	20	67,47	275
1997	5	86,71	365
1997	6	77,22	365
1997	15	64,89	365
1998	5	72,29	273
1998	6	70,05	273
1999	5	49,82	304
1999	6	55,26	273

(b)

Yıl	İst. No	APM	Ölçüm Sayısı
1994	1	77,64	365
1994	2	89,02	335
1994	3	105,03	303
1994	4	91,35	276
1994	5	60,09	365
1994	7	74,62	365
1994	8	81,05	365
1994	10	61,08	365
1994	11	67,08	365
1994	12	74,72	305
1994	15	53,12	365
1994	16	53,78	335
1994	17	22,80	276
1994	18	55,90	365
1994	19	58,35	365
1995	1	64,86	334
1995	4	83,68	304
1995	5	57,18	365
1995	7	64,51	304
1995	8	72,70	365
1995	10	52,95	365
1995	11	68,20	273
1995	12	78,37	304
1995	15	47,94	334
1995	16	56,71	304
1995	17	54,17	365
1995	18	54,01	365
1995	19	61,63	304
1995	20	47,53	365
1996	1	70,36	305
1996	4	73,85	305
1996	5	51,54	366
1996	6	75,41	336
1996	7	93,76	305
1996	8	93,71	305
1996	10	57,92	244
1996	11	71,75	275
1996	12	74,90	335
1996	17	74,10	305
1996	19	64,84	276
1996	20	59,26	275
1997	5	41,19	365
1997	6	49,62	365
1997	15	41,45	365
1998	5	54,28	273
1998	6	65,20	273
1999	5	51,14	304
1999	6	65,48	273

Tablo B.4. 1'nolu istasyonun istatistik değerleri; (a) 1994-96, (b) 1997-99 yılları arasında

(a)

	SO2 (µg/m³)	APM (µg/m³)	Sıcaklık (C)	Basınç (mbar)	Bağıl Nem (%)	Yağış (mm)	Rüzgar Hızı (m/s)
Ölçüm Sayısı	899	922	1035	1034	1035	1056	991
Ortalama	126,85	70,58	14,3686	1011,87	75,08	1,69	2,1894
Medyan	81,00	56,00	14,2083	1011,62	76,00	,00	2,0167
Minimum	9	5	-1,32	990,03	41,00	,00	,02
Maksimum	804	425	27,60	1029,17	94,00	50,00	6,97
Std. Sapma	127,40	51,77	7,4507	5,84	9,4155	4,79	1,0174
Varyans	16231,400	2679,767	55,513	34,152	88,652	22,987	1,035
Basıklık	5,343	8,117	-1,283	-,024	-,304	29,362	,376
Basıklığın Std. Hatası	,163	,161	,152	,152	,152	,150	,155
Çarpıklık	2,189	2,324	-,036	,149	-,420	4,730	,799
Çarpıklığın Std. Hatası	,082	,081	,076	,076	,076	,075	,078

(b)

	SO2 (µg/m³)	APM (µg/m³)	Sıcaklık (C)	Basınc (mbar)	Bağıl Nem (%)	Yağış (mm)	Rüzgar Hızı (m/s)
ÖlçümSayısı	406	406	511	511	511	511	511
Ortalam	88,07	69,27	13,132	1012,803	77,140	2,740	2,198
Medyan	70,00	49,00	11,800	1011,900	77,700	,000	2,000
Minimum	22	7	-2,0	995,7	47,0	,0	,2
Maksimum	308	442	28,0	1030,7	95,7	111,0	6,7
Std. Sapma	54,93	60,46	7,369	6,891	9,592	8,209	1,124
Varyans	3017,131	3655,619	54,308	47,480	91,999	67,389	1,264
Basıklık	2,588	8,514	-1,144	-,369	-,326	68,865	,849
Basıklığın Std. Hatası	,242	,242	,216	,216	,216	,216	,216
Çarpıklık	1,587	2,549	,286	,313	-,402	6,823	1,000
Çarpıklığın Std. Hatası	,121	,121	,108	,108	,108	,108	,108

Tablo B.5. 2'nolu istasyonun istatistik değerleri; (a) 1994-96, (b) 1997-99 yılları arasında

(a)

	SO2 (µg/m³)	APM (µg/m³)	Sıcaklık (C)	Basınç (mbar)	Bağıl Nem (%)	Yağış (mm)	Rüzgar Hızı (m/s)
Ölçüm Sayısı	898	908	974	974	974	973	941
Ortalama	156,09	52,89	14,036	1012,05	75,48	1,90	2,60
Medyan	90,00	36,00	13,144	1011,50	75,00	,00	2,49
Minimum	10	4	-,7	990,0	43	0	,50
Maksimum	1041	427	28,0	1030,3	97	68	6,96
Std. Sapma	169,75	50,39	7,454	6,166	9,82	5,32	1,15
Varyans	28813,744	2538,721	55,567	38,016	96,410	28,318	1,33
Basıklık	4,672	7,753	-1,280	-,077	-,244	37,936	,240
Basıklığın Std. Hatası	,163	,162	,157	,157	,157	,157	,159
Çarpıklık	2,018	2,348	,075	,208	-,215	5,058	,607
Çarpıklığın Std. Hatası	,082	,081	,078	,078	,078	,078	,080

(b)

	SO2 (µg/m³)	APM (µ.g/m³)	Sıcaklık (C)	Basınç (mbar)	Bağıl Nem (%)	Yağış (mm)	Rüzgar Hızı (m/s)
Ölçüm Sayısı	*543*	*543*	*581*	*581*	*581*	*581*	*581*
Ortalama	*59,67*	*30,73*	*12,941*	*1013,01*	*76,177*	*2,160*	*2,600*
Medyan	*52,00*	*22,00*	*11,800*	*1012,80*	*76,000*	*,000*	*2,500*
Minimum	*15*	*8*	*-3,0*	*994,5*	*47,0*	*,0*	*,3*
Maksimum	*194*	*214*	*30,0*	*1031,1*	*96,3*	*44,0*	*7,9*
Std. Sapma	*30,66*	*24,97*	*6,972*	*6,625*	*10,482*	*5,385*	*1,260*
Varyans	*940,167*	*623,306*	*48,603*	*43,889*	*109,875*	*28,994*	*1,587*
Basıklık	*1,584*	*18,354*	*-,770*	*-,295*	*-,516*	*20,928*	*,576*
Basıklığın Std.Hatası	*,209*	*,209*	*,202*	*,202*	*,202*	*,202*	*,202*
Çarpıklık	*1,199*	*3,759*	*,426*	*,188*	*-,131*	*4,058*	*,715*
Çarpıklığın Std. Hatası	*,105*	*,105*	*,101*	*,101*	*,101*	*,101*	*,101*

Tablo B.6. 1994-96 yılları arasında 1'nolu istasyonda; (a) SO_2 ve Tahmin edilen SO_2 arasındaki istatistikler (b) Korelasyon

(a)

	Ortalama	Veri Sayısı	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması
SO_2 (µg/m³)	128,52	833	129,01	4,47
Tahmin edilen SO_2 (µg/m³)	128,85	833	77,70	2,69

(b)

	Veri Sayısı	Korelasyon	Anlamlılık Seviyesi
SO_2 ve Tahmin edilen SO_2 (µg/m³)	833	,600	,000

Tablo B.7. 1994-96 yılları arasında 2'nolu istasyonda SO_2'nin tahmin modelleri

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Tahminin Std. Hatası
1	,585	,343	,338	139,06
2	,585	,343	,339	138,98
3	,585	,342	,339	138,95
4	,584	,341	,338	139,03

Tablo B.8. 1994-96 yılları arasında 2'nolu istasyonda; (a) SO_2 ve tahmin edilen SO_2 arasındaki istatistikler (b) Korelasyon

(a)

	Ortalama	Veri Sayısı	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması
SO_2 (µg/m³)	159,28	871	171,18	5,80
Tahmin edilen SO_2 (µg/m³)	159,03	871	99,76	3,38

(b)

	Veri Sayısı	Korelasyon	Anlamlılık Seviyesi
SO_2 ve Tahmin edilen SO_2 (µg/m³)	871	,584	,000

Tablo B.9. 1997-99 1'nolu istasyon SO_2'nin tahmin modelleri; (a) modeller, (b)Seçilen en uygun 4. Modelin katsayıları

(a)

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Tahminin Std. Hatası
1	,598	,358	,348	44,34
2	,598	,358	,350	44,30
3	,598	,357	,351	44,26
4	,597	,356	,351	44,25

(b)

	Standartlaştırılmamış katsayılar		Standartlaştırılmış katsayılar	t	Anlamlılık Seviyesi
	B	Std. Hata	Beta		
Sabit	178,165	7,810		22,812	,000
Sıcaklık (°C)	-4,241	,303	-,568	-13,982	,000
Basınç (mbar)					
Rüz. Şiddeti (m/s)	-7,975	2,018	-,163	-3,953	,000
Rüz. Yönü	-2,278	,408	-,226	-5,576	,000
B. Nem (%)					
Yağış					

Tablo B.10. 1997-99 2'nolu istasyonda SO_2 nin tahmin modelleri (a) modeller, (b) seçilen 4.Modelin katsayıları

(a)

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Tahminin Std. Hatası
1	,485	,235	,226	26,97
2	,484	,235	,228	26,95
3	,481	,232	,226	26,97
4	,478	,228	,224	27,01

(b)

	Standartlaştırılmamış katsayılar		Standartlaştırılmış katsayılar	t	Anlamlılık Seviyesi
	B	Std. Hata	Beta		
Sabit	139,624	9,958		14,021	,000
Sıcaklık (°C)	-2,094	,175	-,481	-11,951	,000
Basınç (mbar)					
Rüz. Şiddeti (m/s)	-3,890	,938	-,161	-4,148	,000
Rüz. Yönü					
B.Nem (%)	-,560	,119	-,193	-4,717	,000
Yağış					

Tablo B.11. 1997-99 yılları arasında 1'nolu istasyonda; SO_2 ve Tahmin edilen SO_2 değerlerinin (a)istatistikleri (b) Korelasyon, (c) t-testi sonuçları

(a)

	Ortalama	Veri Sayısı	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması
SO_2 (µg/m³)	88,07	406	54,93	2,73
Tahmin edilen SO_2 (µg/m³)	88,07	406	32,76	1,62

(b)

	Veri Sayısı	Korelasyon	Anlamlılık Seviyesi
SO_2 ve Tahmin edilen SO_2 (µg/m³)	406	,597	,000

(c)

	Farklar					t	df	Anlamlılık Seviyesi
	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması	95% güvenli Fark Aralığı				
				En düşük	En yüksek			
SO_2 – Tahmin edilen SO2 değeri	-7,11E-14	44,08	2,19	-4,30	4,30	,000	405	1,000

Tablo B.12. 1997-99 yılları arasında 2'nolu istasyonda, SO_2 ve Tahmin edilen SO_2 değerlerinin (a)istatistikleri, (b) Korelasyon, (c) t-testi sonuçları

(a)

	Ortalama	Veri Sayısı	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması
SO_2 (µg/m³)	59,67	543	30,66	1,32
Tahmin edilen SO_2 (µg/m³)	59,66	543	14,65	,628

(b)

	Veri Sayısı	Korelasyon	Anlamlılık Seviyesi
SO_2 ve Tahmin edilen SO_2 (µg/m³)	543	,478	,000

(c)

	Farklar					t	df	Anlamlılık Seviyesi
	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması	95% güvenli Fark Aralığı				
				En düşük	En yüksek			
SO_2 – Tahmin edilen SO2 değeri	-2,13E-14	26,93	1,16	-2,27	2,27	,000	542	1,000

Tablo B.13. 1994-96 1'nolu istasyon APM'nin tahmin modelleri

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Tahminin Std. Hatası
1	,532	,283	,278	43,90
2	,532	,283	,278	43,89
3	,531	,282	,279	43,87

Tablo B.14. 1994-96 2'nolu istasyon APM'nin tahmin modelleri

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Tahminin Std. Hatası
1	,585	,342	,337	41,45
2	,585	,342	,338	41,43
3	,584	,341	,338	41,43
4	,583	,339	,337	41,45

Tablo B.15. 1994-96 yılları arasında 1'nolu istasyonda APM ve Tahmin edilen APM değerlerinin (a)istatistikleri, (b) korelasyon

(a)

	Ortalama	Veri Sayısı	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması
APM (µg/m³)	70,46	856	51,49	1,76
Tahmin edilen APM (µg/m³)	70,53	856	27,38	,93

(b)

	Veri Sayısı	Korelasyon	Anlamlılık Seviyesi
APM ve Tahmin edilen APM (µg/m³)	856	,529	,000

Tablo B.16. 1994-96 yılları arasında 2'nolu istasyonda APM ve Tahmin edilen APM değerlerinin (a)istatistikleri (b) korelasyon

(a)

	Ortalama	Veri Sayısı	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması
APM (µg/m³)	53,65	879	50,96	1,72
Tahmin edilen APM (µg/m³)	53,60	879	29,67	1,0

(b)

	Veri Sayısı	Korelasyon	Anlamlılık Seviyesi
APM ve Tahmin edilen APM (µg/m³)	879	,584	,000

Tablo B.17. 1997-99 1'nolu istasyon APM' nin tahmin modelleri (a) modeller, (b)Seçilen en uygun 2. Modelin katsayıları

(a)

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Tahminin Std. Hatası
1	,559	,312	,302	50,52
2	,557	,310	,302	50,52

(b)

	Standartlaştırılmamış katsayılar		Standartlaştırılmış katsayılar	t	Anlamlılık Seviyesi
	B	Std. Hata	Beta		
Sabit	-1705,638	463,696		-3,678	,000
Sıcaklık (°C)	-2,762	,436	-,336	-6,332	,000
Basınç (mbar)	1,795	,448	,209	4,008	,000
Rüz. Şiddeti (m/s)	-15,661	2,384	-,290	-6,570	,000
Rüz. Yönü	-1,309	,471	-,118	-2,779	,006
B. Nem (%)	,486	,273	,078	1,780	,076
Yağış					

Tablo B.18. 1997-99 yılları arasında 1'nolu istasyonda APM ve Tahmin edilen APM arasındaki (a) İstatistikler, (b) Korelasyon, (c) t testi sonucu

(a)

	Ortalama	Veri Sayısı	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması
APM (µg/m³)	69,27	406	60,46	3,00
Tahmin edilen APM (µg/m³)	69,27	406	33,68	1,67

(b)

	Veri Sayısı	Korelasyon	Anlamlılık Seviyesi
APM ve Tahmin edilen APM (µg/m³)	406	,557	,000

(c)

	Farklar					t	df	Anlamlılık Seviyesi
	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması	95% güvenli Fark Aralığı				
				En düşük	En yüksek			
APM – Tahmin edilen APM değeri	1,28E-12	50,21	2,49	-4,90	4,90	,000	405	1,000

Tablo B.19. 1997-99 2'nolu istasyon APM'nin tahmin modelleri; (a) modeller, (b)Seçilen en uygun 4. Modelin katsayıları

(a)

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Tahminin Std. Hatası
1	,456	,208	,199	22,34
2	,456	,208	,201	22,32
3	,455	,207	,201	22,31
4	,453	,205	,201	22,32

(b)

	Standartlaştırılmamış katsayılar		Standartlaştırılmış katsayılar	t	Anlamlılık Seviyesi
	B	Std. Hata	Beta		
Sabit	-585,242	169,613		-3,450	,001
Sıcaklık (°C)	-,706	,159	-,199	-4,436	,000
Basınç (mbar)	,635	,166	,171	3,817	,000
Rüz. Şiddeti (m/s)	-7,066	,762	-,359	-9,278	,000
Rüz. Yönü					
B. Nem (%)					
Yağış					

Tablo B.20. 1997-99 yılları arasında 2'nolu istasyonda APM ve Tahmin edilen APM değerlerinin (a)istatistikleri (b) Korelasyon, (c) t-testi sonuçları

(a)

	Ortalama	Veri Sayısı	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması
APM (µg/m³)	30,73	543	24,97	1,07
Tahmin edilen APM (µg/m³)	30,72	543	11,30	,485

(b)

	Veri Sayısı	Korelasyon	Anlamlılık Seviyesi
APM ve Tahmin edilen APM (µg/m³)	543	,453	,000

(c)

	Farklar					t	df	Anlamlılık Seviyesi
	Ortalama	Std. Sapma	Std. Hata Ortalaması	95% güvenli Fark Aralığı				
				En düşük	En yüksek			
APM – Tahmin edilen APM değeri	2,24E-13	22,26	,96	-1,88	1,88	,000	542	1,000

Tablo B.21. 13 Şubat 1996 günü istasyonlarda ölçülen kirlilik konsantrasyonları

İstasyon No	SO_2 (µg/m³)	APM (µg/m³)
1	357	417
2	727	870
3	762	857
4	680	819
5	220	462
6	457	598
7	498	596
8	319	457
10	712	516
11	496	506
12	703	477
15	210	354
17	530	418
18	302	261
19	191	410
20	195	376

Tablo B.22. 1999-2000 ısınma mevsiminde birim arazi başına ortalama SO_2 ve APM konsantrasyonları

Arazi Kullanımı	Ortalama SO_2 (µg/m³)	Ortalama APM (µg/m³)
Yeşil Alan	48.76	56.63
Kentsel Hiz. Alanı	51.54	58.87
Askeri Alan	41.06	52.27
Orman	39.17	52.71
Ticaret Alanı	50.90	62.29
Düşük Yoğ. Konut Alanı	41.02	52.80
Orta Yoğ. Konut Alanı	41.74	45.64
Yüksek Yoğ. Konut Alanı	52.08	60.12
Diğer Arazi Kullanımı	41.61	54.30

Tablo B.23. 1993-2000 periodunda ısınma mevsimlerinde doğal gaz tüketim miktarları

	Doğal Gaz Tüketimi (m^3)	
Sezonlar	Anadolu	Avrupa
1999 - 2000	605,902,000	854,885,000
1998 - 1999	524,567,000	757,925,000
1997 - 1998	476,009,000	668,270,000
1996 - 1997	420,998,000	556,518,000
1995 - 1996	344,603,000	481,818,000
1994 - 1995	207,920,496	290,957,688
1993 - 1994	107,669,776	150,669,845

Tablo B.24. 1993-2000 yılları ısınma ve ısınmanın olmadığı dönemlerde; (a) Avrupa yakası, (b) Anadolu yakasındaki ortalama, minimum ve maksimum SO_2 değerleri.

(a)

Dönem	Mevsim	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
93-94	Isınma	272.13	104.87	55.78	518.92
	Isınma dışı	74.91	27.47	32.16	154.59
94-95	Isınma	208.85	89.99	41.76	435.88
	Isınma dışı	62.41	36.15	26.14	180.33
95-96	Isınma	148.15	38.87	42.96	213.15
	Isınma dışı	59.51	16.93	42.13	86.75
96-97	Isınma	120.88	35.08	54.71	201.97
	Isınma dışı	61.42	21.28	33.93	106.07
97-98	Isınma	90.62	16.02	62.65	113.95
	Isınma dışı				
98-99	Isınma	68.23	7.23	52.28	77.07
	Isınma dışı	37.65	11.36	28.87	55.07
99-00	Isınma	57.56	8.73	39.86	67.77
	Isınma dışı				

(b)

Dönem	Mevsim	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
93-94	Isınma	209.94	60.73	61.91	280.04
	Isınma dışı	70.19	26.47	36.00	140.33
94-95	Isınma	154.10	90.05	55.29	376.57
	Isınma dışı	45.08	28.40	15.00	153.37
95-96	Isınma	117.20	45.26	45.89	185.94
	Isınma dışı				
96-97	Isınma	91.22	23.61	39.94	128.65
	Isınma dışı	50.01	23.72	32.41	96.53
97-98	Isınma	67.44	12.92	53.07	90.60
	Isınma dışı				
98-99	Isınma	57.49	5.28	50.23	64.24
	Isınma dışı				
99-00	Isınma	42.71	7.61	25.04	53.87
	Isınma dışı				

Tablo B.25. 1993-2000 yılları ısınma ve ısınmanın olmadığı dönemlerde (a) Avrupa yakası, (b) Anadolu yakasındaki ortalama, minimum ve maksimum APM değerleri;

(a)

Dönem	Mevsim	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
93-94	Isınma	114.82	22.34	89.94	152.94
	Isınma dışı	48.64	16.71	30.70	77.76
94-95	Isınma	96.29	22.49	73.10	143.06
	Isınma dışı	38.24	12.16	23.16	53.57
95-96	Isınma	109.83	34.24	72.52	184.62
	Isınma dışı	36.53	5.81	32.42	40.63
96-97	Isınma	92.51	28.73	53.18	159.69
	Isınma dışı	30.91	3.85	27.39	35.02
97-98	Isınma	75.26	6.89	70.39	80.13
	Isınma dışı				
98-99	Isınma	76.22	14.37	66.06	86.38
	Isınma dışı	30.75	.	30.75	30.75
99-00	Isınma	79.14	18.99	65.71	92.57
	Isınma dışı				

(b)

Dönem	Mevsim	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
93-94	Isınma	78.39	4.00	74.85	84.13
	Isınma dışı	31.17	6.88	21.47	39.46
94-95	Isınma	62.08	11.25	45.56	74.67
	Isınma dışı	32.44	5.04	25.98	37.54
95-96	Isınma	80.90	16.70	61.31	99.35
	Isınma dışı				
96-97	Isınma	70.79	19.99	41.09	83.73
	Isınma dışı	27.05	.	27.05	27.05
97-98	Isınma	60.73	.	60.73	60.73
	Isınma dışı				
98-99	Isınma	51.06	.	51.06	51.06
	Isınma dışı				
99-00	Isınma	46.01	15.64	30.91	62.14
	Isınma dışı				

ÖZGEÇMİŞ

Esra Gürhan BOZYAZI 1967 yılında İstanbul'da doğdu. 1984 yılında Nişantaşı Kız Lisesinden mezun oldu. Aynı yıl İTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenimine başladı. 1988 yılında lisans öğrenimini üçüncülükle bitirdi. 1990-91 yılları arasında Endem İnşaat San. ve Tic.A.Ş' de Proje Mühendisi olarak çalıştı. Yüksek Lisans öğrenimini yine İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümünde 1992 yılında tamamladı. 1992 yılında Şişli Belediye Başkanlığı Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü'nün kuruculuğunu ve 1997 yılına kadar yöneticiliğini yaptı bu göreve ilave olarak temizlik işleri ve park bahçeler müdürlüğü görevlerinde de bulundu. 1993 yılında İTÜ Meteoroloji Mühendisliği Bölümünde doktora çalışmasına başladı. 1996-98 yılları arasında, Hollanda tarafından Türkiye adına verilen devlet bursu kapsamında International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC)'de lisans üstü ve mastır eğitimi aldı. Halen Şişli Belediyesinde çalışmaktadır.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ