

57861

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TRABZON'DAKİ HAVA KİRLİLİĞİ İLE METEOROLOJİK
KOŞULLAR ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ

Mak. Müh. M. Kasım ADALI


Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde


“Makina Yüksek Mühendisi”

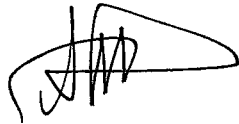
Ünvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16.09.1996
Tezin Savunma Tarihi : 23.10.1996

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Burhan ÇUHADAROĞLU 

Jüri Üyesi : Prof. Dr. Teoman AYHAN 

Jüri Üyesi : Yrd. Doç. Dr. Alican DALOĞLU 

Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Yaşar GÖK 

Ekim 1996

TRABZON

ÖNSÖZ

Bu çalışmada; Trabzon kentindeki hava kirliliği ile meteorolojik koşullar arasındaki ilişki incelenmiştir. İki ayrı döneme ait, SO₂ ve partikül gibi hava kirleticilere ait verilerin ve rüzgar, nem, sıcaklık gibi meteorolojik verilerin kullanıldığı çalışmada, ayrıca Trabzon kentinin değişik semtlerinde yapılan partikül ölçümlerine de yer verilmiştir.

Bu tez çalışmasında değerli görüş ve önerileri ile beni yönlendiren danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Burhan Çuhadaroğlu' na, bu çalışmada kullanılan verileri sağlayan Trabzon İl Çevre Müdürlüğü' ne ve Trabzon Meteoroloji Bölge Müdürlüğü' ne, bu çalışmayı destekleyen KTÜ Araştırma Fonu' na teşekkürü borç bilirim.

Trabzon, Ekim 1996

M.Kasım Adalı

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	V
SUMMARY.....	VI
ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
TABLO LİSTESİ.....	VIII
EK TABLO LİSTESİ.....	IX
SEMBOL LİSTESİ.....	X
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Kaynak Araştırması.....	2
1.3. Hava Kirliliği	3
1.3.1. Hava Kirliliğinin Kaynakları.....	5
1.3.2. Hava Kirliliği Ölçümleri.....	5
1.3.2.1. Partikül Madde (Toz) Ölçümü	6
1.3.2.2. Gaz Ölçümleri	7
1.3.3. Hava Kirliliğinin Kontrolü.....	8
1.3.4. Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği.....	10
1.3.5. Hava Kirliliği Meteorolojisi.....	14
1.4. Trabzon Kentinin Genel Özellikleri.....	22
1.4.1. Topografya.....	22
1.4.2. Yapılaşma Durumu.....	22
1.4.3. Meteorolojik Özellikler	23
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	26
2.1. Veri Toplama	26
2.2. Regresyon Analizi.....	28
2.3. Trabzon Kent Merkezinde Yapılan Partikül Ölçümleri	30
3. BULGULAR.....	33
3.1. Rüzgar Etkisi.....	33
3.2. Nem Etkisi.....	33
3.3. Sıcaklık Etkisi.....	34
4. TARTIŞMA.....	38

5. SONUÇLAR.....	39
6. ÖNERİLER.....	40
7. KAYNAKLAR.....	41
8. EKLER.....	42
9. ÖZGEÇMİŞ.....	54



ÖZET

Bu çalışmada; Trabzon kent merkezindeki hava kirliliği ile meteorolojik koşullar arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelenmiştir.

Yapılan incelemede; iki ayrı ısıtma sezonuna ait (1994-1995 ve 1995-1996) günlük ortalama SO₂ ve partikül konsantrasyonu verileri ile günlük ortalama rüzgar hızı, izafi nem oranı ve sıcaklık verileri kullanılmıştır. Çalışmada; SPSS bilgisayar yazılımı kullanılmış ve ele alınan değişkenlerin ikiden fazla olması nedeniyle de çoklu regresyon analizi yapılmıştır.

Regresyon analizi sonuçlarına göre, bu çalışmada göz önüne alınan meteorolojik koşullar, çevre havasındaki SO₂ ve partikül konsantrasyonlarını çok az etkilemektedir.

Bu çalışmada ayrıca, optik yöntem esaslı portatif partikül ölçüm cihazı ile, Trabzon kentinin değişik semtlerinde yapılan partikül ölçümlerine dayalı olarak, bir partikül kirlilik dağılımı çıkarılmış ve kent haritası üzerinde gösterilmiştir. Böylece, kentteki göreceli kirlilik dağılımı hakkında bir başlangıç çalışması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Hava Kirliliği, Meteorolojik Koşullar, Hava Kirliliği Haritası.

SUMMARY

Investigation of Correlation Between Air Pollution and Meteorological Conditions in Trabzon Urban

In the present study; the relation between air pollution and meteorological conditions has been statistically analysed in Trabzon Urban.

In the analysis, two seasons air pollution data and also meteorological data which belong to 1994-1995 and 1995-1996 has been used. The variables employed in the analysis are SO₂ and suspended particle concentrations of air and also meteorological conditions such as wind speed, relative humidity ratio and air temperature. The software SPSS has also been used in the statistical analysis and multiple linear regression has been applied to the variables due to the multiple independent variables.

According to the results of regression, there are weak relationships between the meteorological conditions and air pollutants within the terms statistically analysed.

Separately, the suspended particle concentration level of air has been measured in various regions of Trabzon Urban using the portable light scattering instrument. By this way, the distribution of suspended particle concentration in the urban air has been determined and a crude air pollution map has also been plotted.

Key Words : Air Pollution, Meteorological Conditions, Map of Air Pollution.

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa no</u>
Şekil 1. Tozluluk örnekleme cihazlarının şematik görüntüsü.....	7
Şekil 2. Sıcaklık profiline göre atmosferik kararlılık	16
Şekil 3. Kuru havanın çeşitli kararlılık durumları	17
Şekil 4. Baca gazlarına sıcaklığın etkisi	20
Şekil 5. Trabzon kentinin haritası.....	25
Şekil 6. Trabzon kentindeki çeşitli semtlere ait partikül ölçümleri	32
Şekil 7. Birinci dönem (1994-1995) için rüzgar hızı ile kirliliğin değişimi	34
Şekil 8. İkinci dönem (1995-1996) için rüzgar hızı ile kirliliğin değişimi.....	35
Şekil 9. Birinci dönem (1994-1995) için izafi nem ile kirliliğin değişimi.....	35
Şekil 10. İkinci dönem (1995-1996) için izafi nem ile kirliliğin değişimi	36
Şekil 11. Birinci dönem (1994-1995) için sıcaklık ile kirliliğin değişimi	36
Şekil 12. İkinci dönem (1995-1996) için sıcaklık ile kirliliğin değişimi.....	37

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Türkiye’de bazı kirleticiler için hava kalitesi sınır değerleri	4
Tablo 2. Birinci dönem (1994-1995) için değişkenlerin aylık ortalama değerleri	27
Tablo 3. İkinci dönem (1995-1996) için değişkenlerin aylık ortalama değerleri.....	27
Tablo 4. Birinci dönem (1994-1995) için lineer regresyon sonuçları.....	29
Tablo 5. İkinci dönem (1995-1996) için lineer regresyon sonuçları	30



EK TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Ek Tablo 1. Kasım 1994 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.....	42
Ek Tablo 2. Aralık 1994 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.....	43
Ek Tablo 3. Ocak 1995 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.....	44
Ek Tablo 4. Şubat 1995 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.....	45
Ek Tablo 5. Mart 1995 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.....	46
Ek Tablo 6. Nisan 1995 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.....	47
Ek Tablo 7. Kasım 1995 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.....	48
Ek Tablo 8. Aralık 1995 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.....	49
Ek Tablo 9. Ocak 1996 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.....	50
Ek Tablo 10. Şubat 1996 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.....	51
Ek Tablo 11. Mart 1996 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.....	52
Ek Tablo 12. Nisan 1996 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.....	53

SEMBOL LİSTESİ

- T : Sıcaklık
Z : Yükseklik
A : Regresyon sabiti
B_i : Regresyon katsayıları
E : Hata numarası
X₁ : Rüzgar
X₂ : İzafi nem
X₃ : Sıcaklık
R² : Belirleme katsayısı
Y_i : Gözlem değerleri
 \bar{Y} : Y_i'lerin ortalaması
 \hat{Y}_i : Regresyon ile belirlenen Y değerleri

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Artan sanayileşme hareketleri ve toplum yapısının gelişmesine bağlı olarak doğan ihtiyaçlar sonucunda; teknolojik, sosyoekonomik vb. problemler ortaya çıkmıştır. Bunlardan birisi de hava kirliliğidir. Temel ihtiyaç maddelerinin ve enerji tüketiminin artması hava kirliliğinin boyutlarını büyütmemektedir. Gelişmiş ülkeler bunun önlenmesi için uzun yıllar önce çalışmalara başlamışlar, standartlar hazırlamışlardır. Oysa yeni gelişmekte olan ülkeler çevre bilincine yeni kavuşmakta ve geçiş dönemi yaşamaktadırlar [1].

Çevre kirliliğinin en önemli parametrelerinden birisi, yaşam için en gerekli temel ihtiyaç olan havanın kirlenmesidir. Günümüzde taşıtlar, güç santralleri, sanayi tesisleri, konutlar gibi kaynaklar; gaz ve partikül halindeki kirleticiler şeklinde doğrudan veya dolaylı olarak havayı kirletmektedirler. Hava kirliliği sadece çevresel açıdan önem taşımaz. Teknik, sosyal, ekonomik gibi çok önemli etkileri vardır. Bu durum, ülkeleri kendi yapılarına uygun teknik ve yasal düzenlemelere ve toplumları da yeni bir yaşam biçimine zorlamaktadır [1].

Hava kirliliği konusu özellikle kış aylarında toplum gündemine girmektedir. Hava kirliliğine ilişkin çözüm genel olarak bilinmektedir ve bu çözüm bazı yapısal değişikliklere gereksinim göstermektedir. Bu durumda yapılması gereken en önemli şey; var olan hava kirliliğinden korunmadır. Bunu sağlayabilmek için, hava kirliliğini insan faktörü dışında etkileyen faktörler araştırılmalı ve sonuçlarına göre toplum bilgilendirilmelidir [2].

Sabit ve hareketli kaynaklardan çıkan kirleticilerin alıcıya nasıl ve hangi konsantrasyonda ulaştığını anlayabilmek için meteorolojik ölçümler yapılmalıdır. Meteorolojik olayları belirleyen faktörlerden en önemlileri rüzgar, nem, sıcaklık ve basınçtır. Bunların hiçbiri diğerlerinden bağımsız değildir. İlgilenilen atmosfer parçası termodinamik bir sistem, hava da ideal gaz gibi düşünülürse, aralarındaki ilişki formüle edilebilir. Hava kirleticilerinin taşınması, yayını ve seyrelmesinde en önemli etkenler rüzgar ve yapılaşmanın durumudur [3].

İnsan ve çevre sağlığı açısından üzerinde durulması gereken nokta, dış hava kalitesidir. Bu nedenle emisyon ölçümleri en çok ilgi ve özen gösterilen ölçümlerdir. Sürekli olarak, yapılan ölçümlerle bölgelere ait hava kirliliği haritaları çıkarılmakta, kısa ve uzun süreli krizli

kirlenme sürelerinin belirlenmesi ve bu günlerde toplum sağlığı açısından alınabilecek önlemlere yönelik verilerin toplanması sağlanmaktadır[3].

Bu çalışmada; Trabzon' da, 1994-1995 ve 1995-1996 kış sezonlarında Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan aylarına ait günlük ortalama SO₂ ve duman (partikül) konsantrasyonları ve rüzgar, bağıl nem, sıcaklık verileri kullanılarak, istatistiksel bir değerlendirme yapılmıştır. Kirlilik konsantrasyonları bağımsız değişkenler, meteorolojik koşullar ise bağımlı değişkenler olarak ele alınıp, mevcut bir yazılımın (SPSS) kullanılması ile bir regresyon analizi yapılmıştır. Böylece Trabzon' da, iki ayrı sezonda meteorolojik koşulların hava kirliliğini nasıl ve hangi düzeyde etkilediği incelenmiştir.

1.2. Kaynak Araştırması

Kent merkezlerinde ortaya çıkan hava kirliliği, yerleşim merkezinin topografik özelliklerine ve meteorolojik durumuna göre değişmektedir. Ayrıca kentlerde ortaya çıkan yanlış yapılaşmanın hava kirliliği üzerinde olumsuz etkisi vardır. Hakim rüzgarların, kirliliği taşıyıcı etkisini gözardı ederek yapılan yüksek yapılaşma, hava kirliliğini artırıcı bir rol oynar. Bu nedenle, kent merkezlerindeki yapılaşma ve endüstri tesislerinin yerleşimi o yörenin meteorolojik özellikleri gözönüne alınarak planlanmalıdır. Çok iyi bilindiği gibi sis, rüzgar, sıcaklık, nem oranı, basınç gibi meteorolojik faktörler hava kirliliğini yakından etkilemektedir. Bu konuda özellikle son yıllarda yapılan çalışmalarda artış görülmektedir.

Ayvaz [4] tarafından yapılan çalışmada meteorolojik faktörler ile hava kirliliği arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu çalışmada, yüksek ve alçak basınç alanlarının, sisin ve atmosfer koşullarının hava kirliliğini nasıl etkilediği genel olarak verilmektedir.

Kunduz [5] tarafından yapılan çalışmada, günümüzde yaygın olarak kurulan uydu kentlerin ve organize sanayi bölgelerinin yer seçiminde, o yerin sis tutup tutmadığının gözönünde bulundurulması gerektiği ifade edilmektedir.

Chao [6] tarafından sunulan çalışmada, Shanghai kentindeki iklimin karakteristikleri ile hava kirliticiler arasındaki ilişki incelenmiş ve Shanghai için bazı politikalar önerilmiştir.

Escourrou [7] tarafından Paris kenti için yapılan çalışmaya göre; genel, bölgesel ve yerel iklim özelliklerinin, hava kirliliği üzerindeki etkisi birbirinden farklıdır. Bu farklılık, hava kirliliğinin cinsine göre ortaya çıkmaktadır. Paris gibi büyük bir kent için yapılacak

hava kirliliği tahminlerinde kirliliğin cinsi, kaynağı ve meteorolojik tahminler gözönünde bulundurulmalıdır.

Miyazaki ve Yamaoka [8]; Osaka kentinde, havadaki ortalama toz konsantrasyonu ile bazı meteorolojik faktörler arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir.

Trabassi ve diğerleri [9] tarafından yapılan çalışma sonuçlarına göre; İtalya'da bir kıyı kenti olan Ravenna'da, rüzgar hızı ile yer seviyesindeki kirlilik konsantrasyonu arasında yakın bir ilişki vardır.

1.3. Hava Kirliliği

Hava kirliliği; insanlar, bitkiler, hayvanlar ve maddelere zarar verebilen veya rahat yaşama biçimini ve yapıyı, aşırı derecede etkileyen kum, toz, uçan kül, kurum, is, duman, gaz, buhar gibi bileşenlerin miktar, karakteristik ve süre olarak çevre atmosferindeki mevcudiyetidir [1]. Başka bir deyişle, hava kirliliği, havada katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zararlı olabilecek derişim ve sürede bulunmasıdır. Hava kirliliğinin etki şekli ve derecesi; yaş, dayanıklılık gibi kişisel faktörlere dayanır. Hava kirlenmesinde, kirleticilere maruz kalma süresi çok önemlidir. Bazı kirleticilere düşük derişimlerde çok uzun süre maruz kalındığı zaman olumsuz etki oluşabildiği gibi bazı kirleticilerin düşük derişimleri uzun sürede insanlarda ölümcül sonuç doğurabilmektedir [3].

Hava kalitesi, hava kirliliğinin bir göstergesidir. Çevre havasında kirleticilerin miktarlarının artması hava kalitesini azaltmaktadır. Hava kalitesi sınır değerleri, insan sağlığının korunması amacıyla çevrede kısa ve uzun vadeli olumsuz etkilerin ortaya çıkmaması için atmosferdeki hava kirleticilerin birarada bulduklarında, değişen zararlı etkileri de gözönüne alınarak tesbit edilmiş derişimlerle ifade edilen seviyelerdir. Genellikle bu değerler; uzun vadeli sınır değerler (UVS) ve kısa vadeli sınır değerler (KVS) diye iki şekilde tanımlanmaktadır. UVS; hava kirleticilerin düşük miktarlarının uzun süre solunmasıyla ortaya çıkan kronik etkiler için üst sınır değerleri gösterir. KVS ise kısa sürede hava kirleticilerin yüksek derişimlerinin solunmasıyla ortaya çıkan kısa süreli akut etkiler için belirtilen sınır değerleri göstermektedir [3].

2 Kasım 1986 tarihinde yayımlanan 19269 sayılı Resmi Gazete’ de yer alan ‘Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği’ nde çeşitli kirlenmeler için, UVS ve KVS değerleri Tablo 1’ de görülmektedir [10].

Tablo 1 . Türkiye’de Bazı Kirlenmeler İçin Hava Kalitesi Sınır Değerleri [10].

	Birim	UVS	KVS
Kükürt dioksit (SO ₂)			
Kükürt trioksit (SO ₃) dahil			
a) Genel	(µg/m ³)	150	400 (900)
b) Endüstri Bölgeleri	(µg/m ³)	250	400 (900)
Karbon monoksit (CO)	(µg/m ³)	10000	30000
Azot dioksit (NO ₂)	(µg/m ³)	100	300
Azot monoksit (NO)	(µg/m ³)	200	600
Klor (Cl ₂)	(µg/m ³)	100	300
Klorlu hidrojen (HCl) ve gaz halde anorganik klorürler (Cl)	(µg/m ³)	100	300
Florlu Hidrojen (HF) ve gaz halde anorganik florürler	(µg/m ³)	-	10 (30)
Ozon (O ₃) fotokimyasal oksitleyiciler	(µg/m ³)	-	(240)
Hidrokarbonlar (HC)	(µg/m ³)	-	140 (280)
Hidrojen sülfür (H ₂ S)	(µg/m ³)	-	40 (100)
Havada asılı partikül maddeler (PM) 10 mikron ve daha küçük partiküller			
a) Genel	(µg/m ³)	150	300
b) Endüstri bölgeleri	(µg/m ³)	200	400
PM içinde kurşun (Pb) ve bileşikleri	(µg/m ³)	2	-
PM içinde kadmiyum (Cd) ve bileşikleri	(µg/m ³)	0,04	-
Çöken tozlar (10 mikrondan büyük partiküller dahil)			
a) Genel	(mg/m ² gün)	350	650
b) Endüstri Bölgeleri	(mg/m ² gün)	450	800
Çöken tozlarda kurşun ve bileşikleri	(µg/m ² gün)	500	-
Çöken tozlarda kadmiyum ve bileşikleri	(µg/m ² gün)	7,5	-
Çöken tozlarda Talyum ve bileşikleri	(µg/m ² gün)	10	-

Not: Parantez içindeki değerler saatlik ortalamadır.

1.3.1. Hava Kirliliğinin Kaynakları

Hava kirliliğine yol açan kaynaklar temel özellikleri gözönüne alınarak iki ana grupta değerlendirilmektedir. Bunlar; doğal hava kirliliği kaynakları ve antropojenik hava kirliliği kaynaklarıdır. Bu iki temel kaynak türü içerisinde insan yapımı olan antropojenik kaynaklar en etkin olanıdır. Bununla beraber doğal kaynakların da emisyon miktarları bakımından dünya genelinde hiç de küçümsenmeyecek bir paya sahip olduğu da bir gerçektir [11].

Doğada bulunan başlıca hava kirliliği kaynakları volkanlar, tozlar, orman yangınları, okyanus spreyleri ve buharlaşmadır. Bu kaynaklardan atmosfere çeşitli miktarlarda gaz ve partikül halinde emisyonlar yayılmaktadır [11].

İnsanoğlu tarafından oluşturulan hava kirliliği kaynakları çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır. Kaynakların konumlarına göre yapılan sınıflandırma üç gruptan oluşur. Bunlar ;

- a) Noktasal kaynaklar
- b) Alansal kaynaklar
- c) Çizgisel kaynaklardır.

Bu sınıflandırmaya göre enerji santralleri, petrol rafinerileri ve uzun bacalı tüm fabrikalar noktasal kaynaklar grubu içerisinde değerlendirilirler. Yerleşim bölgeleri, iş merkezleri, hastaneler ve okullar gibi daha çok ısınma ağırlıklı kaynak özelliği gösteren birimler ise alansal kaynaklara aittir. Üçüncü kaynak türü olan çizgisel kaynaklar ise araç emisyonlarının sebep olduğu trafik yüklerine karşı gelir. Bu sınıflandırmanın dışında hava kirlleticileri temel kaynak özellikleri açısından da gruplandırmak mümkündür [11].

1.3.2. Hava Kirliliği Ölçümleri

Modern yaşamın bir sonucu olarak ortaya çıkan hava kirlenmesi, bilindiği gibi başta katı, sıvı ve gaz yakılması olmak üzere günlük endüstriyel üretim, ulaşım, ısı ve ışık elde etmek için yapılan endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Gelişmiş ülkeler tarafından uzun yıllar önce ele alınan çevre sorunları ülkemizde de 1983 yılında 2872 sayılı Çevre Kanunu' nun yürürlüğe girmesi ile yasal bir temele oturtulmuştur. Bu kanun gereğince yürürlüğe giren "Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği" hava kirliliği sorununa emisyon denetimi ile yaklaşmaktadır. Buna göre her tesis kendi üretim türü ve büyüklüğü ile ilişkili

olarak kirletici özelliklerini beyan etmek zorundadır. Emisyon beyanı atmosfere atılan atık gazların taşınmış olduğu kirleticilerin standartlar çerçevesinde ölçülmesi ve değerlendirilmesini içermektedir. Hava kirliliğini sadece tesislerden yayılan kirleticilerin ölçümü ve kontrolü ile önlemek yeterli olmamaktadır. Özellikle kirlenme miktarı ile sağlık ve benzeri etkiler arasındaki ilişkiler meteorolojik ölçümler ve dış hava kalitesi ölçümleri ile belirlenebilmektedir. Bu çerçevede hava kalitesi ve kirliliği ile ilgili ölçümler üç ana grupta toplanır.

- a) Sabit ve hareketli kaynaklarda ölçümler.
- b) Meteorolojik ölçümler.
- c) Dış hava kalitesi ölçümleri [3].

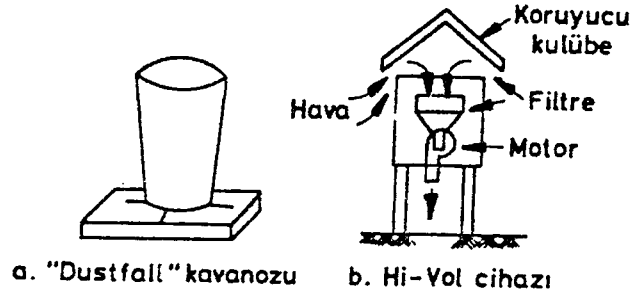
Bu çalışmada meteorolojik ölçümler ve dış hava kalitesi ölçümleri kullanıldığı için, bu büyüklüklere ait ölçme yöntemleri üzerinde durulacaktır.

Sürekli olarak yapılan dış hava kalitesi ölçümleri ile yerleşim yerlerine ait hava kirliliği haritaları çıkarılmakta, kısa veya uzun süreli krizli kirlenme sürelerinin tanımlanması ve bu günlerde toplum sağlığı açısından alınabilecek önlemlere yönelik verilerin toplanması sağlanmaktadır. Dış hava kalitesi ölçümleri genelde iki grupta yapılmaktadır. Bunlar partikül madde (toz) ve gaz ölçümleridir.

1.3.2.1. Partikül Madde (Toz) Ölçümü

Tozluluk ölçümlerinde toz çökme (dust fall) yöntemi (Şekil 1a), kullanılan en basit yöntemdir. Bu yöntemde göre tozlar ya ağız açık kavanozlarda veya kavanoz çevresine sarılmış yapışkan yüzeylerde toplanır. Boş kavanozlar genellikle 30 gün süreyle açık havada tutulur. Yapışkan yüzeyde ise haftada bir kez kağıt değiştirilir. Sonuçlar toplanan gravimetrik tartımı sonucunda çökme veya yapışma alanına göre (kütle / alan-süre) birimiyle ifade edilir [3].

Tozluluk ölçümünde kullanılan bir diğer teknik “Yüksek Hacimli Numune Alıcı ” (High Volume) yöntemidir. Bu yöntemde cam elyafi veya uygun bir filtre (60 x 45 cm) 24 saatte yaklaşık 1500-2000 m³ hava emilerek, toplanan toz tartılır. Toz miktarı hava hacmine oranlanarak günlük tozluluk derişimi hesaplanır. Şekil 1b yüksek hacimli numune alıcı tozluluk cihazını göstermektedir [3].



Şekil 1. Tozluluk örnekleme cihazlarının şematik görüntüsü [3].

Yukarıda belirtilen yöntemlerin haricinde tozluluk ölçümlerinde, filtre sisteminde beta ışınları kırınımı ve optik yöntemleri içeren daha geliştirilmiş ölçme teknikleri de kullanılmaktadır. Toz ölçümleri için ayrıca çok ince tozları ölçen termal çöktürücüler atalet ayırıcılar gibi yöntemlerle optik mikroskop ve elektron mikroskop yardımıyla toz boyutları ve tozluluk değerlendirmeleri kapsamlı bir şekilde yapılabilmektedir [3].

1.3.2.2. Gaz Ölçümleri

Hava içerisindeki gaz şeklindeki kirleticiler, 25 °C sıcaklık ve 1 atm. basınçta 1 m³ havada mikrogram olarak gaz ağırlığı ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) veya milyonda bir (ppm) sayısı ile birim hacim havadaki gaz hacmi (ppm, hacim/hacim) ifadeleriyle ölçülmektedir. Gazın molekül ağırlığının bilinmesiyle ppm ve $\mu\text{g}/\text{m}^3$ birimlerini birbirine çevirmek mümkündür [3].

Hava içerisindeki kirletici gazların derişiminin belirlenmesi için özellikle bu kirleticilerin havadan adsorbsiyon veya absorpsiyon yöntemleriyle uygun tutucularda tutularak ayrılması, daha sonra da çeşitli fiziksel ve kimyasal yollarla analizlenmesi gerekmektedir. En çok kullanılan teknik absorpsiyon, yani gaz kirleticilerin uygun bir sıvıda tutulması işlemidir. Bu işlem için yıkama şişesi kullanılmaktadır [3].

Absorpsiyona dayalı gaz ölçüm teknikleriyle kirlilik ölçümü yapılabileceği gibi, anlık değerleri gösteren sürekli ölçme cihazları da geliştirilmiştir. UV floresan, infrared, kemilüminesans (kimyasal ışımaya) yöntemlerine göre çalışan dijital göstergeli pek çok elektronik cihaz mevcuttur. Bu cihazların birden fazla çıkışı telefon hatlarıyla bir merkezde toplanabilmekte ve toplanan verilerin merkezde anında değerlendirilmesi yapılabilmektedir. Böylelikle acil durumlarda uyarı sinyalleriyle kent yaşamı düzenlenmekte, fabrikaların üretimi veya yakma sistemlerinin durdurulması sağlanabilmektedir [3].

Gaz ölçümlerinde kullanılan diğer bir teknik de gaz kromatografik yöntemdir. Bu yöntemde bir miktar gaz örneği özel olarak hazırlanmış vakumlu şişelerde, plastik torbalarda veya çelik bombalarda laboratuvara taşınır. Gaz kromatografisinde detaylı bir şekilde analize tabi tutulur.

1.3.3. Hava Kirliliğinin Kontrolü

Hava kirliliği diğer kirlilik türlerine göre çok daha eski bir oluşumdur. Bu nedenle, hava kirliliği kontrolü ile ilgili çalışmalar yüzyıllardır sürmektedir. Ancak, hava kirliliği, yapısı açısından oldukça güç ve karmaşık bir sorundur. Bu nedenle, günümüzde diğer kirlilik türleriyle ilgili teknolojik kontrol uygulamaları çok artmış, hava kirlenmesinde ise teknolojik kontrol sınırlı boyutlarda kalmıştır. Bunun temel nedeni; kirlenme kontrolünün esas olarak kaynaklara, kirlenmeyi oluşturmamak şeklinde yöneltilmesidir. Hava kirliliğinde, su kirliliğinde olduğu gibi iki tip standart bulunmaktadır. Bunlar, çevre kalite standartları (alıcı ortam standartları) ve kaynaklar için emisyon standartlarıdır. Hava kirliliğinde esas insan sağlığıdır ve buna dayalı olarak tanımlanan birincil standartlar her zaman hava kalite yönetiminde esas alınmaktadır. İkincil standartlar, doğal denge ve eşyayı korumak üzere ikinci planda daha iyi hava kalitesi amaçlandığında hedeflenirler. Emisyon standartları, kirlenme kaynaklarının izin verilen kirlenme deşarjlarını zaman veya üretim bazında belirler ve kaynak yapısına bağlı olarak tanımlanır. Emisyon standartları hava kalitesi kontrolünde büyük önem taşımaktadır [3].

Türkiye’ de yakma tesisleri emisyonları Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği uyarınca kontrol edilmektedir. Yönetmelikte önemli yakma tesisleri kirlenme vasfı yüksek tesisler çerçevesinde ele alınmakta ve sınırlar getirilmektedir. Getirilen sınırların çoğu Türkiye’ de mevcut yakıtların kalitesi çerçevesinde ulaşılması güç değerler olup, yakıt

kalitesinin artırılması gerekmektedir. Aksi halde özellikle küçük tesislerde arıtma uygulamaları güç olduğundan yönetmeliğin uygulanması mümkün olmayabilir. Bu çerçevede yönetmelikte esas olarak ;

a) Türkiye’ de yakıt kalitesinin daha gerçekçi ve ayrıntılı tanımı,

b) Yakma sistemlerinin spesifikasyonlarının diğer ilgili yönetmelikleri de kaynak göstererek belirlenmesi ile yakma veriminin sadece baca gazı bileşenleri olarak değil yakma tipi ve yakma esasları belirtilerek verimli yakma tesisleri özendirilerek artırılması yoluna gidilmesi,

c) Emisyon standartlarının bu tanım ve spesifikasyona uygun ve uygulanabilir çerçevede belirlenmesi,

d) Arıtma gereksiniminin esas olarak kirletici vasfı yüksek, büyük yakma sistemleri için vazedilmesi uygun ve yararlı olur. Türkiye’ de yakıt kalitesi ve geliştirilmesi konusundaki çalışmaların yukarıda belirtilen bağlamda hızlandırılması ve enerji politikaları çerçevesinde yakıtların kullanım yerlerinin planlanmasında yarar görülmektedir [3].

Ulaşım araçları arasında gerek kirlenme potansiyelinin fazla olması gerekse yaygınlığı nedeniyle içten yanmalı, motor tahrikli araçlar hava kirlenmesinde hem konvansiyonel hem de spesifik parametreler açısından önem taşır. Diğer taraftan kirletici özelliğin çok sayıda faktöre bağlı ve çok değişken olması nedeniyle kontrolü en güç kaynakları oluşturur. Halen bir çok endüstrileşmiş ülkede, yanma kaynakları kontrol altına alındıktan sonra en önemli sorun ulaşım araçları kirlenmesidir. Taşıtların meydana getirdiği kirlenme motor ve yakıt türü, aracın yaşı, bakım sorunu, evaporatif kaynaklardaki kontrol ve düzenlemeler, motor teknolojisi ve bunlara ilaveten aracın çalışma modu, yüklenmesi, hızı ve dolayısıyla trafik ve yol koşullarına bağlıdır. Bu nedenle taşıt emisyonlarının belirlenmesi ve bunların sınırlandırılması son derece güçtür. Emisyon standartları belirli teknoloji düzeylerinde belirli motor hacimlerinde, farklı trafik koşulları karakterize eden simülasyon deneyleri için tanımlanmaktadır. Endüstrileşmiş ülkelerde yukarıda belirtilen her faktörün değerlendirilmesi yapıp, kirlenme minimize edildikten sonra arıtma uygulamalarına geçilmektedir. Zaten bu faktörlerin gerekli şekilde kontrol altına alınamadığı hallerde arıtma uygulaması uygun ve uygulanabilir olmamaktadır. Türkiye’ de motorlu taşıtlar için gerek üretim çıkışında gerekse fenni muayenelerde uyulması gereken limitler TSE 4236’ ya uygun olma şeklinde belirlenmiş bu standartta yer almayanlar için yeni standart hazırlanana kadar AT standartlarının esas alınacağı belirtilmiştir. Bu konuda teknik açıdan motor teknolojisi

seçiminden, yakıt türüne, bakım ve ayarlardan trafik düzenlemesine kadar yapılması gereken çok sayıda düzenleme bulunmaktadır. Diğer taraftan taşıt egzostları spesifik kirleticilerin önemli bir kaynağı olup, yapılacak düzenlemelerin bu açıdan da değerlendirilmesinde yarar vardır[3].

Endüstriyel kaynakların kirletici türleri özellikle spesifik kirleticiler açısından çok daha geniş bir spektrumu kapsamaktadır. Arıtma uygulamalarının her durumda gerçekleştirilememesi, birçok kirletici için etkin arıtma yöntemlerinin endüstriyel kirlenme kontrolünde da kaynak özelliklerini değiştirerek az kirlenme oluşturacak üretim teknolojilerinin seçimini esas almaya yol açmıştır. Dünyadaki genel uygulama, endüstrilerin sınıflandırılması, her sınıfta kaynakta kontrolün gerçekleştirilmesi, arıtmanın ise uygulanabildiği hallerde en uygun teknoloji bazında yapılmasıdır. Bu çerçevede her kaynak için uygun teknolojilerin ve bu teknolojilerin performansına dayalı emisyon standartlarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu konudaki sistematik aşağıda özetlenmiştir [3].

- a) Endüstrilerin üretim ve kirletici özellikleri açısından tanımlanarak hava kirlenmesi bazında sınıflandırılmasının yapılması [3].
- b) Her sınıf endüstri için arıtma alternatiflerinin ortaya konması ve bu alternatifler arasında en uygun teknoloji olarak tanımlanan arıtma yaklaşımının belirlenmesi [3].
- c) En uygun teknoloji performansının esas alınması ile emisyon standartlarının uygulamada kullanılmak üzere belirlenmesi [3].

1.3.4. Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği 2872 sayılı, 9 Ağustos 1983 kabul tarihli Çevre Kanunu' nun 1 ve 3' üncü maddelerinde öngörülen amaç ve ilkeler doğrultusunda 8, 9, 10, 11, 12 ve 13. maddelerine dayanılarak hazırlanmıştır. Bu yönetmeliğin amacı, her türlü faaliyet sonucu atmosfere yayılan is, duman, toz, buhar ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına almak, insan ve çevresini hava alıcı ortamındaki kirlenmelerden doğacak tehlikelerden korumak, hava kirlenmeleri nedeniyle çevrede ortaya çıkan umuma ve komşuluk münasebetlerine önemli zararlar veren olumsuz etkileri gidermek ve bu etkilerin ortaya çıkmamasını sağlamaktır. Bu yönetmeliğin hükümleri, yukarıda belirtilen amaçlara ulaşmak için,

- a) Tesislerin kurulması ve işletilmesi,

b) Tesislerin, yakıtların, hammaddelerin ve ürünlerin üretilmesini, kullanılmasını, depolanmasını, taşınmasını ve ithalini,

c) Motorlu vasıtaların donanımları, çalıştırılması ve uyulması gereken keyfiyetleri kapsar [10].

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği endüstri tesisleri için üç kaynak grubu tanımlamıştır. Bunlar; kirletici vasfi yüksek tesisler, izne tabi tesisler ve izne tabi olmayan tesislerdir. İzne tabi olan ve olmayan tesisler için emisyon kısıtlaması bakımından bir farklılık getirilmemiştir. Kirletici vasfi yüksek tesisler için konvansiyonel parametrelere teknoloji bazında kısıtlama getirilmiş, spesifik parametreler için genel kısıtlamalar uygulanmıştır. İzne tabi tesisler için spesifik parametreler genel kısıtlamalar ile kontrol edilmektedir. Endüstriyel kirlenme kontrolünde endüstrilerin üretim ve emisyon yönünden tanımlanması ve arıtma yaklaşımlarının belirlenip her yönden irdelendikten sonra benimsenerek standartların bu bazda oluşturulması arıtma uygulaması yapılamayan kaynaklar için üretim teknolojisine bağlı standart tanımı önem taşımaktadır [3].

Yönetmelik sekiz bölümden meydana gelmiştir. Birinci bölüm, kanuni dayanak, amaç, kapsam, istisnalar ve tanımlara ilişkindir.

İkinci bölümde hava kalitesi sınır değerleri (Uzun vadeli sınır değerleri, kısa vadeli sınır değerleri, sezon ortalaması sınır değerleri) ve izne bağlı tesisler için emisyon sınır değerleri belirtilmektedir. Burada is, toz şeklinde emisyon, atık gazlardaki özel tozlar, tozlu maddelerin üretimi, işlenmesi, depolanması, taşınması, doldurulması, boşaltılması, tasnifi, açıkta depolanan yağma maddeler, tesisteki yolların durumu, filtrelerin boşaltılması, gaz ve buhar emisyonları, kanser yapıcı maddelerin emisyonları ile ilgili kısıtlamalar bulunmaktadır. Atık gazların atılması ile ilgili olarak küçük, orta boy ve büyük tesislerde asgari baca yüksekliği sınırlamaları ve kirletici vasfi yüksek tesisler için özel emisyon sınırları ikinci bölümde yer almaktadır.

Üçüncü bölümde, izne tabi tesislerle ilgili olarak, bunları kuran ve işletenlerin yükümlülükleri, izin vermede aranacak koşullar, kısmi izin, ön izin, izin alma şekli, kısmi izin ve ön izinlere itiraz, izin için ek koşullar, izin ve diğer resmi kararlar, izne tabi tesislerde yapılacak değişiklikler, teyit zorunluluğu, daha sonraki düzenlemeler, iznin sona ermesi, iptal edilmesi, yasaklama, kapatma, kaldırma, işletmeden kaldırma, el değiştirme konuları yer almaktadır. İzne tabi olmayan tesislerin kurulması, yapısal özellikler ve işletilmesinde

aranacak özellikler, ek düzenlemeler, yasaklama, tip ve emisyon belgesi konuları yine üçüncü bölümde bulunmaktadır.

Dördüncü bölümde, emisyon tesbiti ve sınırlanması başlığı altında özel mülk üzerinde ölçüm yapılması, emisyon seviyesinin ölçüm ve tesbiti, emisyon raporu, izne tabi tesislerde yapılacak ilk ve periyodik ölçümler, sürekli ölçümler, ölçümler için yapılacak harcamalar ölçüm sonuçları hakkında bilgiler, toplam emisyon sınırlaması, yakıt ve hammadde sınırlaması, kaza sonucu emisyon, maddeler, ürünler ve yakıtlarla ilgili kısıtlamalar, yakıt özellikleri, madde ve ürün özellikleri konuları yer almaktadır.

Beşinci bölüm taşıtlarla ilgili bölümdür. Burada taşıtların uyması gereken koşullar ve kritik hava koşullarında trafiğin sınırlandırılması açıklanmaktadır.

Altıncı bölümde hassas kirlenme bölgelerinin korunması ve temiz hava planları üzerinde durulmaktadır. Hassas kirlenme bölgelerinde tesbitler, ölçme ve değerlendirme metodları, emisyon kadastroları, temiz hava planları, belirli bölgelerin korunması altıncı bölümde yer alan konulardır.

Yedinci bölümde müşterek hükümler başlığı altında planlama, ilgililerden görüş alınması, denetleme, hava kalitesini denetleme görevlisinin tayin edilmesi ve sorumlulukları, tesis müdürünün yükümlülükleri, yatırım kararlarında görüş alma, hava kalitesi denetleme görevlisinin dokunulmazlığı hakkında sınırlamalar vardır.

Sekizinci bölümde son hükümler yer almaktadır.

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği' nde, bu sekiz bölümden ayrı olarak ekler bölümü yer almaktadır. Ek-1' de hava kalitesi, emisyonlar ile ilgili birimler, genel kurallar, semboller ve birim çevirmeleri bulunmaktadır. Ek-2' de hava kirlenmelerinin seviyelerinin tesbit edilmesi, ölçme planı, ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi, emisyon kaynaklarında hava kirlenmesine katkıların tesbit edilmesi, toplam kirlenme değeri ve hava kirleticilerinin yayılmalarının hesaplanması yer almaktadır. Ek-3' te toz emisyonunda özel maddeler, Ek- 4' te organik buhar ve gazlar, Ek-5' te kanser yapıcı maddeler sınıflandırılmıştır. Ek- 6, izne tabi tesislerde baca yüksekliğinin belirlenmesi başlığı altında abak kullanarak baca yüksekliğinin belirlenmesi ve engebeli arazide ve yüksek binaların bulunduğu bölgelerde baca yüksekliğinin belirlenmesine ilişkin esasları kapsamaktadır. Ek-7' de kirletici vasfı yüksek tesisler için özel emisyon sınırları belirtilmektedir. Burada sözü geçen on sekiz grup tesis şunlardır:

1- Yakma tesisleri.Toz, azot oksitler, halojen bileşikleri, kükürt oksitler, karbon monoksit emisyonları burada sınırlandırılmaktadır.

2- Çöp ve atıkların ortadan kaldırıldığı tesisler.

3- Toprak ürünleri tesisleri.

4- Yüksek fırınlar ve ham demir dışı metallerin kazanıldığı tesisler.

5- Demir sinterleme tesisleri ve ham fosfat konsentratların sinterlendiği tesisler.

6- a) Kupol ocakları.

b) Çelik üreten konverterler, elektrikli ark ocakları ile vakumlu ergitme tesisleri.

c) Elektrikli curuf ergitme tesisleri.

d) Çeliğin alevle işlem gördüğü tesisler.

e) Alüminyum ergitme tesisleri.

f) Alüminyum hariç demir dışı metallerin ve bileşiklerinin ergitildiği tesisler.

7- Dökümhaneler.

8- Asit üretim tesisleri.

9- Alüminyum ve korund üretim tesisleri.

10- Karpit, klor, florid, hidroflorik asit, kükürt üretim tesisleri.

11- Sunta ve benzeri ağaç ürünleri üretim tesisleri.

12- Petrol rafinerileri.

13- Taşkömürünü gazlaştırma tesisleri.

14- Bitümlü yol yapımı maddelerinin üretildiği ve işlendiği tesisler.

15- Grafit ve benzeri ürünlerin üretildiği tesisler.

16- Cam üretim tesisleri.

17- Gübre kompleksleri.

18- Kümesler ve ahırlar.

Ek-8' de izne tabi tesislerin listesi yer almaktadır. Ek-9' da izin başvurusunun yapılması ve değerlendirme esasları açıklanmaktadır. Değerlendirmede insan sağlığını tehdit eden durumlar, önemli zarar ve rahatsızlık verici etkiler, hava kalitesi değerlerinin belirlenmediği durumların ve özel durumların incelenmesi yer almaktadır. Ayrıca tedbirler bildirilmektedir. Ek-10' da ek düzenlemeler yer almaktadır. Ek-11' de emisyonun tesbiti ile ilgili olarak emisyon ölçüm yerleri, ölçme programı, değerlendirme ve rapor, emisyonun sürekli izlenmesi (toz emisyonlarının sürekli ölçümü, gaz biçimindeki emisyonların sürekli ölçümü) kabul ölçümleri ve ölçümlerin güvenilirliği konuları yer almaktadır.

1.3.5. Hava Kirliliği Meteorolojisi

Hava kirliliği kaynakları konumları açısından yeryüzeyinin birkaç yüz metre üzerinde bulunurlar. Hava kirleticiler bu kaynaklardan atmosfere terk edilerek atmosferin yapısal özelliklerinin kontrolüne girer ve böylece hava kirliliği problemi yüzey topografyası ve meteorolojik değişkenlerin kontrolünde gelişir. Hava kirletici emisyonların yer aldığı atmosfer tabakasının tanınması ve özelliklerinin belirlenmesi bu bakımdan önemlidir. Böylece hava kirliliğini kontrol etmek amacıyla model kurmak gelecekte alacağı değerleri kestirmek ve sonuç olarak da emisyonlara müdahale edebilen bir kontrol ortamı meydana getirmek ancak bu sayede mümkün olabilir. Atmosferin yeryüzeyinin yakınında bulunan sınır bölgesindeki hareketler basit olmayıp oldukça karmaşıktır. Bu karmaşıklık laminer akışın atmosferde nadiren meydana gelmesi ve türbülanslı akışın çoğunlukla hakim olması nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Bilindiği gibi laminer akışın matematiksel olarak incelenmesinin kolay olmasına rağmen türbülanslı akışların incelenmesi oldukça zordur. Atmosferde Reynolds sayısının 3000-5000 değerleri laminer akıştan türbülanslı akışa geçiş kriteri olarak kabul edilmektedir [11].

Hava kirliliği olayı atmosferin aşağı tabakasında bulunan planeter sınır tabaka diye adlandırılan bölgede meydana gelir. Bu bölgedeki atmosfer, yeryüzeyi ile arasındaki ısı, momentum ve nemin düşey alışverişlerinden önemli ölçüde etkilenmektedir. Bu etkilenmenin sonucu olarak atmosferik sınır tabaka düşey olarak herbiri farklı ölçek parametreleri ile karakterize edilen çeşitli tabakalardan meydana gelir. Ancak en ideal koşullarda bile bu düşey farklılık tam olarak belirlenmemektedir. Planeter sınır tabakanın genel olarak üç ana alt tabakaya ayrıldığı kabul edilmektedir. Bunlar; laminer alt tabaka, yüzey tabaka ve Ekman tabakasıdır [11].

Moleküler viskozitenin etken olduğu laminer alt tabaka, yeryüzeyi ile pürüzlülük uzunluğuna karşı gelen bir yükseklik içerisinde yer alır [11].

Hava kirletici emisyonlar büyük ölçüde atmosferin yüzey tabakası olarak tanımlanan 30-150 m' lik atmosfer tabakası içerisinde yayılırlar. Emisyonlar ve alıcı ortamın bu tabaka içinde yer alması bu tabakayı hava kirliliği bakımından önemli kılmıştır. Atmosferde yapılan çeşitli deneyler bu yükseklik içerisinde momentum, ısı ve nem akılarının yükseklikle ihmal edilebilir düzeyde değiştiğini göstermiştir. Bu nedenle bu büyüklüklerin yüzey tabakanın

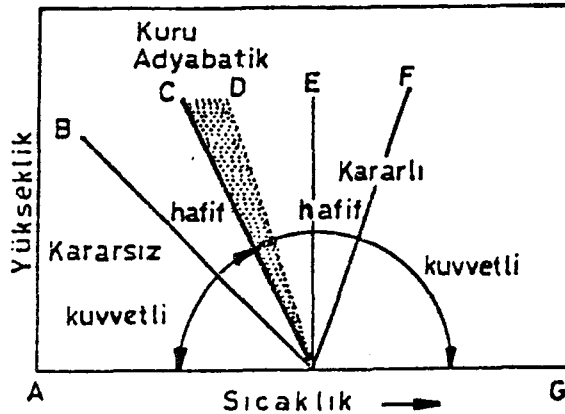
yüksekliği içerisinde yaklaşık olarak sabit kaldığı kabul edilmektedir. Yüzey tabaka planeter sınır tabaka ile kıyaslandığında yükseklik olarak yaklaşık $1/10^3$ una karşı gelmektedir [11].

Yüzey tabaka ile planeter sınır tabakanın üst sınırına kadar olan Ekman tabakasında hareketler farklı bir ölçeğe dönüşmektedir. Bu tabaka içerisinde rüzgar şiddeti ve yönü tamamen kayma gerilmeleri ile Coriolis kuvvetlerinin etkisi altında bulunacaktır. Sonuç olarak bu tabakada basınç, Coriolis ve Reynolds kuvvetleri arasında bir denge oluşur [11].

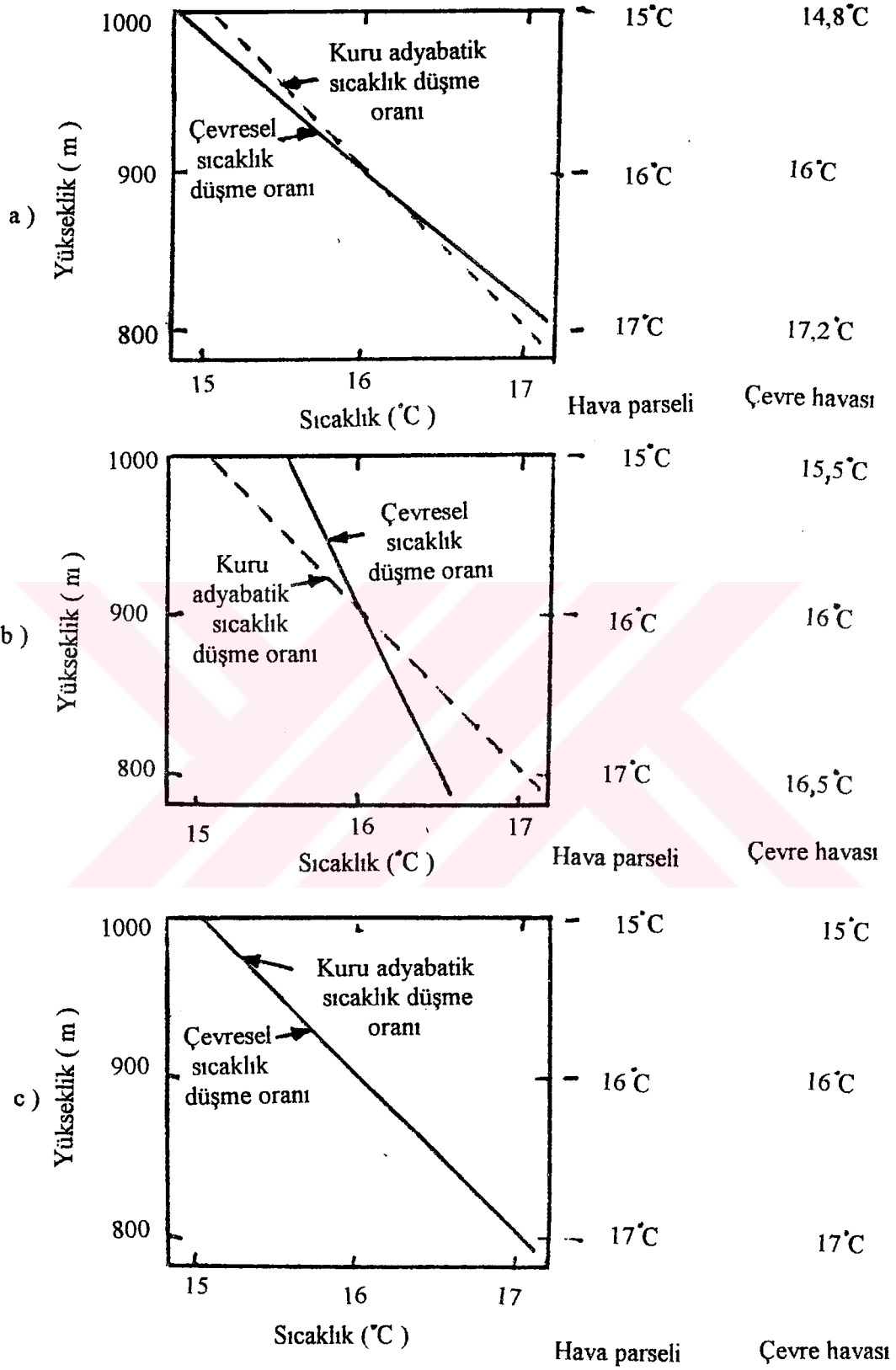
Emisyon kaynaklarından çıkan hava kirleticiler, atmosferin karmaşık yapısı içerisinde meydana gelen karışım ve kimyasal dönüşümler sonucunda çevrede hissettiğimiz değerleri oluştururlar. Çevre hava kalitesi değerlerinin bu karmaşık yapının anlaşılmasında kullanılan en önemli anahtar bilgilerden biri de atmosferin kararlılığıdır. Atmosferin kararlılık durumu, hava kirleticilerin yayılımını atmosferin dispersif gücündeki değişime bağlı olarak kalitatif ve kantitatif bir şekilde açıklar. Kısaca bu oluşum atmosferin termik ve dinamik yapısını hibrit bir düzende ifade etmeye yarayacaktır. İşte bu yapıyı belirlemek için bazı termodinamik özelliklerin bilinmesine gereksinme vardır. Bunlar içerisinde en önemlisi lapse rate diye kullanılan sıcaklık düşme oranı ya da miktarı diye nitelenen büyüklüktür. Çevresel sıcaklık düşme miktarının atmosferin yere yakın bölgesinde havanın düşey hareketleri üzerinde çok önemli bir etkisi bulunmaktadır [11].

Sıcaklık düşme miktarı adyabatik ise düşey olarak yer değiştiren bir hava parseli çevresi ile daima bir denge halinde bulunacaktır. Bu durumda hava parseli, çevresi ile ısı alışverişi yapmaksızın düşük çevre basıncına doğru yavaşça genişleyecektir. Bu durum aynı zamanda inen bir hava parseli için sıcaklıktaki artma miktarı olacaktır. Böylece kaldırma kuvvetlerinin etkili olmadığı bu tür yer değiştirmeler nötr dengeye ulaşacaktır. Atmosfer kuru olarak kabul edildiğinde bu adyabatik sıcaklık düşme oranının değeri $dT/dz = - 0,98$ °C/100 m' dir. Bu durum ise hava sıcaklığının her 100 metrede yaklaşık olarak 1 °C azalacağını gösterir. Böyle bir durumda sıcaklık düşme oranı (lapse rate) pozitif olarak nitelenir. Sıcaklık düşme oranının negatif olduğu bir durum ise kararlı atmosferi işaret edecektir. Bu durum Şekil 2' de gösterilmiştir. Bu şekle göre hava; CD bölgesinde nötr yapıda, BC bölgesinde hafif kararsız, AB bölgesinde ise kuvvetli kararsız durumdadır. Çevre sıcaklığının yükseklikle adyabatik miktardan daha fazla azalması demek olan bu durum aynı zamanda süper adyabatik olarak da nitelenmektedir. C doğrusunda sağ tarafında kalan taralı alan doymuş adyabatik bölge ile açıklanmıştır. Bu bölgenin sağ tarafında ise DF ile hafif kararlı ve E boyunca izotermal, FG bölgesinde ise kuvvetli kararlı ya da inversiyon

durumları işaret edilmiştir. E boyunca meydana gelen izotermal yapı içerisinde sıcaklık yükseklikle değişmemektedir. Diğer bir deyişle $dT / dz = 0'$ dir. İnversiyon durumu ise sıcaklığın yükseklikle artmasını karakterize etmektedir. Bu fiziksel yapılaşmaları açıklamannın diğer bir yolu da hava parseli ile çevre havası arasındaki sıcaklık-yükseklik değişimlerinin incelenmesidir. Şekil 3' te bu üç ayrı kararlılık durumu açıklanmıştır. Buna göre yükselen bir hava parseli adyabatik miktardan daha fazla soğuyarak bir noktaya geliyorsa, çevre havasına göre daha fazla ısınacak ve yoğunluk kaybedecektir. Hava parseli bu özelliğinden dolayı da yukarı doğru kaldırma eğilimi kazanacaktır (Şekil 3a). İşte böyle bir durumda hava parseli kararsız bir denge içerisine girer. Örneğin, 800 m' de hava parseli 17 °C ve çevre havası da 17,2 °C iken 100 m' lik bir yükselme sonrasında her iki sıcaklık da 16 °C' ye düşmekte, 100 m daha yükselme halinde ise hava parselinin sıcaklığı 1 °C daha düşerek 15 °C' ye ulaşmakta, çevre havası ise kuru adyabatik miktara göre daha fazla düşerek 14,8 °C' ye ulaşmaktadır. Sonuç olarak; hava parselinin sıcaklığı kuru adyabatik düşme oranına uygun bir şekilde 200 m yükselme sonrasında 2 °C düşerken çevre havasının sıcaklığı 2,4 °C düşmüştür. Böylece nötr denge referansına göre çevre havası kararsız bir dengeye ulaşmış olur. Çevresel sıcaklık düşme miktarı kuru adyabatik miktara göre daha küçük veya negatif olduğu zaman yükselen hava parseli çevresine göre daha soğuk ve daha yoğun hale gelir (Şekil 3b). Bunun sonucunda hava parseli ilk hareket noktasına dönmeye eğilim kazanarak kararlı dengeye ulaşır. Örneğin, çevre hava parseli, nötr denge referansına göre 200 m' lik yükselme sonucunda 1 °C daha az düşmüştür. Böyle bir durumda düşey hareketler kararsız durumun tersine olarak bastırılmıştır. Üçüncü bir durum ise kuru adyabatik sıcaklık düşme oranı ile çevresel sıcaklık düşme oranlarının çakışma halidir (Şekil 3c). Burada ise çevresel sıcaklık düşme miktarı, nötr denge referansına göre sabit kalmaktadır [11].



Şekil 2. Sıcaklık profiline göre atmosferik kararlılık [11].



Şekil 3. Kuru havanın çeşitli kararlılık durumları. a) Hava parseli kararsız bir denge içerisinde. b) Hava parseli kararlı dengeye ulaşır. c) Kuru adyabatik sıcaklık düşme oranı ile çevresel sıcaklık düşme oranları çakışıktır [11].

Yukarıdaki şekillerde gösterilen termodinamik mekanizma hava kirliliği bakımından da bazı sonuçlar vermektedir. Örneğin, kararsız atmosfer halinde kaldırma kuvvetleri düşey hareketi artırıcı bir rol oynamaktadır. Yani hava kirliliği bakımından karışmanın en yüksek seviyede gerçekleşmesini sağlayan böyle bir atmosferde hava kirleticilerin düşey taşınımının sağlandığı iyi bir dispersiyon ortamı, diğer bir deyişle çevrede en az kirliliğin hissedileceği bir ortam meydana gelmiş olacaktır. Kararlı atmosferin en önemli görünüşü ise sıcaklığın yükseklikle artışı olan inversiyon durumudur. İncersiyon koşulları altında hava çok kararludur. Bu durum hava kirliliği bakımından olumsuz koşulların meydana gelmesi demektir. Böyle bir atmosfer halinde hava kirleticilerin karışımı hemen hemen hiç meydana gelmez. Yani kirleticiler inversiyon tabakası içerisinde tutulurlar. Hava kirliliğinin en önemli atmosferik oluşumlarından biri olan inversiyonlar genel olarak aşağıdan soğuma yoluyla veya yukarıdan ısınma suretiyle meydana gelir. En sık görülen inversiyonlardan biri geceleyin yer yüzeyinde radyasyon soğuması sebebiyle olanıdır. Bunun dışında sıcak bir yüzey üzerinden soğuk bir yüzeye doğru hava kütesinin yatay hareketi de inversiyonu oluşturur. Bu tür yüzey inversiyonlara özellikle şehirlerde sık rastlanır. Cephesel bir inversiyon şekli de bunlara eklenebilir. Bu özel durumda inversiyon farklı özellikteki iki hava kütesi arasındaki girişim bölgesinde meydana gelebilmektedir.

Bir başka sıcaklık düşme oranı ise doymuş hava hali için kullanılır. Bu işlem sonucunda meydana gelen sıcaklık düşme miktarı kuru adyabatik sıcaklık düşme miktarından daha küçüktür. Bunun da sebebi buharlaşma sonucunda gizli ısının terkedilmesi ve hava parselinin yükselerek soğumasıdır. Kısaca nemli atmosfer kuru atmosferden daha az kararlı olacaktır [11].

Hava kirleticiler atmosfere terk edildiklerinde bir taraftan çevredeki akım hızı ile taşınacak, diğer taraftan da seyrelerek konsantrasyonu zamanla azalacaktır. Kirleticilerin atmosferde seyrelmesini sağlayan en önemli tesir çevredeki mevcut difüzyon etkisidir. Difüzyon, tanım olarak çok küçük ölçeklerdeki akışkan parçacıklarının, rastgele hareketlerle özelliklerini ve madde miktarlarını korumak suretiyle yaptıkları bir nevi alış verıştır [11].

Atmosferik çevrede moleküler ve türbülans difüzyonu vardır. Moleküler difüzyonun etkisi türbülans difüzyonuna göre çok küçük olup ihmal edilebilir mertebededir. Atmosferde düzgün olmayan hareketler ve türbülanslı difüzyon ise çoğunlukla sürekli hal koşullarında meydana gelir. Bu karmaşık yapı nedeniyle türbülanslı difüzyon için yapılan her uygulama deneysel gerçeklemeyi gerektirir. Örneğin, bir su tankında yapılan deneyde türbülanslı

ortamda bir noktaya boya maddesi bırakıldığında boyanın sınırı zamanla genişleyecek ve rengi de gittikçe açılacaktır. İşte boya maddesinin türbülanslı ortama ilk bırakıldığı andaki koyuluğu akışkan parçacıklarının o noktada yoğun olarak bulunmaları sonucundandır. Ortamın türbülanslı olması nedeniyle akışkan parçacıklarının her biri bir yere gidecek ancak yeni gelinen nokta civarında daha az akışkan parçası ve netice olarak da daha açık renk gözlenecektir. Bu durum türbülanslı bir yapıya sahip olması nedeniyle atmosfer için de geçerlidir [11].

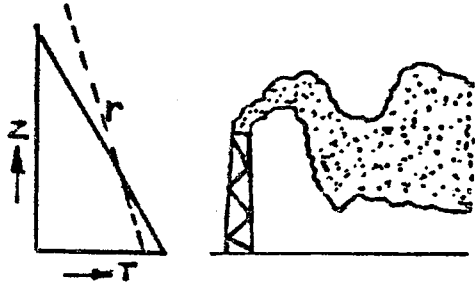
Bu bilgilerin ışığında yükselteli bacalardan yayılan hüzme şekillerinin incelenmesi suretiyle yüzey tabaka içerisinde atmosferik çevrenin özelliklerini belirlemek mümkün hale gelebilecektir. Şekil 4' te baca gazlarının sıcaklık-yükseklik değişimi gözönüne alınarak altı ayrı patern görüntü incelenmiştir [11]. Bunlar;

Çevrintili yayılma: Bu yayılım şeklinde yüksek kararsızlık hakimdir. Kuvvetli güneş radyasyonunun varlığında hafif rüzgar sıcaklığın yükseklikle hızla düşmesi gibi durumların varlığında meydana gelir [11].

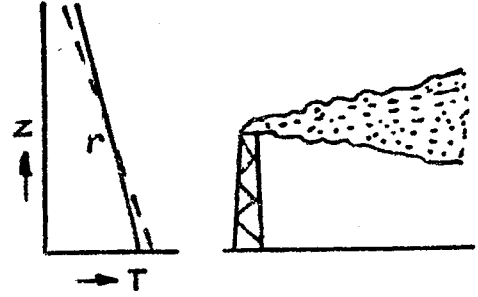
Konileşme: Bu şekilde yayılan duman hüzmesi koni biçimine yakındır. Hafif kararsızlığın görüldüğü adyabatik hallere yakın durumlarda oluşur. Böyle bir hüzme yayılmasında yatay ve dikey karışma şiddetli olmamaktadır [11].

Fanlı: Kararlılığın yüksek olduğu ve düşey türbülansın bastırıldığı zamanlarda meydana gelmektedir. Bunun sonucu olarak duman yatay biçimde yayılır. Rüzgarın hafif şiddetlerde bulunması nedeniyle emisyonlar yer seviyesine ancak inversiyonun bastırıldığı zamanlarda ulaşır [11].

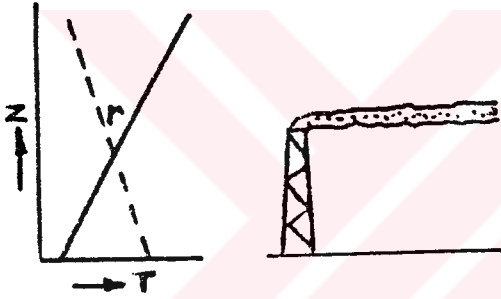
Yükselici: Süper adyabatik atmosfer halinin meydana geldiği koşullardaki rüzgar hızlarında oluşur. Bu durumda, difüzyon yukarı doğru hızlanır. Ancak daha aşağıda meydana gelen inversiyon tabakasına nüfuz edemez [11].



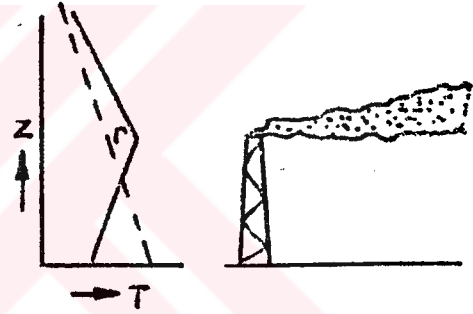
a- Çevrintili



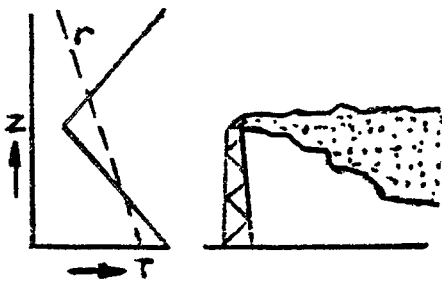
b- Konili



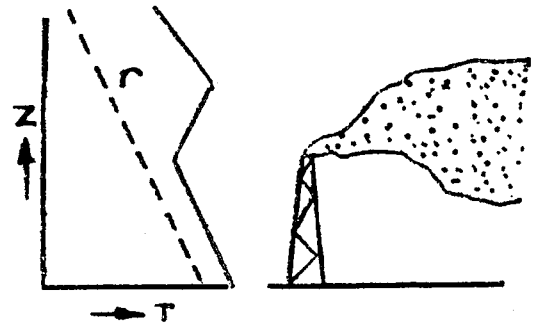
c- Fanlı



d- Yükselici



e- Fümigasyon



f- Tuzaklı

Şekil 4. Baca gazlarına sıcaklığın etkisi [11].

Fümigasyon: Yer seviyesinde maksimum konsantrasyonların oluşumuna yol açan fümigasyon; aşağı seviyelerde adyabatik hale yakın kararsızlık ve yukarı seviyelerde ki inversiyonun birlikte oluşumu sonucunda görülür. Açık gökyüzü ve hafif rüzgarlı hallerde daha belirgindir [11].

Tuzaklı: Şekil 4' te gösterilen tuzaklanmış hüzmelin yayılım şekli bazı farklar dışında fümigasyon durumuna benzemektedir. Bu hüzmelin fümigasyondan farkı; aşağı bölgelerde sıcaklık düşme miktarının kuru adyabatik değere nazaran fazla olmamasıdır. Bunun sonucu olarak yükselteli kaynaktan yayılan emisyonların meydana getirdiği maksimum konsantrasyon yer seviyesi yerine yükselteli bölgelerde oluşur [11].

Şehir yüzeyleri, çevresindeki kırsal alanlara göre yüzey topografyası ve bitki örtüsü bakımından modifiye olmuş durumdadır. Özellikle yüksek binalar, şehirlerde pürüzlülüğü artıran en önemli elemanlardır. Bunun sonucunda şehirler, gerek içerisindeki emisyon yoğunluğu gerekse de bina, cadde gibi yüksek ısı kapasitesine sahip beton malzeme taşıyan elemanlar nedeniyle yüzey enerji dengesinin değişmesine katkıda bulunurlar. Örneğin, şehirlerde hava kirletici emisyonlar kış mevsiminde yoğun olarak meydana gelmektedir. Bu nedenle, kış mevsiminde atmosfere daha fazla ısı terkedilmekte ve gece dönemlerinde şehirlerdeki ısıtma ile depolanan enerji sebebiyle şehir ve kırsal çevresi arasındaki sıcaklık farklılaşması ortaya çıkmaktadır. Bu durum atmosfer özelliklerini de etkileyebilmektedir. Böylece şehirlerde ısı emisyonları ve binalarda ısı depolanması, yüzey pürüzlülüğü ve şehirlerde nem azalması gibi faktörler yatay hava sıcaklığında süreksizliklerin meydana gelmesine yol açmıştır. Sonuç olarak şehirlerin çevrelerine göre daha sıcak olmaları ısı adası kavramını ortaya çıkarmıştır. Günümüzde ısı adası, şehirlerde yapılan hava kirliliği çalışmalarında önemli ve gerekli bir başlangıç etüdü haline gelmiştir. Özellikle hava kirliliğinin yoğun bir şekilde yaşandığı büyük şehirlerde ısı adası özelliğini belirlemek suretiyle antropojenik emisyonların gelişim projeksiyonları gerçekleştirilebilecektir. İstanbul için yapılan ısı adası çalışmasında şehir etkisinin hakim olduğu bölgelerde yüzey hava sıcaklığının kırsal bölgelerden daha yüksek bulunduğu rüzgar şiddetiyle ısı adası arasında ise ters bir ilişki ortaya çıktığı belirlenmiştir. Sonuç olarak ısı adası etkisinin sonuçlarını minimum sıcaklıklar üzerinde görmek mümkündür. Diğer bir deyişle ; ısı adası etkisi bir tür termal anomali olmaktadır. Ayrıca bu etkiler şehrin doğası ile ilgili olduğu kadar bölgesel iklim ile de bağlantılı bulunmaktadır. Özellikle endüstriyel aktiviteler ve ulaşımın, iş

merkezlerinin yoğun olarak bulunduğu büyük şehirlerde beton malzemelerin, demir, cam yapıların, asfalt yüzeylerin artması ve yeşil alanların azalması bu etkinin şiddetini arttırmaktadır [11].

1.4. Trabzon Kentinin Genel Özellikleri

1.4.1. Topografya

Tabzon, Karadeniz kıyısında yer alan ve sahilden itibaren yükselen yamaçlar boyunca yerleşimin genişlediği bir kıyı kentidir. Kent, güneyinden doğup gelen başlıca üç ana dere yatağı ile bölünmüştür. Bunlar sırasıyla; doğudan batıya doğru Değirmendere vadisi, Tabakhane vadisi ve Zağnos vadisidir. Değirmendere ve Tabakhane vadileri arasında sahile paralel olarak uzanan Boztepe kentin en yüksek ve hakim bölümünü oluşturmaktadır. Boztepe'nin liman bölgesinde kalan kısmının etekleri yapılaşmaya elvermeyecek kadar sarpıtır. Kentin en eski yerleşim merkezlerinden olan Liman çevresi, Çömlekçi, Esentepe mahalleleri çukur semtlerdir. Limanın hemen batısında yer alan Meydan semti, kentin merkezi durumunda olup kısmen yüksektir. Meydan semtinden Tabakhane vadisine kadar olan bölge deniz seviyesinden biraz yüksek olup düz bir alan şeklindedir. Yaklaşık 250 m genişliğinde olan bu kısım, Tabakhane ve Zağnos vadilerine doğru gidildiğinde alçalmakta ve deniz seviyesine inmektedir. Daha sonra bu vadilerin batısında kalan bölgede yer alan Atapark, Sigorta, Hızırbey, Yenimahalle gibi semtler sahilden itibaren çok az eğimle yükselen bir alan üzerinde kurulmuştur. Sahilden yaklaşık 1 km içeriden itibaren bu bölgede arazi dikleşmeye başlar. Dikleşen arazi üzerinde bulunan semtler Erdoğdu, Yeşiltepe ve Aydınlikevler' dir. Kentin batısına doğru gidildiğinde arazinin eğimli yapısı yine kendini gösterir.

1.4.2. Yapılaşma Durumu

Trabzon kent merkezi yaklaşık olarak 40 km²' lik bir alan üzerinde kurulu olup kentin toplam nüfusu 200 000 civarındadır. Böylece nüfus yoğunluğu 5000 kişi / km² olmaktadır. Kentteki arazi yapısının yapılaşmaya pek uygun olmaması nedeniyle nüfus

yoğunluğu fazladır. Kentin güney kısmında yer alan tepelerde altyapı oluşturma maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle yeni yapılaşma daha çok kentin doğu-batı sahili boyunca olmaktadır. Bu durum, kentte ortaya çıkan hava kirliliğinin, hakim rüzgarlar tarafından taşınmasını engellemektedir. Kentin özellikle Beşirli semtinde ortaya çıkan yüksek yapılaşma gelecekte hava kirliliği açısından sakıncalı bir durum olarak görünmektedir.

Trabzon kent merkezindeki endüstriyel alan tamamen hafif endüstriden oluşmaktadır. Kentin doğusunda bulunan sanayi sitesi daha çok otomobil tamir atölyelerinden oluşmakta olup çevre havasına herhangi bir emisyon vermezler. Bu bölgede bulunan çimento fabrikası ve küçük ölçekli otomobil lastik kaplama tesisleri çevre havasını kısmen de olsa kirletmektedirler. Kent merkezinde ortaya çıkan hava kirliliği büyük ölçüde konutların verdiği emisyon ile olmaktadır. Trabzon' da bir yılda yaklaşık 36 000 ton kömür ve 30 000 ton fuel oil kullanılmaktadır. Ayrıca evlerde bulunan sobalarda 10 000 ton fındık kabuğu ısınma amaçlı olarak kullanılmaktadır.

1.4.3. Meteorolojik Özellikler

Hava kirliliğinin yoğun olduğu ve meteorolojik faktörlerin hava kirliliği üzerindeki etkisinin incelendiği Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart, Nisan ayları içerisinde, Trabzon' da; ortalama olarak sıcaklığın en yüksek olduğu günler, uzun yıllar ortalamasına göre Kasım ayının ilk on günüdür. Bu günlerdeki sıcaklık ortalaması 14,2 °C' dir. İkinci en yüksek ortalama 13,2 °C ile yine Kasım ayının ikinci on gününe rastlamaktadır. Üçüncü en yüksek ortalama ise Nisan ayının üçüncü on gününde görülmektedir. Bu günlerdeki ortalama sıcaklık 12,3 °C' dir. Aylık ortalamalar gözönüne alındığında bu altı ay içinde en sıcak ay Kasım, ikinci sıcak ay ise Nisan' dır. Kasım ayı sıcaklık ortalaması 12,8 °C iken, Nisan ayının ortalaması 11,4 °C' dir. Bu iki değer de Trabzon' daki yıllık ortalama sıcaklık değeri olan 14,4 °C' den düşüktür [12].

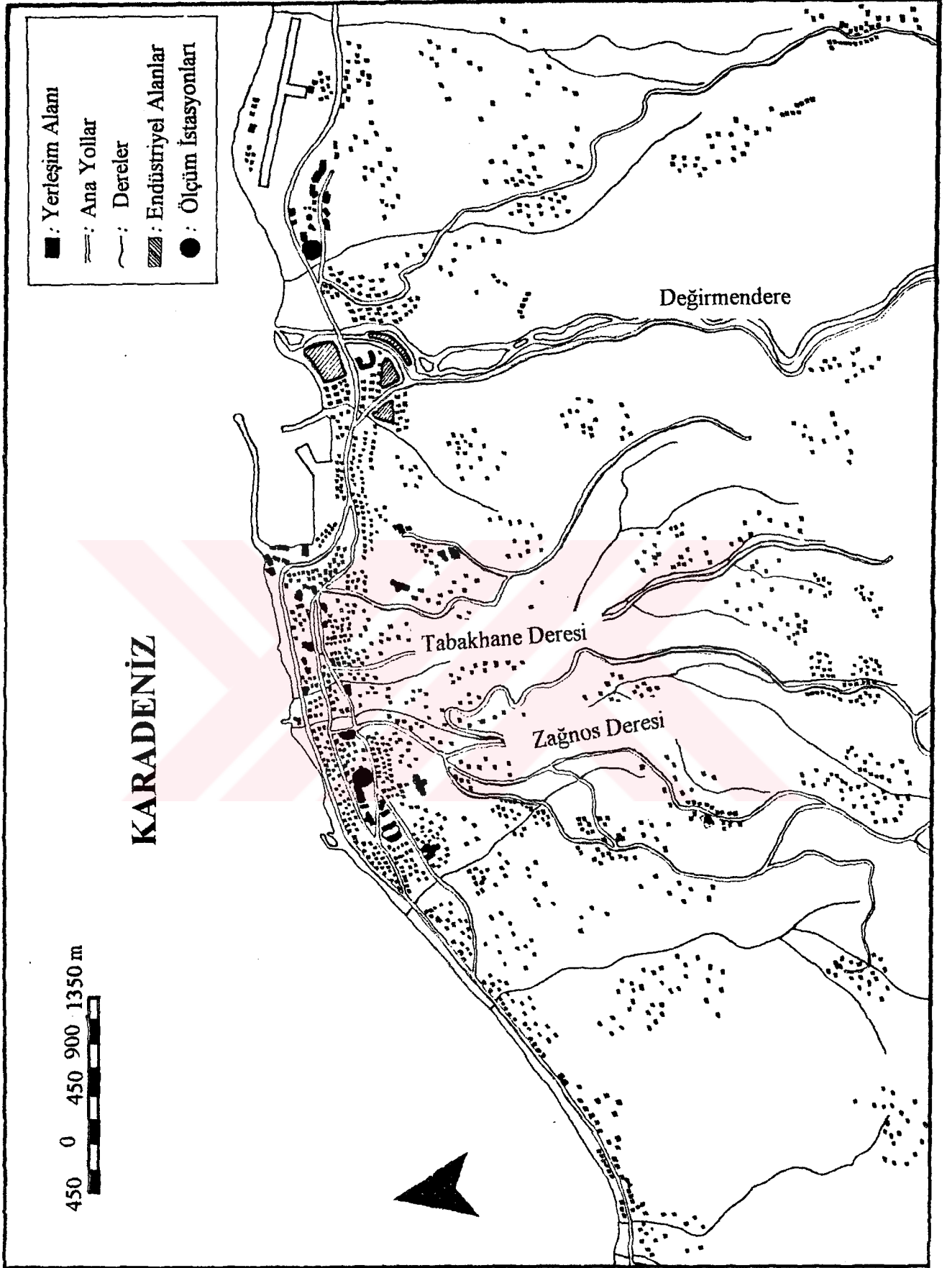
Trabzon' daki uzun yıllar ortalamasına göre; yılın oniki ayı içinde en düşük on günlük sıcaklık ortalaması 6,3 °C ile Şubat' ın son on günü ve 6,6 °C ile Ocak ayının son on gününe aittir. Şubat' ın ilk on gününde de 6,8 °C gibi düşük bir sıcaklık ortalaması görülmektedir. En soğuk ay 7,0 °C' lik ortalamaıyla Şubat, ikinci soğuk ay 7,2 °C' lik ortalamaıyla Ocak' tır. Mart ayı ortalaması ise 8,4 °C' dir [12].

1929' dan 1980 yılına kadar geçen sürede, incelenen aylar içerisinde ölçülen maksimum sıcaklık değerleri, önce Nisan' ın ikinci on gününde (37,6 °C), ikinci olarak Nisan' ın birinci on gününde (34,6 °C), üçüncü olarak Kasım' ın birinci on gününde (32,8°C) ölçülmüştür. Aynı yıllar arasında ölçülen en düşük sıcaklık değerleri Şubat' ın ilk on gününe (-7,4 °C) ve Ocak' ın ikinci on gününe (-7,0 °C) aittir [12].

Kasım ve Nisan ayları diğer aylara göre ortalama sıcaklığın yüksek olduğu gün sayısı bakımından da sıcak aylardır. Bu aylarda en düşük sıcaklığın belli değerlerden düşük olduğu gün sayısı en az sayıdadır. En düşük sıcaklıkların belli değerlerden büyük olduğu gün sayısı en fazla bu iki aydadır. Kasım ve Nisan aylarını, bu özellikler dikkate alındığında Aralık ayı izlemektedir. Aynı özellikler nedeniyle en soğuk aylar Ocak ve Şubat' tır [12].

Trabzon ilinde en fazla yağış, sırasıyla Kasım ayının ikinci on günü, birinci on günü, Aralık ayının birinci on günü ve üçüncü on gününde görülmektedir. En az yağış ise yine sırasıyla Mart' ın üçüncü on günü, Nisan' ın ilk on günü, Şubat' ın ikinci on günü ve Nisan'ın üçüncü on gününde rastlanmaktadır [12].

Ortalama yağış miktarı gözönüne alındığında ayların fazla yağış alma sırası şöyledir: Kasım, Ocak, Aralık, Şubat, Mart, Nisan. Yağışın belli değerin üzerinde olduğu gün sayısı gözönüne alınırsa en yağışlı aylar sırasıyla Kasım, Ocak, Aralık' tır. Benzer şekilde en az yağış alan aylar da sırasıyla Mart, Nisan, Şubat' tır [12].



Şekil 5. Trabzon kentinin haritası.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Veri Toplama

Bu çalışmada, Trabzon' daki hava kirliliği üzerinde meteorolojik koşulların etkisi, istatistiksel olarak incelenmiştir. Bu amaçla sadece SO₂ ve duman (partikül) kirleticileri, hava kirliliği verisi olarak ele alınmıştır. Meteorolojik koşullar olarak rüzgar hızı, izafi nem oranı ve sıcaklık esas alınmıştır.

Bilindiği gibi ülkemizde havadaki SO₂ ve duman miktarı ölçümleri, valilikler bünyesindeki Çevre Sağlığı elemanları tarafından yapılmaktadır. Trabzon' da da iki ayrı istasyonda bu ölçümler her gün aralıksız olarak yapılmaktadır. Bu istasyonlardan bir tanesi Trabzon Valilik binasında, diğeri ise Trabzon Belediye binasındadır. Bu istasyonlarda yapılan ölçümlerde SO₂ için TS 2360 [13], havadaki asılı partiküler madde (duman) için de TS 2361 [14] uygulanmaktadır. Bu çalışmada Trabzon Valiliği binasında yapılan ölçümler ile elde edilen hava kirliliği verileri esas alınmıştır. Hava kirliliği verileri günlük ortalama veriler olup kütle konsantrasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) cinsindedir.

Bu çalışmada kullanılan meteorolojik veriler ise, kentin doğusunda bulunan Trabzon Meteoroloji İstasyonu' nundan sağlanmıştır. Şekil 5' te Trabzon Meteoroloji İstasyonu ile Trabzon Valilik binasının yeri görülmektedir. Kirlilik ölçümleri ve meteorolojik ölçümlerin yapıldığı istasyonlar arasındaki uzaklık bu çalışmanın zayıf bir yönüdür. Ancak makro düzeyde, nem ve sıcaklık faktörlerinin kent yüzeyi boyunca belirgin bir değişim göstermeyeceği açıktır. Rüzgar faktörü ise ancak düşük hızlarda hataya neden olabilir. Bu çalışmada; ilgili faktörlerin mutlak değerlerinden çok değişim değerleri önemli olduğundan ve bu değişim değerlerinin de kent ölçeğinde hemen hemen aynı kalması nedeniyle, hata oranı düşüktür. Ayrıca bugün için tüm parametrelerin aynı anda ölçülebilmesi olanağı yoktur.

Bu çalışmada; düzenli olarak kaydedilmiş verilerin başlangıcı olması nedeniyle, Kasım 1994 ayından itibaren olan rüzgar hızı, nem, sıcaklık, SO₂ ve partikül verileri kullanılmıştır. Yapılan istatistiksel incelemede, ısıtma sezonlarındaki aylara ait veriler esas alınmıştır. Bunlar, birinci dönem için; Kasım 1994, Aralık 1994, Ocak 1995, Şubat 1995, Mart 1995, Nisan 1995' tir. İkinci dönem olarak da Kasım 1995, Aralık 1995, Ocak 1996, Şubat 1996, Mart 1996, Nisan 1996' ya ait günlük ortalama değerlerdir. Ekler bölümünde,

her iki dönem için gözönüne alınan aylara ait günlük ortalama değerler yer almaktadır. Tablo 2 ve Tablo 3' te her iki dönem için aylık ortalama değerler görülmektedir.

Tablo 2. Birinci dönem (1994-1995) için değişkenlerin aylık ortalama değerleri.

AYLAR	RÜZGAR HIZI (m/s)	İZAFİ NEM (%)	SICAKLIK (°C)	SO ₂ (µg/m ³)	PARTİKÜL (µg/m ³)
KASIM 94	3,017	73,673	10,996	46,133	56,367
ARALIK 94	2,719	70,245	6,616	81,161	89,387
OCAK 95	2,590	70,506	8,152	68,097	78,580
ŞUBAT 95	2,668	66,636	8,404	69,125	49,667
MART 95	2,435	65,619	11,261	41,774	57,548
NİSAN 95	2,153	77,200	10,970	33,767	49,267
BÜTÜN DÖNEM	2,597	70,647	9,4	56,676	63,469

Tablo 3. İkinci dönem (1995 - 1996) için değişkenlerin aylık ortalama değerleri.

AYLAR	RÜZGAR HIZI (m/s)	İZAFİ NEM (%)	SICAKLIK (°C)	SO ₂ (µg/m ³)	PARTİKÜL (µg/m ³)
KASIM 95	2,907	66,8	11,783	62,379	68,724
ARALIK 95	3,035	64,548	8,384	83,4	101,833
OCAK 96	2,174	76,871	7,49	49	77,419
ŞUBAT 96	2,445	71,345	8,014	102,621	97,759
MART 96	1,887	83,516	6,465	68,452	53,516
NİSAN 96	2,02	79,733	10,357	40,8	36,667
BÜTÜN DÖNEM	2,411	73,802	8,749	67,775	72,653

2.2. Regresyon Analizi

Bilindiği gibi regresyon analizi; değişkenler arasındaki ilişkilerin incelenmesini sağlayan bir işlemdir. Bu çalışmada; meteorolojik faktörler bağımsız değişkenler olarak, SO₂ ve partikül konsantrasyon değerleri ise ayrı ayrı bağımlı değişkenler olarak düşünülmüştür. Böylece her ay için SO₂ konsantrasyonu ile rüzgar hızı, izafi nem oranı ve sıcaklık arasındaki ilişki istatistiksel olarak incelenmiştir. Benzer şekilde; her ay için partikül konsantrasyonu ile rüzgar hızı, izafi nem oranı ve sıcaklık arasındaki ilişki incelenmiştir. Bağımsız değişkenlerin sayısının 1' den fazla olması nedeniyle çoklu lineer regresyon analizi yapılmıştır. 3 adet bağımsız değişkene sahip genel bir regresyon denklemi şu şekilde ifade edilebilir:

$$Y = A + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + E \quad (1)$$

Burada A regresyon sabiti ve B' ler de regresyon katsayılarıdır. Denklemden yer alan E, hatayı göstermekte olup, sabit ve katsayıların belirlenmesinde bu hata değerinin minimum olması gözönüne alınır. Bu işlem en küçük kareler yöntemi ile yapılır. Sabitin ve katsayıların önem düzeyi istatistik olarak t dağılımı kullanılarak test edilir [15].

Lineer bir modelin gerçek duruma yakınlığının ölçüsü “ Belirleme Katsayısı “ olarak adlandırılır ve R² ile gösterilir. R², bağımlı değişkendeki değişimlerin oranı olarak tanımlanır ve şu şekilde ifade edilir.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2} \quad (2)$$

Burada \hat{Y}_i ; regresyon ile belirlenen Y değerleridir. Y_i ; gözlem değerleri ve \bar{Y} de Y_i ' lerin ortalamasıdır. Bütün gözlemlerin regresyon eğrisi ile çakışması durumunda R² “1” olur. Eğer bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında bir ilişki yoksa R² “0” olur [15].

Bu çalışmada “ Stepwise ” regresyon modeli kullanılmıştır. Stepwise regresyon, temel olarak “ Backward ” ve “ Forward ” işlemlerinin birleşmesinden meydana gelmiştir ve genel bir yöntemdir [15].

İstatistiksel analizde; her aya ait günlük ortalama değerler ayrı ayrı değerlendirilmiştir ve hava kirleticiler ile meteorolojik faktörler arasındaki korelasyonlar incelenmiştir. Hava kirleticiler ile meteorolojik faktörler arasındaki korelasyonlar için (1) denkleminin öngörülmesine rağmen $Y = f(x_1)$, $Y = f(x_2)$,..... $Y = f(x_2, x_3)$ $Y = f(x_1, x_2, x_3)$ şeklinde ifade edilen denklemler de ayrı ayrı analize tabi tutulmuştur ve küçük R^2 değerine sahip olan bağımsız değişkenler elimine edilmiştir. Geri kalan değişkenler ile bir, iki, yada üç değişkenli denklemler kurulmuştur. Bazı durumlarda bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında herhangi bir ilişki elde edilememiştir. Tablo 4 ve Tablo 5' te çoklu lineer regresyon sonuçları topluca görülmektedir. Örneğin Kasım 1994 için SO_2 ile meteorolojik koşullar arasında herhangi bir ilişki yoktur. Ancak partiküler madde ile izafi nem arasında zayıf bir ilişki söz konusudur. Aralık 1994 ayı için ilişkiler orta düzeyde olup regresyon denklemleri şu şekildedir:

$$[SO_2] = 141,763 - 1,243 [\text{İzafi nem}] + 4,041 [\text{Sıcaklık}]$$

$$[\text{Partikül}] = 170,17 - 1,814 [\text{İzafi nem}] + 7,054 [\text{Sıcaklık}]$$

Tablo 4. Birinci dönem (1994 - 1995) için lineer regresyon sonuçları.

Aylar	Y	Y=A+B ₁ x ₁ +B ₂ x ₂ +B ₃ x ₃							R ² (%)	İlişkinin derecesi
		A	B ₁	x ₁	B ₂	x ₂	B ₃	x ₃		
Kasım 94	SO ₂	0	0	Rüzgar	0	İzafi nem	0	Sıcaklık	0	Yok
	Partikül	150,385	0	"	-1,276	"	0	"	19,1	Zayıf
Aralık 94	SO ₂	141,763	0	"	-1,243	"	4,041	"	52,6	Orta
	Partikül	170,17	0	"	-1,814	"	7,054	"	56,1	Orta
Ocak 95	SO ₂	94,650	-10,251	"	0	"	0	"	22,2	Zayıf
	Partikül	121,271	-16,481	"	0	"	0	"	19,4	Zayıf
Şubat 95	SO ₂	0	0	"	0	"	0	"	0	Yok
	Partikül	0	0	"	0	"	0	"	0	Yok
Mart 95	SO ₂	0	0	"	0	"	0	"	0	Yok
	Partikül	128,291	-15,511	"	-0,502	"	0	"	30,1	Zayıf
Nisan 95	SO ₂	70,211	0	"	-0,472	"	0	"	13,5	Zayıf
	Partikül	123,879	0	"	-0,966	"	0	"	16,1	Zayıf
Bütün Dönem	SO ₂	138,649	-6,752	"	-0,685	"	-1,729	"	13,97	Zayıf
	Partikül	140,752	-10,464	"	-0,697	"	0	"	13,79	Zayıf

Tablo 5. İkinci dönem (1995 - 1996) için lineer regresyon sonuçları.

Aylar	Y	Y=A+B ₁ x ₁ +B ₂ x ₂ +B ₃ x ₃							R ² (%)	İlişkinin derecesi
		A	B ₁	x ₁	B ₂	x ₂	B ₃	x ₃		
Kasım 95	SO ₂	94,232	-10,829	Rüzgar	0	İzafi nem	0	Sıcaklık	19,4	Zayıf
	Partikül	103,705	-11,893	"	0	"	0	"	15,7	Zayıf
Aralık 95	SO ₂	189,970	0	"	-1,669	"	0	"	40,2	Zayıf
	Partikül	351,104	0	"	-3,903	"	0	"	49,3	Zayıf
Ocak 96	SO ₂	107,154	0	"	-0,757	"	0	"	17,8	Zayıf
	Partikül	272,019	-15,695	"	-2,088	"	0	"	51,5	Orta
Şubat 96	SO ₂	0	0	"	0	"	0	"	0	Yok
	Partikül	0	0	"	0	"	0	"	0	Yok
Mart 96	SO ₂	0	0	"	0	"	0	"	0	Yok
	Partikül	19,773	0	"	0	"	5,220	"	21,9	Zayıf
Nisan 96	SO ₂	0	0	"	0	"	0	"	0	Yok
	Partikül	0	0	"	0	"	0	"	0	Yok
Bütün Dönem	SO ₂	193,570	-6,805	"	-1,198	"	-2,444	"	17,56	Zayıf
	Partikül	221,577	-12,788	"	-1,605	"	0	"	24,85	Zayıf

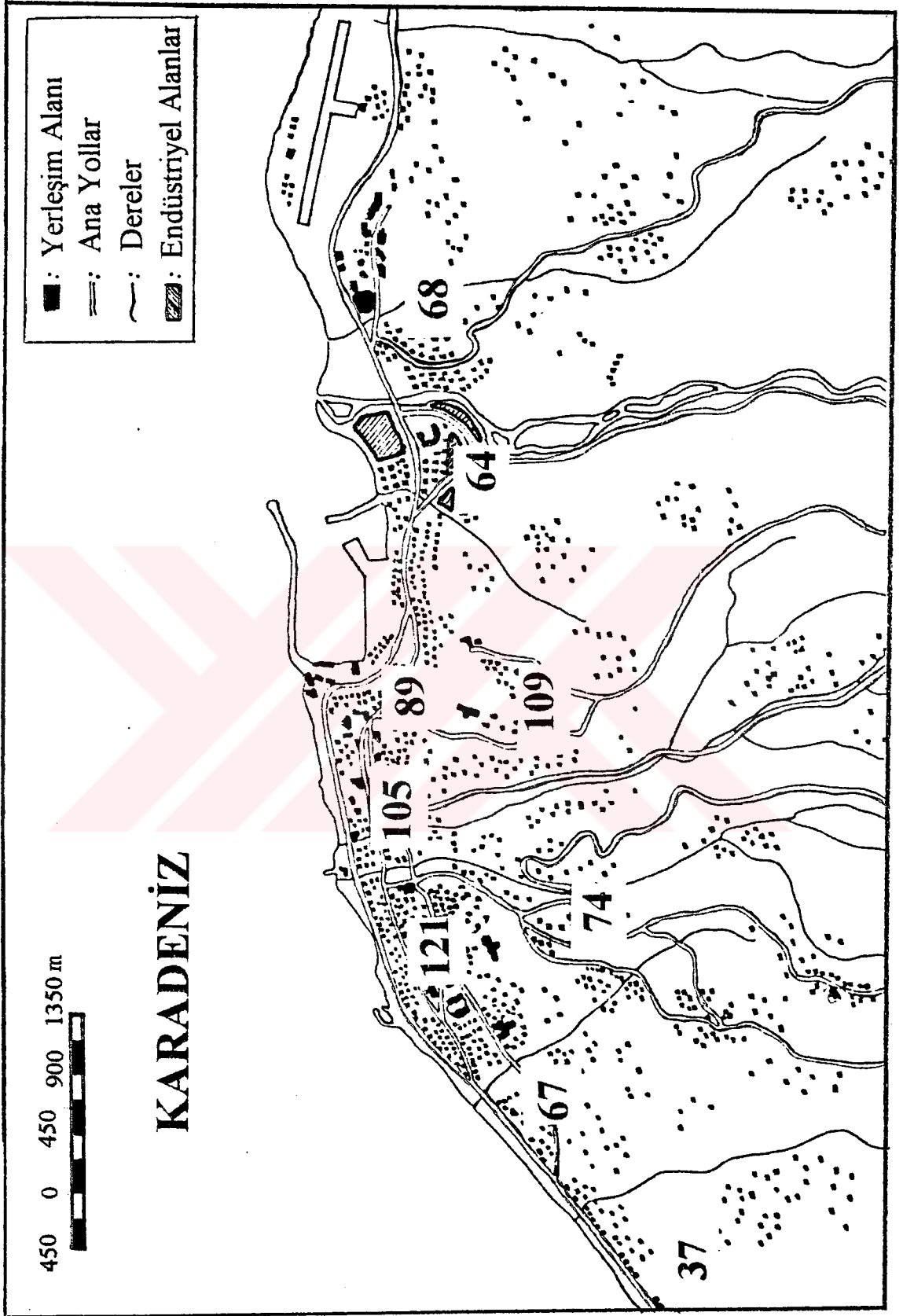
2.3. Trabzon Kent Merkezinde Yapılan Partikül Ölçümleri

Şekil 6 ' da görülen partikül ölçüm sonuçları, Trabzon kentindeki çeşitli semtlerdeki Şubat 1996, Mart 1996 ve Nisan 1996 aylarında yapılan ölçümlerin ortalamasıdır. Her bir nokta için ortalama kirlilik değerleri şu şekilde elde edilmiştir. Her bir nokta ve çevresinde alınan ölçüm sonuçlarının ortalaması alınmış ve o noktaların günlük ortalaması belirlenmiştir. Daha sonra o nokta ve çevresinde alınan günlük ortalamaların da ortalaması alınmış ve o nokta ve çevresinin kirlilik değeri belirlenmiştir. Günlük ortalamaların alındığı ölçüm sayısı bazı noktalarda ve çevrelerinde yeterli sayıya yaklaşmış, bazı noktalarda ve çevrelerinde az sayıda kalmıştır. Genel ortalamaların alındığı gün sayısı da bazı noktalarda ve çevrelerinde yeterli sayıya yaklaşmış, bazı noktalarda ve çevrelerinde de az sayıda kalmıştır. Ölçümler, kirliliğin yoğun olduğu 16:00 - 20:30 saatleri arasında

gerçekleştirilmiştir. Bu süre, ideal sonuçları almak için oldukça geniş bir zaman dilimidir. Zira belli bir noktada, aynı gün yapılan ölçümlerde, 20 dakikalık zaman aralığında bile çok büyük farklılıklar belirlenmiştir. Ayrıca trafik koşulları, günlük yaşamdaki hareketlilik vb. nedenlerden ölçümler olumsuz etkilenmiştir. Örneğin; Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'ne göre duvarlardan 1,5 - 4 m mesafede yapılması gereken ölçümler, çoğunlukla bu mesafenin altındaki mesafelerde yapılmıştır. Ayrıca bazı noktalarda, sürekli akan trafik esnasında yapılan ölçümler ile başka noktalarda trafik yoğunluğundan uzak bir ortamda yapılan ölçümler arasında yine çok büyük farklılıklar görülmüştür. Bir noktada yapılan ölçümde, rüzgar hızı düşük iken, başka bir noktada birkaç dakika sonra yapılan ölçümde rüzgar hızı yüksek olmuştur. İdeal olan ölçüm koşulları; tüm noktalarda aynı anda ölçüm yapmak, yeterli sayıda ölçüm yapmak ve aynı trafik, meteorolojik vb. koşullarda ölçüm yapmaktır. Bu da tahmin edilebileceği gibi oldukça kapsamlı ve masraflı bir çalışma gerektirmektedir. Yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlar; Trabzon' daki kirlilik düzeyini göreceli olarak ortaya koyması açısından önemlidir.

Yapılan ölçümlerde, en yüksek kirlilik değeri 29 Mart 1996 günü saat 18:58' de Hızırbey mahallesinde ölçülmüştür. Bu değer $709 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tür.

Bu çalışmada yapılan partikül ölçümlerinde optik yöntem esaslı SIBATA PCD-1 toz ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihaz, 6 saniyede bir yaptığı ve ekranında gösterdiği ölçümlerin ortalamasını kendisi almakta ve yaptığı her 10 ölçümün ortalamasını dakikalık ortalama olarak yazmaktadır. Bu çalışmada; Trabzon kent merkezindeki çeşitli semtlerde 1800' den fazla ölçüm yapılmıştır. Ölçümler, kirliliğin fazla olduğu semtlerde öncelikli olarak yapılmıştır. Özellikle Cumhuriyet mahallesi, Ortahisar mahallesi, Zafer mahallesi, Erdoğan mahallesi, Çarşı mahallesi, Yenicuma mahallesi, Yalı mahallesi, Hızırbey mahallesi, Yeni mahalle, Sigorta, Atapark, Tabakhane ve Meydan semtleri civarlarında fazla sayıda ölçüm yapılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 6' daki haritada kabaca gösterilmiştir. Bu harita bir kirlilik haritası olarak değerlendirilecek kadar kapsamlı ölçümlere dayalı değildir.



Şekil 6. Trabzon kentindeki çeşitli semtlere ait partikül ölçümleri .

3. BULGULAR

3.1. Rüzgar Etkisi

Regresyon analizi sonuçlarını gösteren Tablo 4 ve Tablo 5' ten de görüldüğü gibi, SO₂ ve partikül ile rüzgar hızı arasında ilişki bulunan aylarda, bu ilişki hep ters orantılıdır. Analiz sonuçlarına göre, SO₂ ile rüzgar arasında sadece Ocak 1995 ve Kasım 1995 aylarında ters orantılı bir ilişki vardır. Partikül ile rüzgar arasında ise Ocak 1995, Mart 1995, Kasım 1995 ve Ocak 1996 aylarında ters orantılı ilişkiler elde edilmiştir. Bu çalışmada incelenen dönemler içerisindeki diğer aylarda rüzgar hızı ile hava kirleticiler arasında hiç bir ilişki elde edilememiştir. Partikül ile rüzgar hızı arasındaki ilişki, SO₂ ile rüzgar hızı arasındaki ilişkiye göre daha kuvvetlidir.

Şekil 7 ve Şekil 8' de 1994 - 1995 dönemi ve 1995 - 1996 dönemi için bu çalışmada ele alınan hava kirleticiler ile rüzgar hızı arasındaki genel ilişkiler görülmektedir. Bu grafiklerden de açıkça görüldüğü gibi rüzgarın, kirlilik konsantrasyonlarını azaltıcı bir etkisi vardır. Ortalama değişim eğrilerinden görüldüğü gibi rüzgar hızı, duman (partikül) üzerinde SO₂' ye göre daha etkili olmaktadır. Rüzgar hızının 3 m/sn' ye kadar olan değerlerinde rüzgarın partikül ve SO₂ üzerindeki etkisi aynı olmakta, rüzgarın bu değerinden büyük olan bölgede partikül konsantrasyonu belirgin bir biçimde düşmektedir.

Tablo 4 ve Tablo 5' te yer alan iki ayrı dönem için olan toplu regresyon analizi sonucuna göre, birinci dönem ve ikinci dönem için SO₂ konsantrasyonlarının rüzgara olan bağımlılığı aynı düzeyde olmaktadır. Bu durum B₁ katsayılarının yaklaşık olarak aynı olmasından da görülmektedir. İki ayrı dönem için bir kıyaslama yapıldığında partikül (duman) konsantrasyonunun; 1995 - 1996 döneminde birinci döneme göre rüzgara biraz daha fazla bağımlı olduğu yine B₁ katsayılarının kıyaslanmasından anlaşılmaktadır.

3.2. Nem Etkisi

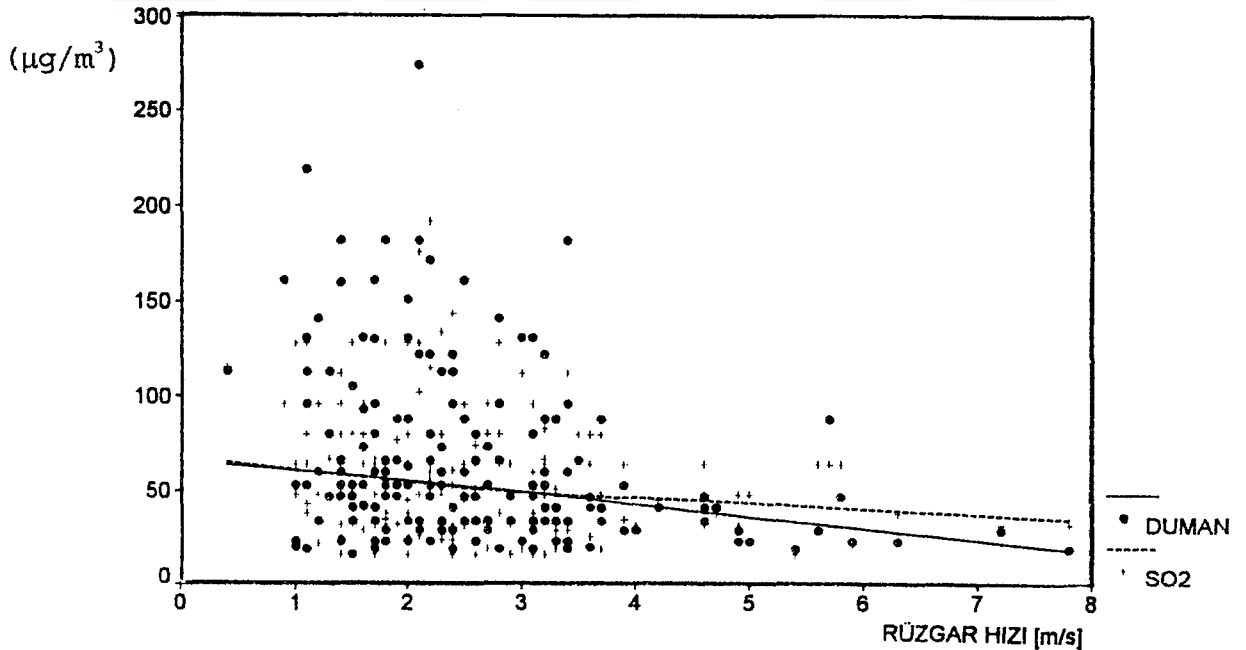
Tablo 4 ve Tablo 5' in incelenmesinden de görüleceği gibi SO₂ ile izafi nem arasında Aralık 1994, Nisan 1995, Aralık 1995 ve Ocak 1996 aylarında var olan ilişkilerin hepsi ters orantılıdır. Benzer şekilde partikül ile izafi nem oranı arasında Kasım 1994, Aralık 1994, Mart 1995, Nisan 1995, Aralık 1995 ve Ocak 1996 aylarında ters orantı mevcuttur. Bu

çalışmada incelenen dönemler içerisinde diğer aylarda kirleticiler ile izafi nem arasında herhangi bir ilişki yoktur. Genel olarak bakıldığında, nem oranı ile olan ilişki açısından partikül konsantrasyonunun SO_2 konsantrasyonuna göre biraz daha etkili olduğu görülmektedir. Bu durum her iki döneme ait genel regresyon sonucundan da anlaşılmaktadır.

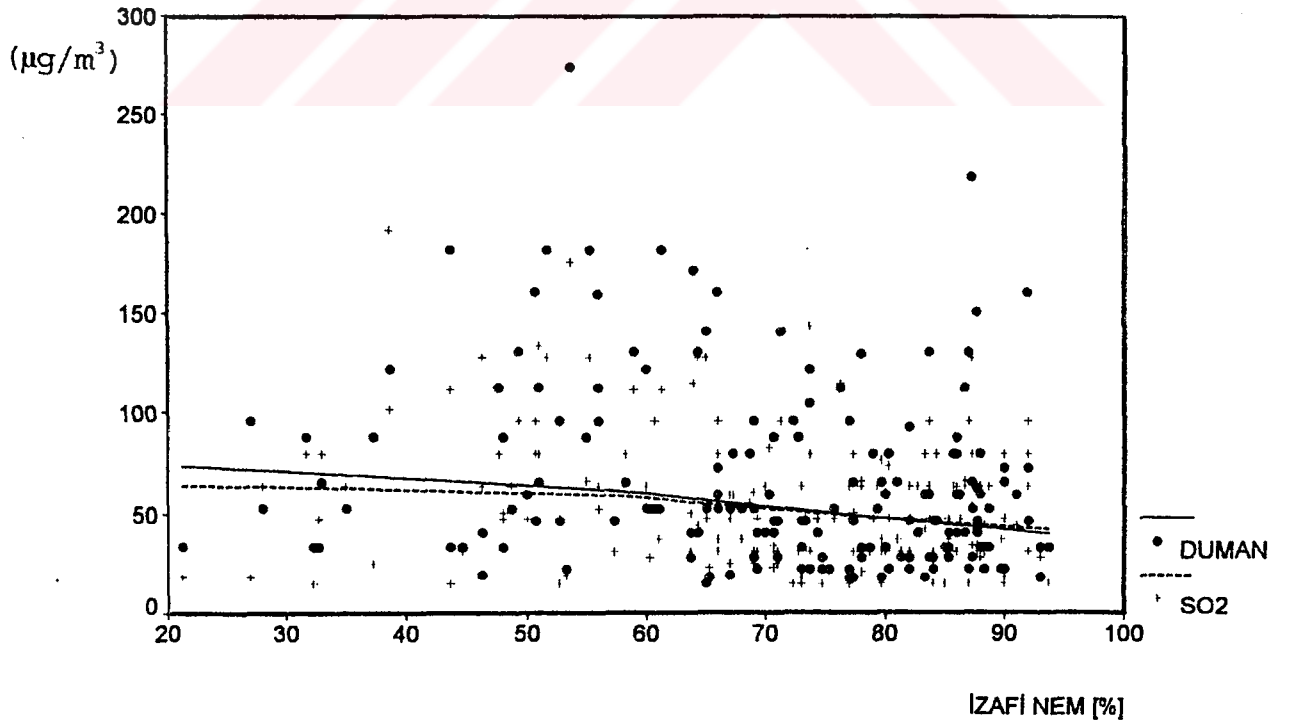
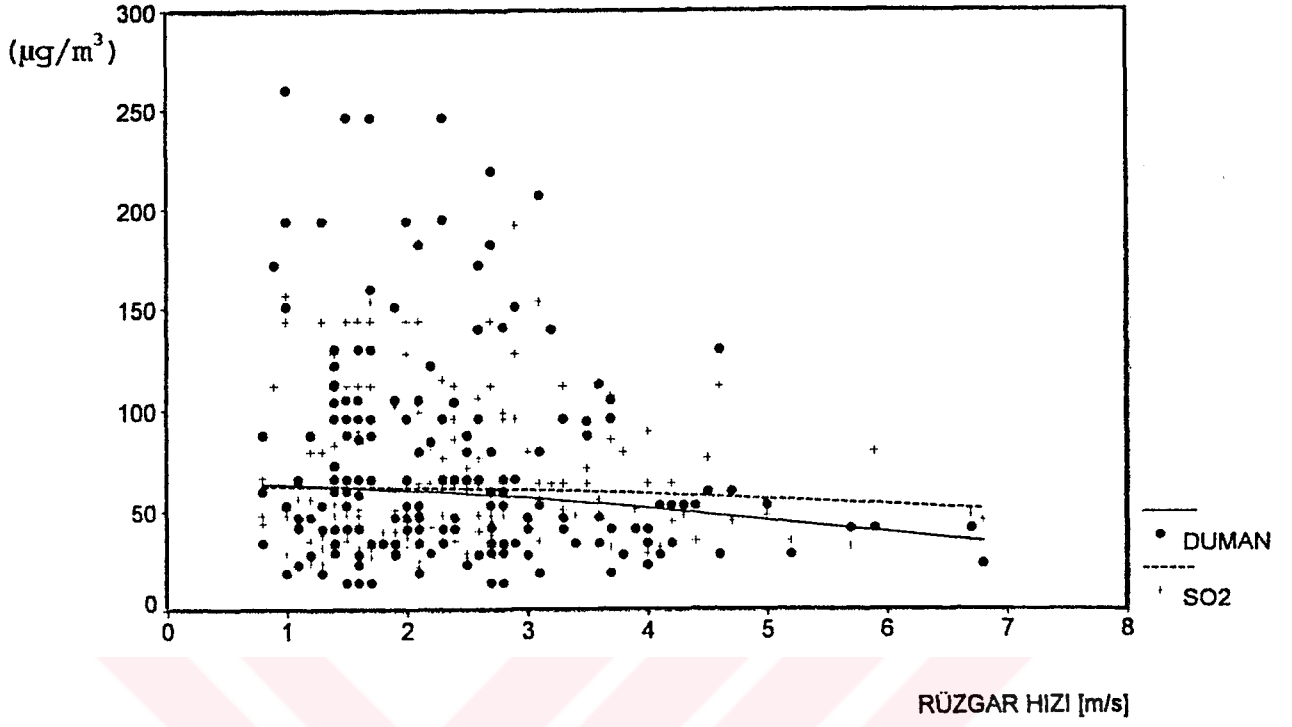
Şekil 9 ve Şekil 10' un incelenmesinden de görüleceği gibi; kirleticiler artan izafi nem oranı ile azalmaktadır. Bu azalma eğilimi özellikle nem oranının % 60 değerinden büyük değerlerinde artmaktadır. İki ayrı dönem kıyaslandığında 1995 - 1996 döneminde hava kirleticilerin izafi neme olan bağımlılığının daha fazla olduğu da görülmektedir.

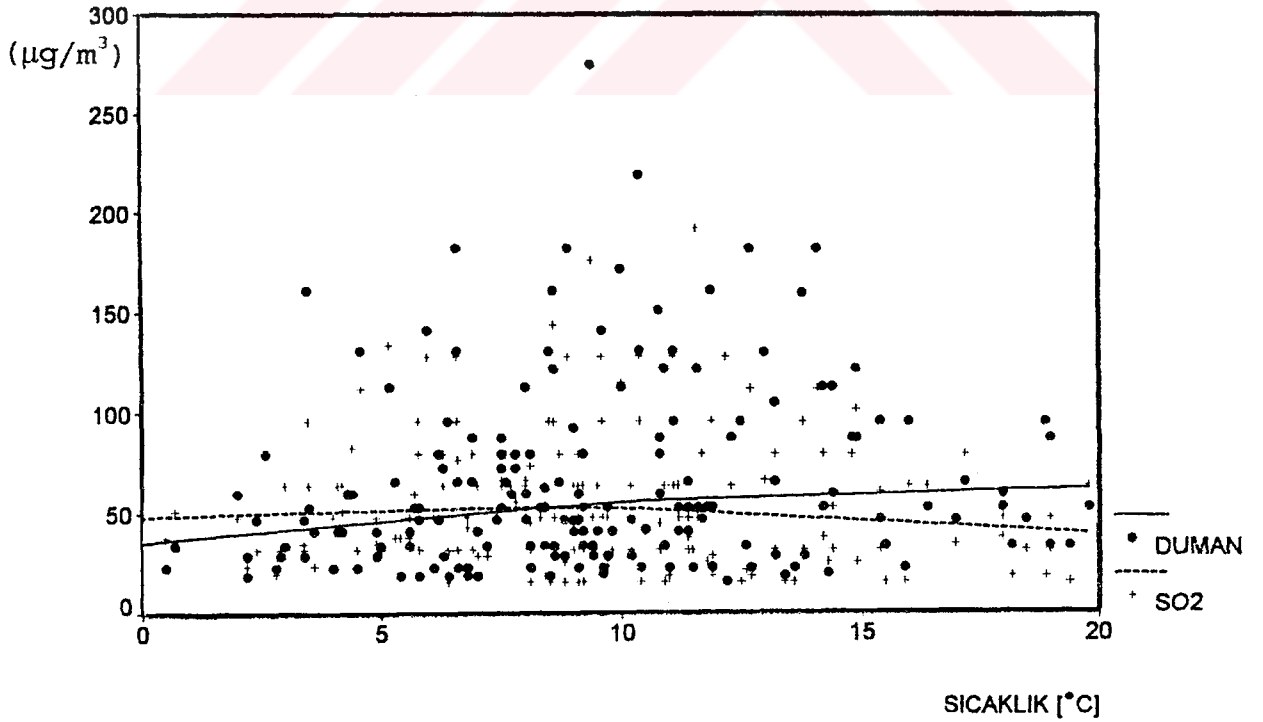
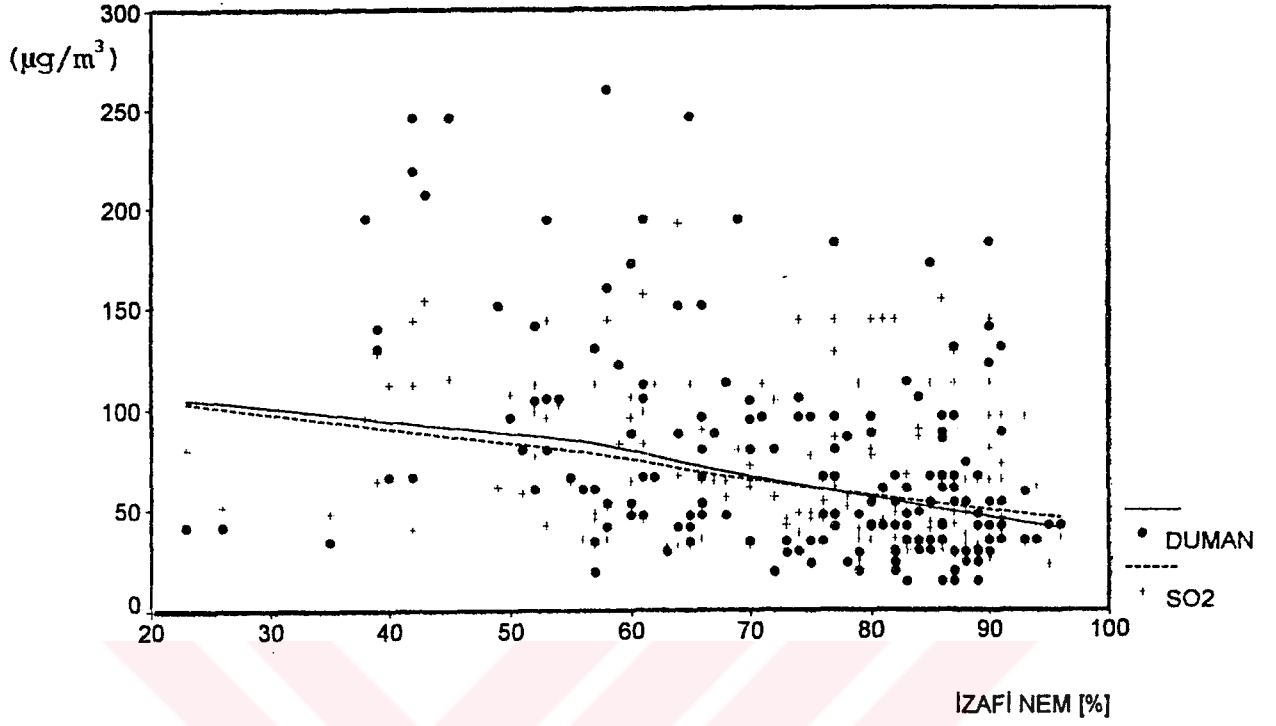
3.3. Sıcaklık Etkisi

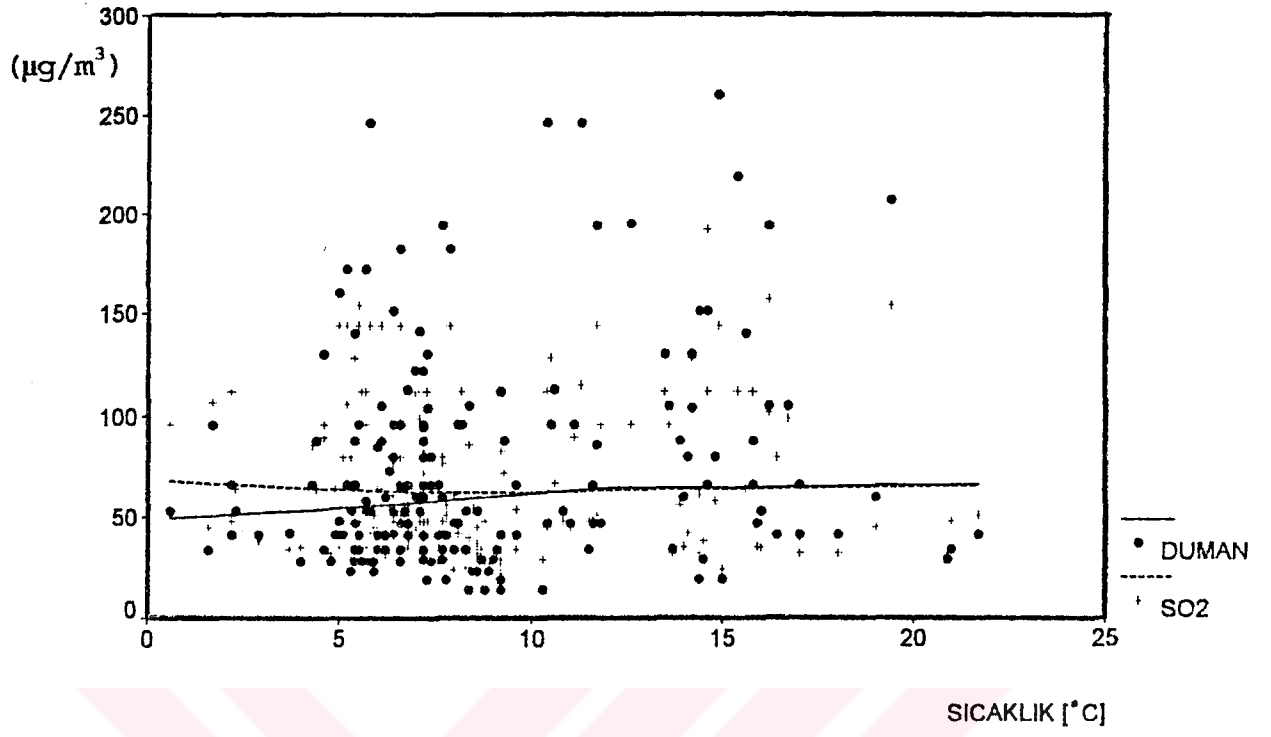
Bu çalışmada ele alınan meteorolojik faktörler içerisinde, kirleticileri en az etkileyen faktör sıcaklık olmuştur. Bu durum regresyon sonuçlarını gösteren Tablo 4 ve Tablo 5' ten de görülmektedir. SO_2 konsantrasyonu sadece Aralık 1994' de sıcaklık ile ilişkilidir. Partikül konsantrasyonu da Aralık 1994 ve Mart 1996' da ilişki vermiştir. Her iki döneme ait bütün dönem regresyon analizi sonuçlarından da görüldüğü gibi partikül konsantrasyonu ile sıcaklık arasında hiç bir ilişki elde edilememiştir. Hava kirleticiler ile sıcaklık arasındaki ilişkilerin zayıflığı Şekil 11 ve Şekil 12' den de görülmektedir.



Şekil 7. Birinci dönem (1994-1995) için rüzgar hızı ile kirliliğin değişimi.







Şekil 12. İkinci dönem (1995-1996) için sıcaklık ile kirliliğin değişimi.

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada incelenen dönemler için Trabzon kentinde meteorolojik faktörler ile yer seviyesindeki hava kirleticiler arasında kuvvetli ilişkiler yoktur. Bu durum; rüzgar hızı, izafi nem oranı ve sıcaklıktaki değişimin kent havasında bulunan SO₂ ve partikül konsantrasyonunu etkilemediğini ortaya koymaktadır.

Rüzgarın kirleticiler üzerinde çok fazla etkili olmayışı normal olmayan bir durumdur. Bu olayın nedenleri birçok şekilde açıklanabilir. Öncelikle rüzgar hızı genel olarak düşüktür. Bu nedenle çevre havasını temizlemesi beklenemez. Ancak rüzgar hızının fazla olduğu günlerde bile kirletici konsantrasyonların çok fazla düşmediği de gözlenmektedir. Bu durum tamamen kentteki yanlış yapılaşmadan kaynaklanmaktadır. Kentin sahili boyunca yüksek ve aralıksız yapılaşma hakim rüzgarları engellemektedir. Özellikle kenti bölen vadilerin denize açılan kısımlarında yoğunlaşan yapılaşma hava kirliliğini arttırmaktadır.

Çevre havasındaki izafi nem oranının etkisi fazla olmamakla birlikte, kısmen de olsa görülmektedir. Ancak bu etki genel olarak bilinenin tersine hava kirliliğini azaltıcı yöndedir. Bilindiği gibi nem oranının artması inversiyon olayına katkıda bulunduğu için hava kirliliğini arttırmaktadır. Trabzon kent merkezinde ise bu durumun tersi ortaya çıkmaktadır. Kaydedilmiş verilerden de görüleceği gibi nem oranının düşük olduğu günlerde hava sıcaklığı yüksek olmakta, nem oranının yüksek olduğu günlerde de hava sıcaklığı düşük olmaktadır. Hava sıcaklığının yüksek olduğu yani nem oranının düşük olduğu günlerde yakıt tüketiminin azalması ve dolayısıyla hava kirliliğinin azalması beklenir. Ancak Trabzon kent merkezinde bu yönde bir etkileşim söz konusu değildir. Bu durum, sıcaklığın hava kirleticiler üzerinde çok az etkili olmasından da anlaşılmaktadır.

5. SONUÇLAR

Bu çalışma sonuçları göstermektedir ki Trabzon kentinde hava kirliliğinin önlenmesi, kirlilik kaynaklarının kontrolü ile sağlanabilir. Bunun içerisinde, konutlarda kullanılan yakıtların cinsinden, yakma sistemlerine kadar olan çeşitli konularda alınacak önlemler girmektedir. Trabzon'da hava kirliliğinin azalmasında meteorolojik faktörlerin çok fazla katkısının olmaması nedeniyle konutlarda, partikül oranı ve SO₂ oranı düşük yakıt kullanımı teşvik edilmelidir.

Konutlardaki yakma sistemlerinin sıvı yakıtlı sistemler haline dönüşmesi, otomatik kontrollü uygulamalara olanak sağlayacağından dış hava sıcaklığındaki değişimlere göre daha ekonomik ve kontrollü yanma sağlanabilir. Böylece hava kirliliğinin azalması yanında enerji tasarrufu da sağlanmış olur.

Yeni yapılaşmaya açılacak bölgelerde kesinlikle rüzgar etkisi gözönüne alınmalı ve konutların ada ve parsel durumları buna göre düzenlenmelidir.

6. ÖNERİLER

Hava kirliliğinin azaltılması konusunda yetkili kılınan kurumların yetki ve sorumlulukları genişletilmelidir.

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, bütün olumlu yönlerine karşı yeterince kapsamlı değildir. Hava kirleticiler için olan uzun vadeli ve kısa vadeli sınır değerlerin daha kesin süreler ile tanımlanması gerekmektedir. Tesisler için daha geniş bir sınıflandırma yapılmalı ve emisyon ölçümlerinin yapılması standartlara bağlanmalıdır.

Türkiye'de üretilen 6 numara fuel- oil 'in kükürt oranının yüksek olması nedeniyle, yakılması sonucu ortaya çıkan SO₂ emisyon değeri de sınır değeri aşmaktadır. Bu nedenle 6 numara fuel-oil 'in üretimden kaldırılması veya iyi denetlenmek koşulu ile sadece filtre sistemine sahip büyük tesislerde yakılmasına izin verilmelidir.

Yerli üretim kömürlerimiz maalesef kükürt ve partikül oranı yüksek, ısıl değeri düşük kömürlerdir. Bu nedenle; bu tür yakıtların kullanımı için uygun olan akışkan yataklı yakma sistemlerinin yaygınlaştırılması teşvik edilmelidir. Kömürlerin kullanıma sunulmadan önce, bir ıslah ve yıkama işleminden geçmesi sağlanmalı ve bu konuda gerekirse yasal düzenlemeler yapılmalıdır. Kentlerin giriş yerlerine kömür ıslah tesislerinin kurulması teşvik edilmeli ve buralarda işlem görmeyen yakıtın kente girişi yasaklanmalıdır. Bu konuda özellikle tüketici bilinçlendirilmeli ve faturalı kömür alışverişi zorunlu hale getirilmelidir. Böylece kalitesiz yakıtın kaynağına kolayca ulaşmak olanaklı olacaktır.

Dış ülkelerden olan kaliteli yakıt ithali teşvik edilmelidir. Ancak bu konuda da denetimin sıkı bir şekilde yapılması gerekmektedir.

Enerji kullanımında, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma yolları araştırılmalıdır. Fosil yakıtlar yerine, çevre kirliliğine yol açmayan hidrolik enerji, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi gibi kaynakların kullanımı desteklenmeli ve bu konularda araştırmalar yapılmalıdır

Yeterli sayıda ve itinalı ölçümler yapılarak hava kirliliği haritaları hazırlanmalı, buna bağlı olarak da tedbirler alınmalıdır. Örneğin; kirliliğinin yoğun olduğu yerlerde ağaçlandırma yapılmalı, yapılaşmaya ve buralara girecek araç sayısı ve türüne kısıtlamalar getirilmelidir.

7. KAYNAKLAR

1. Karel, A. ve Topal, H., Yanmadan Kaynaklanan Hava Kirliliği ve Etkileri, Mühendis ve Makina, 35, 413 (1994) 26-32.
2. Çuhadaroğlu, B. ve Demirci, E., Meteorolojik Koşulların Hava Kirliliği Üzerindeki Etkileri, Tesisat Mühendisliği, 3, 23 (1995) 16-18.
3. Tırıs, M., Kalafatoğlu, E. ve Okutan, H., Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü, Marmara Araştırma Merkezi Kimya Mühendisliği Araştırma Bölümü, Kocaeli, 1993.
4. Ayvaz, Z., Meteoroloji ve Hava Kirliliği, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 14, 3 (1991) 30-34.
5. Kunduz, M., Sis Hava Kirliliğine Etkisi, Mühendis ve Makina, 32, 377 (1991) 10-12.
6. Chao, Z., Urban Climate and Air Pollution in Shanghai, Energy and Buildings, 15-16 (1991) 647-656.
7. Escourrou, G., Climate and Pollution in Paris, Energy and Buildings, 15-16 (1991) 673-676.
8. Miyazaki, T., ve Yamaoka, S., Meteorological Factors Causing High Dust Concentration, Energy and Buildings, 15-16 (1991) 691-698.
9. Trabassi, T., Fortezza, F., ve Vandinni, W., Wind Circulation and Air Pollutant Concentration in the Coastal City of Ravenna, Energy and Buildings, 15-16 (1991) 699-704.
10. Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü, 1986.
11. Incecik, S., Hava Kirliliği, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 1994.
12. Ortalama Ekstrem Sıcaklık ve Yağış Değerleri Bülteni, T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 1984.
13. TS 2360, Hava Kirliliği Ölçme Metodları. Kükürtdioksit Miktarı Tayini, 1976.
14. TS 2361, Hava Kirliliği Ölçme Metodları. Havada Süspansiyon Durumunda Bulunan Maddeler Miktarının Tayini, 1976.
15. Norusis, M.J., SPSS Base System User's Guide, SPSS Inc., New York, 1990.

8. EKLER

Ek Tablo 1. Kasım 1994 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.

Günler	Rüzgar	Nem	Sıcaklık	SO ₂	Partikül
1	2,60	70,70	17,00	35	47
2	1,90	57,30	18,50	32	47
3	2,60	74,70	15,90	16	23
4	3,10	79,70	13,40	16	19
5	5,40	77,00	8,50	16	19
6	2,80	79,70	5,40	38	19
7	1,50	67,00	9,70	48	53
8	3,10	67,30	10,80	60	80
9	3,20	60,00	10,90	64	122
10	1,40	56,00	13,80	96	160
11	2,40	69,00	15,40	61	96
12	2,50	48,00	19,00	48	88
13	1,10	77,00	16,00	64	96
14	7,20	82,00	13,20	32	29
15	4,90	83,70	9,40	48	29
16	1,60	87,70	10,50	41	42
17	2,50	91,00	10,80	45	60
18	2,20	75,70	11,60	48	53
19	1,50	73,70	13,20	80	105
20	5,70	86,00	12,30	64	88
21	1,40	88,30	11,50	32	23
22	3,30	87,70	9,80	32	41
23	3,40	86,00	7,70	61	60
24	1,50	73,30	8,00	48	47
25	2,30	65,00	8,30	48	53
26	4,20	64,30	9,00	45	41
27	3,90	87,30	4,90	35	29
28	3,40	78,70	5,00	32	34
29	3,30	63,70	4,20	51	41
30	4,60	52,70	6,20	48	47

Ek Tablo 2. Aralık 1994 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.

Günler	Rüzgar	Nem	Sıcaklık	SO ₂	Partikül
1	3,70	74,30	4,90	48	41
2	2,90	92,00	2,40	32	47
3	4,00	74,70	2,20	29	29
4	6,30	89,70	0,50	38	23
5	5,90	75,30	-0,60	22	23
6	3,10	48,00	0,70	51	34
7	2,30	51,00	5,20	134	113
8	3,80	65,00	6,00	128	141
9	2,20	67,00	5,70	60	53
10	2,30	66,00	6,30	80	73
11	2,80	58,30	6,90	80	66
12	1,90	79,70	6,60	77	66
13	2,40	73,70	8,60	144	122
14	1,40	83,30	9,10	80	60
15	3,40	43,70	14,10	112	182
16	4,70	85,30	5,60	38	41
17	1,70	86,30	2,00	48	60
18	1,80	79,30	3,50	64	53
19	2,30	80,00	4,30	61	60
20	3,20	70,30	4,40	83	60
21	3,00	59,00	4,60	112	131
22	2,10	51,70	8,90	128	182
23	2,20	64,00	10,00	115	172
24	2,30	85,30	9,40	32	34
25	2,60	80,30	8,10	74	80
26	2,10	53,70	9,40	176	274
27	1,40	61,30	12,70	112	182
28	2,10	38,70	14,90	102	122
29	1,40	88,70	9,20	64	53
30	2,00	87,70	8,40	64	63
31	2,00	64,30	11,10	128	131

Ek Tablo 3. Ocak 1995 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.

Günler	Rüzgar	Nem	Sıcaklık	SO ₂	Partikül
1	1,50	65,00	12,20	128	16
2	4,60	44,70	19,00	32	34
3	3,60	67,00	14,30	26	20
4	1,70	92,00	8,60	96	161
5	1,10	87,30	10,40	128	219
6	1,60	92,00	7,80	80	73
7	1,30	86,70	8,00	67	113
8	5,80	92,00	9,10	64	47
9	1,80	85,30	8,60	48	29
10	2,20	68,70	7,80	56	80
11	1,20	71,30	9,60	96	141
12	1,10	49,30	10,40	96	131
13	,90	66,00	11,90	96	161
14	2,00	87,70	10,80	80	151
15	2,00	90,00	9,10	16	23
16	7,80	79,70	6,40	32	19
17	1,80	69,30	4,50	32	23
18	1,80	87,70	3,40	35	47
19	3,30	70,70	3,60	24	41
20	4,00	63,70	2,90	32	29
21	2,40	65,30	2,20	24	19
22	3,40	53,30	2,80	20	23
23	2,50	50,70	3,50	96	161
24	1,80	55,30	6,60	128	182
25	3,60	46,30	9,50	64	41
26	3,20	55,00	7,50	67	88
27	1,00	46,30	9,60	128	20
28	1,00	48,70	11,20	64	53
29	5,60	78,00	6,30	64	29
30	3,10	87,00	6,60	96	131
31	1,60	83,70	8,50	96	131

Ek Tablo 4. Şubat 1995 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.

Günler	Rüzgar	Nem	Sıcaklık	SO ₂	Partikül
1	2,20	38,70	11,60	192	122
2	2,90	88,70	3,00	64	34
3	1,70	82,70	4,10	64	41
4	5,00	77,00	4,00	48	23
5	1,30	86,00	2,60	80	80
6	3,20	70,00	4,20	64	41
7	2,10	32,70	5,60	48	34
8	1,30	84,30	5,80	80	47
9	3,60	50,70	11,70	80	47
10	3,70	31,70	14,80	80	88
11	1,40	80,30	9,60	48	23
12	1,60	82,00	9,00	64	93
13	2,70	90,00	7,50	80	73
14	2,20	82,00	6,10	48	23
15	1,00	77,00	6,80	48	23
16	1,10	83,30	6,80	43	19
17	2,60	77,30	7,60	80	66
18	2,60	85,70	7,50	64	60
19	1,70	69,30	9,10	48	23
20	3,50	51,00	13,20	80	66
21	4,60	86,70	7,00	64	41
22	1,70	77,30	5,80	32	19
23	2,70	60,70	5,80	96	53
24	2,10	55,70	7,40	___*	___*
25	3,90	37,00	15,40	___*	___*
26	3,20	31,00	15,00	___*	___*
27	3,20	35,00	16,40	64	53
28	5,90	62,00	11,90	___*	___*

* : Ölçüm yapılmamıştır.

Ek Tablo 5. Mart 1995 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.

Günler	Rüzgar	Nem	Sıcaklık	SO ₂	Partikül
1	1,80	73,70	6,60	32	23
2	2,40	72,30	6,40	16	96
3	1,70	52,70	12,50	16	96
4	3,70	21,30	18,20	19	34
5	2,00	37,30	14,90	26	88
6	3,40	27,00	18,90	19	96
7	2,60	43,70	15,50	16	34
8	1,90	72,70	10,80	32	88
9	2,90	73,00	10,90	16	34
10	2,20	73,00	10,20	64	47
11	3,20	69,30	11,20	48	41
12	4,90	84,00	8,10	32	23
13	2,50	80,00	8,60	32	34
14	2,00	88,30	8,10	45	34
15	,40	76,30	10,00	115	113
16	2,20	87,30	8,70	80	66
17	2,60	77,30	7,40	51	47
18	1,80	83,70	7,70	64	60
19	1,90	87,30	8,40	54	53
20	1,10	47,70	14,20	80	113
21	3,90	28,00	19,80	64	53
22	2,40	81,30	10,20	32	29
23	1,50	93,70	8,10	16	34
24	2,50	88,00	8,00	64	60
25	3,30	70,70	6,90	32	88
26	1,90	60,00	7,50	54	53
27	1,60	60,30	11,90	29	53
28	3,50	33,00	17,20	80	66
29	3,20	32,30	19,40	16	34
30	2,70	93,00	8,40	19	34
31	1,80	66,00	14,40	32	60

Ek Tablo 6. Nisan 1995 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.

Günler	Rüzgar	Nem	Sıcaklık	SO ₂	Partikül
1	3,40	93,00	7,00	29	19
2	2,70	84,00	3,40	32	29
3	1,80	81,00	5,30	38	66
4	2,20	79,00	6,20	48	80
5	2,80	56,00	11,10	64	96
6	2,10	71,00	8,80	26	29
7	2,40	56,00	14,40	53	113
8	2,00	66,00	14,20	38	53
9	1,20	50,00	18,00	48	60
10	3,10	69,00	13,80	32	29
11	3,30	88,00	7,20	29	34
12	2,50	82,00	9,00	32	47
13	1,70	88,00	9,20	64	80
14	1,50	86,00	9,20	32	41
15	1,40	84,00	8,80	16	47
16	1,70	85,00	9,20	16	34
17	1,70	78,00	13,00	67	130
18	2,40	86,00	11,40	32	41
19	2,30	84,00	9,70	24	29
20	1,10	68,00	11,40	38	53
21	1,40	69,00	11,80	26	53
22	1,20	78,00	12,60	22	34
23	3,00	73,00	12,70	19	23
24	1,70	87,00	10,40	16	23
25	1,70	90,00	11,00	19	23
26	1,40	90,00	11,40	48	66
27	3,10	61,00	18,00	38	53
28	3,10	71,00	15,40	32	47
29	3,30	90,00	11,90	19	23
30	1,40	73,00	13,60	16	23

Ek Tablo 7. Kasım 1995 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.

Günler	Rüzgar	Nem	Sıcaklık	SO ₂	Partikül
1	2,70	70,00	13,70	32	34
2	2,70	74,00	14,50	38	29
3	2,00	65,00	18,00	32	41
4	3,30	26,00	21,70	51	41
5	2,80	35,00	21,00	48	34
6	4,70	57,00	19,00	45	60
7	5,70	64,00	17,00	32	41
8	5,00	87,00	10,80	48	53
9	2,20	82,00	7,70	42	29
10	4,10	85,00	5,80	54	53
11	3,50	70,00	7,20	72	95
12	3,90	58,00	7,80	51	41
13	3,00	76,00	10,40	45	47
14	2,00	77,00	10,50	128	96
15	1,60	53,00	13,60	96	105
16	1,00	61,00	16,20	157	194
17	0,80	64,00	15,80	67	88
18	2,60	42,00	17,00	40	66
19	4,40	58,00	16,00	35	53
20	1,40	86,00	9,60	34	41
21	2,00	87,00	11,60	65	66
22	2,50	91,00	9,30	72	88
23	2,60	80,00	6,40	77	96
24	3,30	76,00	5,40	64	47
25	4,50	52,00	7,70	77	60
26	2,10	72,00	7,40	104	80
27	3,60	68,00	6,80	56	113
28	3,10	66,00	7,40	64	80
29	2,20	59,00	7,20	83	122
30	1,90	63,00	10,00	___*	___*

Ek Tablo 8. Aralık 1995 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.

Günler	Rüzgar	Nem	Sıcaklık	SO ₂	Partikül
1	3,70	84,00	8,40	86	105
2	1,90	79,00	6,80	40	47
3	3,40	57,00	6,60	48	34
4	2,80	52,00	7,10	99	141
5	3,50	67,00	4,40	64	88
6	2,30	76,00	7,70	48	34
7	6,80	75,00	5,90	45	23
8	2,40	77,00	4,30	86	66
9	2,10	68,00	6,60	64	47
10	3,60	65,00	6,60	48	34
11	2,80	66,00	7,20	64	66
12	3,30	71,00	8,20	112	96
13	3,60	65,00	8,10	48	47
14	2,30	55,00	6,80	64	66
15	4,30	60,00	7,10	48	53
16	4,00	89,00	4,90	64	41
17	4,20	73,00	1,60	45	34
18	3,70	50,00	1,70	107	96
19	1,70	42,00	5,80	144	246
20	2,00	53,00	11,70	144	194
21	1,60	66,00	11,10	90	96
22	4,20	88,00	2,30	64	53
23	2,60	60,00	5,20	106	172
24	2,30	45,00	11,30	115	246
25	2,70	42,00	15,40	112	219
26	1,00	58,00	14,90	144	260
27	3,10	43,00	19,40	154	207
28	1,90	54,00	16,20	102	105
29	2,70	75,00	11,50	48	34
30	2,10	61,00	16,70	99	105
31	5,50	85,00	8,40	___*	___*

Ek Tablo 9. Ocak 1996 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.

Günler	Rüzgar	Nem	Sıcaklık	SO ₂	Partikül
1	2,10	77,00	7,90	144	182
2	2,60	39,00	15,60	64	140
3	2,10	53,00	14,10	42	80
4	1,90	49,00	14,40	61	151
5	2,10	95,00	9,20	22	41
6	2,10	90,00	8,30	25	53
7	2,50	86,00	7,60	29	66
8	1,20	89,00	8,00	24	47
9	1,40	87,00	8,10	42	96
10	1,50	75,00	7,20	48	96
11	2,00	74,00	6,60	48	96
12	1,50	82,00	6,70	51	53
13	2,50	77,00	6,40	61	80
14	2,30	75,00	6,40	77	96
15	2,50	60,00	7,20	64	88
16	2,50	70,00	7,20	61	80
17	,80	81,00	7,00	44	60
18	3,70	86,00	6,20	32	41
19	4,00	89,00	5,30	29	23
20	1,70	86,00	6,20	32	34
21	4,10	89,00	4,80	32	28
22	5,20	79,00	4,00	35	28
23	1,30	91,00	2,90	38	41
24	2,70	80,00	3,70	34	42
25	3,10	66,00	5,70	35	53
26	1,00	66,00	6,40	51	151
27	1,30	69,00	7,70	80	194
28	1,40	61,00	9,20	83	112
29	1,50	89,00	7,40	64	66
30	1,50	90,00	7,60	35	41
31	1,30	83,00	7,20	32	41

Ek Tablo 10. Şubat 1996 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.

Günler	Rüzgar	Nem	Sıcaklık	SO ₂	Partikül
1	6,70	77,00	2,20	48	41
2	2,80	60,00	,60	96	53
3	1,70	61,00	2,20	112	66
4	1,70	58,00	5,00	144	160
5	1,40	52,00	7,30	112	104
6	5,90	23,00	16,40	80	41
7	2,40	40,00	15,80	112	66
8	1,40	62,00	14,60	112	66
9	2,90	64,00	14,60	192	151
10	3,80	90,00	7,40	80	28
11	3,00	90,00	5,10	80	41
12	2,20	86,00	6,00	64	85
13	1,40	90,00	7,00	112	122
14	1,50	65,00	10,40	112	246
15	2,40	60,00	11,80	96	47
16	3,20	90,00	5,40	64	140
17	1,50	86,00	6,10	64	88
18	1,60	87,00	7,30	112	130
19	1,60	93,00	5,70	96	58
20	1,70	91,00	4,60	96	130
21	,90	85,00	5,70	112	172
22	2,30	38,00	12,60	96	195
23	1,40	39,00	14,20	128	130
24	4,60	57,00	13,50	112	130
25	2,70	90,00	6,60	144	182
26	1,10	86,00	6,60	64	66
27	1,20	90,00	6,60	80	28
28	4,60	79,00	5,60	112	28
29	1,30	80,00	5,50	144	41

Ek Tablo 11. Mart 1996 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.

Günler	Rüzgar	Nem	Sıcaklık	SO ₂	Partikül
1	1,70	82,00	5,20	144	66
2	4,00	84,00	4,60	90	34
3	1,50	74,00	6,10	144	105
4	2,90	90,00	4,60	96	34
5	1,70	86,00	5,50	154	96
6	2,90	87,00	5,40	128	66
7	1,60	81,00	5,00	144	41
8	1,30	77,00	5,50	144	41
9	1,30	80,00	5,30	80	53
10	1,90	82,00	5,90	51	28
11	2,60	88,00	5,40	48	28
12	2,10	84,00	5,00	35	48
13	3,00	73,00	5,80	42	28
14	2,40	82,00	6,00	35	41
15	2,10	83,00	5,40	32	34
16	1,60	87,00	5,40	48	28
17	,80	84,00	5,50	48	34
18	2,30	96,00	6,80	35	41
19	1,50	86,00	6,20	42	60
20	1,10	83,00	6,80	48	47
21	1,80	91,00	6,00	35	34
22	1,70	91,00	5,40	64	88
23	1,00	88,00	6,40	48	53
24	1,40	88,00	6,30	54	73
25	1,60	85,00	6,80	43	66
26	1,40	83,00	7,10	48	60
27	1,10	86,00	6,40	41	42
28	2,80	76,00	9,60	54	66
29	2,40	70,00	14,20	64	104
30	1,60	78,00	11,70	51	86
31	1,40	84,00	9,10	32	34

Ek Tablo 12. Nisan 1996 ayı için meteorolojik ve kirlilik verileri.

Günler	Rüzgar	Nem	Sıcaklık	SO ₂	Partikül
1	2,10	77,00	11,60	48	47
2	2,70	91,00	8,60	45	53
3	1,90	85,00	9,00	29	29
4	1,80	85,00	7,20	40	34
5	2,00	61,00	11,00	45	47
6	3,70	57,00	14,40	32	19
7	1,60	83,00	10,30	29	14
8	2,00	88,00	8,60	37	53
9	1,60	88,00	8,60	32	23
10	1,40	84,00	8,70	34	29
11	2,80	86,00	8,80	29	14
12	2,80	87,00	7,20	61	60
13	2,10	82,00	7,30	48	19
14	1,10	78,00	8,50	56	23
15	2,70	51,00	14,80	58	80
16	2,70	56,00	14,00	35	60
17	1,90	94,00	8,00	61	34
18	2,70	89,00	8,80	48	14
19	3,10	72,00	7,80	56	19
20	1,50	89,00	8,40	40	14
21	2,80	89,00	7,20	32	29
22	2,50	82,00	8,90	27	23
23	1,00	87,00	9,20	29	19
24	1,40	93,00	8,30	32	34
25	1,70	87,00	9,20	27	14
26	1,40	83,00	10,60	67	113
27	1,20	80,00	13,90	56	88
28	1,20	66,00	15,90	35	47
29	1,90	63,00	20,90	32	29
30	1,30	79,00	15,00	24	19

9. ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Kasım ADALI ; 1970 yılında Trabzon' da doğdu. İlk ve ortaokulu Trabzon'da bitirdikten sonra 1987 yılında Trabzon Lisesi' nden mezun oldu. Aynı yıl içinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başladı. 1992 yılında Makina Mühendisi ünvanı ile mezun oldu. 1993 yılı Şubat ayında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı' nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.

