

T.C.
HASAN KALYONCU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

VAR OLAN / YENİ PLANLANACAK KENTLERDE
HAVA KİRLİLİĞİNİ ÖNLEYECEK/ AZALTACAK YÖNTEM İÇİN VERİLERİN
TOPLANMASI / DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FUNDA KÖK

GAZİANTEP - 2018

T.C.
HASAN KALYONCU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

VAR OLAN / YENİ PLANLANACAK KENTLERDE
HAVA KİRLİLİĞİNİ ÖNLEYECEK/ AZALTACAK YÖNTEM İÇİN VERİLERİN
TOPLANMASI / DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN
FUNDA KÖK

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. AYŞE BALANLI

GAZİANTEP - 2018

T.C.
HASAN KALYONCU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
YÜKSEK LİSANS KABUL VE ONAY FORMU

Mimarlık Anabilim Dalı Mimarlık Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi **Funda KÖK** tarafından hazırlanan “**Var Olan Yeni Planlanacak Kentlerde Hava Kirliliğini Önleyecek, Azaltacak Yöntem İçin Verilen Toplanması Değerlendirilmesi**” başlıklı tez, 19/07/2018 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucu **başarılı** bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Görevi

Unvanı, Adı ve Soyadı

İmzası:

Kurumu/Üniversitesi

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ayşe BALANLI

Jüri Başkanı

Hasan Kalyoncu Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Görün ARUN

Hasan Kalyoncu Üniversitesi



Jüri Üyesi

Prof. Dr. Gülay Zorer GEDİK

Hasan Kalyoncu Üniversitesi



Bu tez Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Mehmet KARPUZCU
Enstitü Müdürü

TEZ ETİK VE BİLDİRİM SAYFASI

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum " **Var Olan / Yeni Planlanacak Kentlerde Hava Kirliliğini Önleyecek/ Azaltacak Yöntem İçin Verilerin Toplanması / Değerlendirilmesi** " başlıklı çalışmanın tarafımda, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve onurumla doğrularım. 18 / 07 / 2018



Funda KÖK

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, son yıllarda oluşan ve Dünyada giderek önemli düzeyde sorunlara neden olan hava kirliliğinin oluşumuna bağlı verilerin toplanması ve analizlerin yapılması için gerekli ön adımlar anlatılmaktadır. Yeteri kadar önemsenmeyen herhangi bir alana ait kirlilik verilerinin, planlama aşamasında göz önünde bulundurulması için hava kirlilik verileri ile planlama arasındaki ilişkiye dikkat çekmek, konuyla ilgili gerekli bilinçlendirmeyi sağlamak, tasarımcılara var olan ya da yeni üretilecek planlama alanlarında hava kirliliği riskine karşı nasıl bir yol izlenmesi gerektiği ile ilgili alanda yapılan çeşitli çalışmalar sonucunda elde edilen doğru veriler yardımıyla kentteki hava kirliliğini azaltacak bir modelin ilk adımı olan verilerin toplanması aşaması ile tasarımcıya yol gösterilmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın konusunun belirlenmesinde ve hazırlanma sürecinin her aşamasında değerli bilgilerini ve zamanını benden esirgemeyerek her fırsatta çalışmamla yakından ilgilenen, iki yıl boyunca hiç yorulmadan değerli bilgilerini bizlerle paylaşan ve eleştirileriyle bana yol gösteren, kullandığı her kelimenin hayatıma kattığı önemini asla unutmayacağım, bizleri çocuklarım diye seven, her sözünde ve sesinde anne şefkatini hissettiğim saygıdeğer danışman hocam; Prof. Dr. Ayşe BALANLI' ya, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen sevgili AİLEM' e, işimde ve eğitim hayatımda bana hep destek olan güler yüzünü ve samimiyetini benden esirgemeyen çok değerli İmar Daire Başkanım İrem ELBEYLİ' ye ve çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen, hayatımın her evresinde bana destek olan canım, biricik eşim Muammer KÖK' e sonsuz teşekkürlerimi sunar, bu çalışmanın tüm ilgililere yararlı olmasını dilerim.

Gaziantep, 2018

Funda KÖK

ÖZET

Canlıların çeşitli tüketim ve ekonomik etkinlikleri sonucu temiz havanın doğal bileşiminde bulunan ana maddelerin değişmesi, yapısına farklı maddelerin girmesi, havanın bileşimindeki maddelerin yapay yollarla eşik düzeyin üstüne çıkması ya da altına inmesi ile canlı ve cansız yaşama zarar verecek oranda bozulmasına hava kirliliği denilmektedir.

Canlılar seçme şansı olmadan var olan havayı solur. Solunan havanın kalitesiz olması canlı yaşamını ve sağlığını olumsuz etkilemektedir. Son zamanlarda fiziki ve sosyal etmenler sonucunda oluşan hava kirliliği Türkiye'de ve Dünya genelinde önemli bir sorun haline gelmiştir. Bunun çeşitli nedenleri olmakla birlikte en önemli nedeni hızla artan nüfusun beraberinde getirdiği hatalı ya da plansız kentleşmedir.

Bu nedenle bu çalışma ile kent planları tasarlanırken var olan kentler ve yeni planlanacak alanlarda kirli havanın tespiti için, alan ile ilgili verilerin toplanması, epidemik araştırmalar ile çeşitli hava kirliliği ölçüm teknikleri aracılığıyla kirletici türlerinin ve bu kirleticilerin sınır değerlerinin belirlenmesi, ayrıca kentsel hava kirliliğine etkisi olan iklimsel oluşumlar, yeryüzü nitelikleri ve yapma çevre gibi alansal verilerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda elde edilen doğru veriler yardımıyla kentteki hava kirliliğini azaltacak bir modelin ilk adımı oluşturularak tasarımcıya yol gösterilmesi amaçlanmıştır

Anahtar kelimeler: Hava kirliliği, kent planları, kirlilik verileri, hatalı kentleşme, çevre, topografya, iklim, kirleticiler.

ABSTRACT

The change of the main substances in the natural composition of the clean air, the penetration of different substances into the structure of the air, the deterioration of the materials of the air by artificial means above or below the threshold level that harm the living and non-living life due to various consumption and economic activities is called air pollution.

Living things breathe the air that exists without a choice. The poor quality of the breathing air affects the live life and health negatively. Recently, the air pollution has become a major problem in Turkey and throughout the world because of physical and social factors. The most important one of its various reasons is the erroneous or unplanned urbanization of the rapidly increasing population.

For this reason, In the design of city plans, the existing cities and new planned areas for the determination of polluted air, collection of data related to the area, epidemiological research and determination of polluting species and limit values of these pollutants through various air pollution measurement techniques, as well as climatic formations that have an effect on urban air pollution., it is aimed to guide the designer by creating a model that will reduce air pollution in the city with the help of accurate data obtained as a result of the evaluation of spatial data such as soil qualities and making environment.

Keywords: Air pollution, city plans, pollution data, faulty urbanization, environment, topography, climate, polluters.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

ÖNSÖZ.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLO LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
BİRİNCİ BÖLÜM	1
GİRİŞ	1
1.1. Problem Durumu	1
1.1.1. Problem Cümlesi	9
1.1.2. Alt Problemler	9
1.2. Araştırmanın Amacı	9
1.3. Araştırmanın Önemi	9
1.4. Varsayım	10
1.5. Sınırlılıklar	10
1.6. Tanımlar	11
İKİNCİ BÖLÜM	12
KENTSEL HAVA KİRLİLİĞİNİN ÇEŞİTLİ ÖLÇEKLERDE TANIMLANMASI	12
2.1. Kentsel Hava Kirliliğinin Genel Tanımı, Bileşenleri ve Hava Kirliliğinin Araştırılması	12
2.2. Kentsel Hava Kirliliğinin Algılanması ve Epidemik Araştırmalar	14
2.3. Kentsel İklim Haritalarının Hazırlanması	16
2.4. Hava Kirliliğinin ve Kirleticilerin Ölçümü	21
2.5. Kentsel Hava Kirleticileri	23
2.5.1. Gaz ve Buhar Türünde Kirleticiler	24
2.5.1.1. Kükürt oksit (SOX)	25
2.5.1.2. Karbon monoksit (CO)	27
2.5.1.3. Karbon dioksit (CO2)	29

2.5.1.4.	Azot oksit (NOX)	30
2.5.1.5.	Ozon (Troposferik - O3)	32
2.5.1.6.	Organik Maddeler ve Hidrokarbonlar	33
2.5.2.	Parçacık Türünde Kirleticiler	35
2.5.2.1.	İnce Parçacıklar (PM 2,5).....	36
2.5.2.2.	Kaba Parçacıklar (PM 10).....	37
2.6.	Kentsel Hava Kirliliğinin Kaynakları	40
2.6.1.	Doğal Kaynaklı Kirleticiler	41
2.6.2.	Yapay Kaynaklı Kirleticiler	41
2.6.2.1.	Isınma Kaynaklı Kirleticiler	42
2.6.2.2	Trafik Kaynaklı Kirleticiler	43
2.6.2.3	Endüstriyel Kaynaklı Kirleticiler	44
2.7.	Noktasal, Çizgisel, Alansal Nitelikte Kirlilikler ve Durağan ya da Devinimli Hava Kirleticileri	46
2.8.	Kirleticilerin Sınır Değerleri	47
2.9.	Kirleticiler ile İlgili Verilerin Değerlendirilmesi	49
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM		50
KENTSEL HAVA KİRLİLİĞİNE ETKİSİ OLAN ETMENLER.....		50
3.1.	Kentsel Hava Kirliliğini Etkileyen Yeryüzü Nitelikleri.....	51
3.1.1.	Bakı ve Eğim	51
3.1.2.	Yeşil ve Boş Alan	53
3.1.3.	Su Yüzeyi.....	56
3.1.4.	Terselme (İnversiyon)	57
3.2.	Kentsel Hava Kirliliğini Etkileyen İklimsel Oluşumlar.....	59
3.2.1.	Sıcaklık	59
3.2.2.	Basınç.....	62
3.2.3.	Bulutluluk	63
3.2.4.	Yağış	63
3.2.5.	Nem.....	64
3.2.6.	Hava Devinimi	67
3.2.6.1.	Hava Deviniminin Tanımı	67
3.2.6.2.	Hava Deviniminin Şiddeti, Hızı ve Bileşenleri.....	70

3.3. Kentsel Hava Kirliliğine Etkisi Olan Etmenlerin Değerlendirilmesi	74
3.4. Kentsel Hava Kirliliğine Etkisi Olan Yapma Çevre	74
3.4.1. Yapıların Boyutu, Biçimi ve Yapı Yüksekliği/Cadde Genişliği Oranı	75
3.4.2. Yapıların Yeri, Konumu ve Birbirleri Arasındaki Uzaklığı	85
3.4.3. Yerleşme ve Yapı Çevresinde Hava Akımları	89
3.4.4. Yapıların Isıtma/Soğutma Yükleri	91
3.4.5. Gökyüzü Görünürlülük Oranının Hava Kirliliğine Etkisi.....	93
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	94
VAR OLAN YA DA YENİ TASARLANACAK KENTLERDE HAVA KİRLİLİĞİNİ ÖNLEYECEK/AZALTACAK YÖNTEM İÇİN VERİLERİN TOPLANMASI /DEĞERLENDİRİLMESİ.....	94
BEŞİNCİ BÖLÜM	97
5.1. Sonuç	97
5.2. Öneriler	99
KAYNAKÇA	101

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No.
Tablo 1: Temiz Havada Bulunan Maddeler ve Oranları	13
Tablo 2: Kirletici Nitelikleri ve Etkileri	15
Tablo 3: Örnek Alma Probu Yerleştirme Esasları Özeti	22
Tablo 4: Kükürt Dioksit İçin Verilen Sınır Değerler, Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri	26
Tablo 5: Atmosferdeki Karbon Monoksit Kaynakları	28
Tablo 6: Karbon Monoksit İçin Verilen Sınır Değerler, Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri	29
Tablo 7: Azot Oksit ve Azot Dioksit İçin Verilen Limit Değerler, Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri	31
Tablo 8: Ozon İçin Verilen Limit Değerler, Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri	33
Tablo 9: Kurşun ve Benzen İçin Verilen Limit Değerler, Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri	34
Tablo 10: Kirleticilerin AB Sınır Değerleri ve Türkiye Sınır Değerleri	39
Tablo 11: Başlıca Kirletici Kaynakları	40
Tablo 12: Doğal Kaynaklı Kirleticilerden Atmosfere Salınan Yaklaşık Parçacık Yoğunlukları	41
Tablo 13: Türkiye’de Hava Kirlenmesine Neden Olan Temel Endüstriler ve Kirleticiler	45
Tablo 14: Kirleticilerin Uzun Vadeli (UVS) ve Kısa Vadeli (KVS) Sınır Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	48
Tablo 15: Avrupa Birliği ve Türkiye Hava Kalitesi Değerlendirme Sınır Değerleri	49
Tablo 16: Kirleticilerin, Doğal ya da Yapay Kirletici Kaynaklarına ve Kirletici Niteliklerine Göre Sınıflandırılması	50
Tablo 17: Kentsel Hava Kirliliğine Etkisi Olan Etmenler	74

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa No.
Şekil 1: Kentsel İklim Haritalarının İçeriği	17
Şekil 2: Kent İklimi Analiz Haritası –Komagabayashi, Japonya.....	18
Şekil 3: Kent İklimi Planlama Öneri Haritası – Komagabayashi, Japonya	19
Şekil 4: İklim Haritalarının Mezo ve Makro Ölçekleri	20
Şekil 5: Atmosferi Oluşturan Katmanlar.....	24
Şekil 6: Asit Yağmurlarının Oluşumu.....	27
Şekil 7: Kaba Parçacık Ölçümlerinin Sınırı ve Yıllık Ortalaması : (56 µg/m ³)	37
Şekil 8: Kaba Parçacık Ölçümlerinin Sınırı ve Yıllık Ortalaması: (40 µg/m ³)	38
Şekil 9: Kaba Parçacık Ölçümlerinin Sınırı ve Yıllık Ortalaması: (20 µg/m ³)	38
Şekil 10: 1961-1990 Ortalamalarından Farklara Göre Hesaplanan Küresel Yıllık Ortalama Yüzey Sıcaklığı Anomalilerinin 1860-1998 Dönemindeki Değişimleri.....	60
Şekil 11: Kentsel Hava Kirliliğinde Basınç Etkisi	62
Şekil 12: Hava Devinimi Temel Bileşenleri	68
Şekil 13: Türkiye ‘de Etkili Olan Hava Devinimi Yönleri	68
Şekil 14: Farklı Yüksekliklerde Kesintisiz Rüzgar Yüzdesi	70
Şekil 15: Alçak Basınç Merkezleri ve Yüksek Basınç Merkezleri	71
Şekil 16: Basınç Merkezlerinin Konumu	71
Şekil 17: Yapılar Çevresinde Oluşan Hava Akımları	76
Şekil 18: Dikdörtgen Yapı Çevresindeki Hava Akışı	77
Şekil 19 : Hava Deviniminin Yapılar Üzerinde Etkileri	77
Şekil 20 : Hava Deviniminin Basitleştirilmiş, İki Boyutlu Akış Şeması	78
Şekil 21: Köşeli Plan Formları Dairesel Plan Formlarına Nazaran Hava Devinimi Yüküne Karşı Daha Verimlidir.....	78
Şekil 22: Hava Devinimi Yönünde Yapıların Konumlandırılması.....	79
Şekil 23: Yapıların Şekli ve Tekil Yapılar Üzerinde Hava Devinimi Etkisi	80
Şekil 24: Mimari Kütle Stratejileri.....	81
Şekil 25: Hava Deviniminin Aşağı Akış Hızını Yavaşlatmak İçin Oluşturulan Kalkan	82
Şekil 26: Tasarım stratejileri / Düzenleyici önlemler.....	82
Şekil 27: Rüzgar Tüneli Simülasyonları	83
Şekil 28: Yapı Grubu Üzerinde Hava Devinimi Etkisi	84
Şekil 29: Yapıların Yatay ve Düşey Düzlemde Bir Araya Gelişinde Hava Devinimi Hızının Artırılması ve Öteleme Durumu.....	87

Şekil 30: Yapıların Konumu, Biçimlenişi ve Hız Ayarlaması	88
Şekil 31: Değişik Yerleşme Strüktürlerine Göre Hava Hareketi	88
Şekil 32: Yapı Formu ile Isı Kaybı Arasındaki İlişki.....	92
Şekil 33: Var Olan ya da Yeni Planlanacak Kentlerde Hava Kirliliğini Önleyecek ya da Azaltacak Yöntem İçin Verilerin Toplanması ya da Değerlendirilmesi Hakkında Uygulanabilecek Veri Modeli Önerisi	96



KISALTMALAR LİSTESİ

°C	:	Derece Santigrat
(UVS)	:	Uzun Vadeli Sınır Değerler
(KVS)	:	Kısa Vadeli Sınır Değerleri
km²	:	Kilometre kare
m.	:	Metre
No.	:	Numara
v.b.	:	Ve Benzeri
µg	:	Mikron (100 mikron = 1 milimetre'dir.)
PM	:	Parçacık Madde
PM 2.5	:	İnce Parçacık
PM10	:	Kaba Parçacık
H₂SO₄	:	Sülfürik asit
PAN	:	Peroksi asetil nitrat
PBN	:	Peroksi benzoil nitrat
UOB (VOC)	:	Uçucu Organik Bileşikler
SO₂	:	Kükürt dioksit
CO	:	Karbon monoksit
CO₂	:	Karbon dioksit
NO₂	:	Azot dioksit
O₃	:	Ozon
FPD	:	Alev fotometrik metodu
TCM	:	Tetrakloro merkürat metodu
EPA	:	ABD Çevre Koruma Ajansı
WHO	:	Dünya Sağlık Örgütü
AB	:	Avrupa Birliği
UCM	:	Kentsel İklim Haritaları

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1.1. Problem Durumu

Çevresel bir sorun olan hava kirliliği, havanın bileşiminde yer alan ana maddelerin değerlerindeki değişmelerin ya da yapısına farklı türden kirleticilerin girmesi sonucunda çevresel dengeye zarar verecek oranda canlı yaşamına ve çevre niteliğine zarar vermesi olarak tanımlanabilir[1, 2, 3, 4, 5,6].

Sosyal ve ekonomik nedenlerle kırsal kesimlerden kentlere göçün çoğalması ve hızlı kentleşme beraberinde, plansız yapılaşmayı getirmiştir. Bugün nüfus artışına bağlı, hızlı ve çarpık yapılaşma olarak tanımlanan yığılma ve yoğunlaşmalar ile ortaya çıkan plansız kentleşme, hava kirliliğinin en önemli sorunlarından birini oluşturmaktadır. Türkiye’de hava kirliliği özellikle 1950’lerden sonra bir halk sağlığı sorunu olmaya başlamıştır[2].

Hava kirliliği her ne kadar insan etmeni ile sosyal ve ekonomik etkinlikler sonucunda ortaya çıkan bir durum olsa da, coğrafi çevre koşullarının da hava kirliliği üzerine önemli etkileri bulunmaktadır. Kentler buldukları arazi konumları ve meteorolojik özellikleri ile hava kirliliğini doğrudan etkilemektedir [7]. Hava kirliliğine neden olan kirleticilerin oluşmasında, kentin arazi ve iklimsel koşullarından başka kentler planlanırken iklim haritalar ile kentte var olan kirleticilerin ve alansal verilerin dikkate alınmadan yanlış yapılanması sonucunda; plansız kentleşme ve endüstrileşme, yapılarda oluşan ısı kaybı, iklimsel olaylar, kent dokusunun çevresine ve doğal ortamına uygun olmaması, yeşil alanların az olması ve çöplerin yeterince zararsız hale getirilememesi kentteki baskın hava deviniminin kent içine alınmaması gibi nedenler yer almaktadır.

Ayrıca hızla artan nüfus ve bu nüfusun belirli noktalarda aşırı yığılması kirlenme olayını daha da etkili hale getirebilmekte bununla birlikte artan konut, daha çok yakıt ve daha çok kirlilik oluşturmaktadır. Ancak bir yerleşim merkezinin morfolojisi, arazinin yapısı, verimliliği, yeşil alanların genişliği olabilecek hava kirliliğini azaltır ya da engeller[8].

Türkiye’de hava kirliliğini birçok etmen etkilemekle birlikte, özellikle hızlı nüfus artışı beraberinde plansız ve bozuk alt yapıli kentleşme olgusunu getirmiştir. Yaş, eğitim düzeyi ve çevresel eşitlik gibi etkenlerin yanı sıra kent planlama disiplini kapsamında da sıkça ele alınan kentsel alanlarda kişi başına düşen yeşil alanların azlığı, her çeşit atık madde ve bacalardan çıkan kirleticilerin varlığı taşıt yoğunluğu ve kent merkezine yakın olma durumu, yapıların hava devinimine müsaade etmeyecek ve kirletici gazların yoğunlaşmasına neden

olacak şekilde düzensiz ve topografya ile uyumsuz konumlandırılması, dolayısıyla yapıların yeri, konumu, biçimi, birbirleri arasındaki mesafe önemli olmakla birlikte endüstri alanları için hatalı yer seçimi ve konumlandıkları yerlerin fiziki coğrafya koşulları (özellikle yeryüzü şekilleri ve iklim koşulları) gibi etkenler hava niteliğinin düşmesinde hızlandırıcı rol oynamaktadır.

Dünya genelinde birçok ülke, hava kirliliğinin neden olduğu olumsuzlukların azaltılabilmesi için çeşitli önlemler almakta ve hava niteliğini artırmak amacıyla; karbondioksit, parçacık madde ve kükürt dioksit gibi kirleticilerin atmosferdeki sınır değerlerinin üstüne çıkmasını engellemeye çalışmaktadır. Türkiye genelinde ise il ve bazı ilçe merkezlerindeki hava kirliliklerinin değerlerine ilişkin istatistikler yer almaktadır. Kentlerde hava kirliliği belirlenirken, tüm kirleticilerden yalnızca kükürt dioksit ve duman şeklindeki parçacık madde verilerine ulaşılabildiğinden, değerlendirmeler de yalnızca bu ölçütlere göre yapılmaktadır[9].

Son 20 yılda, atmosfere salınan insan kaynaklı karbon dioksit gazındaki artışın yaklaşık dörtte üçünün fosil yakıtların yanmasından, geri kalan dörtte birinin ise arazi kullanım türünün değiştirilmesi ve en önemlisi ormanların yok edilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir[10].

Kirleticiler arasında azot oksitlerin atmosferdeki kalıcılık süresi yaklaşık 1 gündür. Ancak azot dioksitin atmosferde çok daha uzun süreler kaldığı bilinmektedir [11]. Azot dioksit gazının atmosferdeki kalıcılık süresinin yüzyıldan fazla ve küresel iklim değişimindeki payının ise % 5 olduğu değerlendirilmektedir. Bu nedenle, küresel ısınmaya karşı alınacak en önemli ve doğru önlem, atmosfere salınan azot oksit kirletici düzeyinin de çeşitli önlemlerle azaltılması hava kirliliği çalışmaları açısından önemli ve yerinde bir karar olacaktır[10].

Hava kirliliğinin bazı illerde diğerlerine göre daha fazla olmasının ve kirliliğe neden olan bu kirleticilerin kentlerden uzaklaşma hızının belirlenmesinde;

- Hava devinimi, ısı, nem, basınç, terselme gibi meteorolojik koşullar,
- Denetimsiz gelişen endüstri,
- Ulaşım,
- Topografyanın durumu,
- Yönetimlerin gereken önemi göstermemesi ve
- Hatalı kentleşme sonucunda hava devininin önünün kesilmesi ile doğrudan ilişkisi vardır[8].

Hava kirliliği modellenmesi ve önceden yaklaşık olarak değerlendirilmesi yerel yönetimler için önem verilen bir durumdur. Özellikle hava niteliğinin düştüğü kış aylarında, meteorolojik koşullara bağlı olarak hava kirliliğinin önceden bilinmesi vaktinde önlem alınmasına ve hava kirliliğinin oluşturduğu olumsuz etkiyi en aza indirebilmek üzere önemli katkı sağlayacaktır. Hava niteliği dış ortam ölçümleri ile belirlenmesine karşın, ölçümlerin pahalı olması ve uzun zaman alması nedeni ile ölçüm nokta sayısı her zaman sınırlı kalmaktadır. Bu durumda önceden ölçülmüş uygun modeller kullanılarak hava niteliği bilgilerinin çalışma alanında daha yaygın olarak meydana çıkarılması ve hava kirliliği haritalamasının yapılması elverişli bir yol oluşturmaktadır. Buna göre var olan durumun belirlenmesi düzenli ölçüm ağları ile elde edilirken, aynı zamanda emisyon envanterleri kullanılarak çalıştırılan ve bu ölçüm sonuçları ile ayarlanan hava niteliği modellerine de gereksinim vardır. Bu sayede daha geniş düzeyde hava niteliği belirlenebileceği gibi geleceğe dönük hava niteliği çıktıları da yapılabilme imkânı oluşturacaktır [14].

Kirleticinin kaynaktan alıcıya ulaşım süresi ile atmosferdeki seyrelme oranı da sağlık üzerindeki etki açısından önemli bir etmendir. Araç sayısındaki hızlı artış ve bu artışın neden olduğu hava kirliliği özellikle de günün belli saatlerinde dayanılmaz bir hal almakta, kent merkezinde yol boyunca araçların park yapmalarına izin verilmesi trafikteki karmaşayı artırmakta bu durum hem hava kirliliğini hem de gürültü kirliliğini tırmandırmaktadır[7].

Daylan ve İncecik (2002), İstanbul'da 1990 yılı başlarında değişmeye başlayan kirletici yoğunluğuna bağlı olarak, kent bütününde oluşan hava kirliliği probleminin mekânsal boyutunu araştırmayı hedeflemişlerdir. Kent genelinde 1992-2000 yılları arasında yürütülen çalışmalar sonucunda, kentsel alanda hava kirliliğine neden olan kirleticilerden biri olan kükürt dioksit düzeyinin azaldığı; endüstriyel üretim yapılan alanlarda, yüksek yoğunluklu konutların yer aldığı ve ticari kullanımların yoğun olduğu alanlarda kirletici değerlerinin yüksek olduğu saptanmıştır. Buna göre, kentlerde artan nüfusun yanı sıra aynı zamanda arazi kullanım türünün de hava kirliliği üzerinde oldukça yüksek bir etkisi bulunduğu anlaşılmaktadır[15].

Kent merkezlerinde yer alan ve giderek artan yoğun nüfusun bulunması, yüksek yoğunluklu konuta ve ticari kullanımına ayrılmış alanların kent trafiğinin yoğun olduğu ana yollarda seçilmesi, imar planlarıyla belirlenmiş arazi kullanım kararlarının kirlilik düzeyini artırıcı doğrultuda olması, ulaşımda toplu taşıma sistemi yerine genel olarak otomobil kullanımının tercih edilmesi, alanda evsel ısınma ve endüstriyel üretim süreçlerinde fosil yakıtın kullanılıyor olması, kentin yerleşim alanı içerisinde yapılaşmış bulunan endüstriyel üretim yapan ve endüstriyel emisyonlardan kaynaklı kirletici gücü yüksek olan bu kuruluşların, öncelikle

büyük kentlerde yanlış yer seçimi ve denetimsiz yapılaşmalarının da etkisiyle kent merkezinde ya da kent merkezlerine yakın yerlerde konumlandırılmış olması, yerleşim yerlerine ait arazi koşulları gibi etmenlerin havadaki kirletici yoğunluklarını artıran nedenler arasında yer aldığı görülmüştür[32].

Benzer şekilde Yeni Delhi (Hindistan) kentinde Mart – Kasım 2002 tarihleri arasında kentteki var olan hava kirliliği ile kentin fiziksel yapısı arasında nasıl bir bağ olduğunun incelenmesi amacıyla bir çalışma yürütülmüş yapılan çalışma sonucunda mevsimsel koşulların, trafik kaynaklı kirliliğin ve arazi kullanım durumunun hava kirliliğini artıran temel etmenler olduğu düşünülmüştür [16].

Türkiye’de hava kirliliği özellikle 1950’lerden sonra bir sağlık sorunu olarak ortaya çıkmıştır. Avrupa’da ise 1948’de ABD’nin Pennsylvania eyaletinin küçük bir sanayi alanı olan Donora kasabasında dört gün süren sisten sonra 14.000 kişi hastalanmış, bu insanlardan 20’si ölmüştür[1]. Yine New York’ta 1963 yılında yaşanan benzer türden hava kirliliği üçyüz kişinin ölümüne neden olmuştur [17].Londra’da 1873 yıllarında, yoğun sisten ve bronşitten dolayı 268 kişi hatta 1911 yılında hava kirliliğinden dolayı günde 1150 kişinin öldüğü bilinmektedir[1]. 1940’lı yıllardan itibaren etkileri belirgin olarak hissedilmeye başlayan hava kirliliğinin neden olduğu çevresel etkileri yanında insan sağlığını ne büyüklükte etkileyebileceği, Aralık 1952’de dört gün içinde binlerce kişinin ölümüne neden olan ve Londra Episodu olarak tarihe geçen doğal afet ile görülmüştür [3]. Yine 1952-1954 yılları arasında İngiltere’de kirliliğin herhangi bir hava akımı ile kentten uzaklaştırılmaması nedeniyle insanlarda solunum zorluğuna yol açmış ve 4000 kişinin ölümüne neden olmuştur. Tüm bu ölümler nedeniyle 1956 yılında Temiz Hava Yasası yürürlüğe girmiş ve linyit kömürünün yakılması sınırlandırılmıştır. Bu sayede, Londra merkezinde, duman kirliliği yaklaşık %80 düzeyinde azaltılmış ve yere düşen güneş ışığı süresi %70 dolayında artırmıştır [17].

Benzer şekilde yapılan araştırmalara göre; Çin’de her yıl, 1,5 milyonun üzerinde insan hava kirliliğinin neden olduğu sağlık sorunları nedeniyle hayatını kaybetmektedir [18]. 1985 yılında Hindistan’ın Bhopal kentinde bir kimya tesisinden havaya karışan gazdan dolayı yaklaşık 4000 kişi ölmüş, 300 bin kişi ise zehirlenmiştir [19].

Bazı illerde istasyon sayısı birden fazla olmakla birlikte Türkiye’de 81 ilde de hava niteliği izleme istasyonu bulunmakta ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bu konular hakkında önemli çalışmalar yapmaktadır. Ancak bu istasyonların hepsinde yalnızca iki kirletici parametre ölçülmektedir. Örneğin, Düzce gibi hava kirliliğinin en yüksek değerlerde olduğu kentte bile yalnızca kaba parçacık (PM10) ve kükürt ölçülmektedir. Karbon monoksit, ozon,

kurşun, İnce parçacık madde , kadmiyum, arsenik gibi önemli kirleticiler ölçülmemektedir. Dolayısıyla bu tarz bir yaklaşım ile bu tür istasyonlardan alınan veriler yetersiz ve eksik kalmaktadır. Hatta bazı istasyonların buldukları konum nedeniyle kirlilik kaynağını belirleyebilecek konumda olmadıkları örneğin trafikten ya da kent merkezinden uzak alanlara istasyonların kurulmasından dolayı kentteki hava kirliliğine ilişkin kaynakları ve düzeyi doğru göstermediği bu nedenle kirlilik değerlerinin hatalı belirlendiği düşünülmektedir [20].

Hava kirliliği;

- Yönetimlerin gereken önemi göstermemesi;

Almanya, Avusturya, İsveç, Norveç, Amerika ve İngiltere gibi birçok AB ülkesi, insan sağlığı ve çevre üzerinde kabul edilemeyecek etkiler ve riskler yaratmayacak hava niteliğine ulaşmak amacı ile Kanunlar; uluslararası, ulusal ve bölgesel otoriteler ile resmi olmayan organizasyonların yanı sıra, hava kirliliğinden sorumlu sektörlerle işbirliği ve araştırmalar yaparak, hava niteliğine yönelik sınırları ve hedef değerleri belirleyerek ve emisyonları azaltarak hava kirliliğinin oluşturduğu olumsuzlukları azaltmayı hedeflemektedir.

Örneğin Öztan'a (2002) göre Stuttgart kenti, XVIII. yüzyılın ikinci yarısında hava kirliliği ve yeşil alan kaybı yönünden oldukça sorunlu yerleşmeler arasında görülmektedir [21]. Özellikle kent üzerinde biriken durgun kirli havanın düşük hızdaki hava devinimi tarafından itilememesinin yarattığı sorunlardan dolayı hava kirliliğinin önlenmesi ya da azaltılması amacıyla, "İklim Planlama" çalışmalarının yapılması zorunlu görülmüştür. Bugün Stuttgart'ın imarı, yılın çeşitli zamanlarında esen hava deviniminin yön ve hızına göre düzenlenmiş bir meteorolojik harita verilerine göre sürdürülmektedir. Yaklaşık 40 yıllık bir uygulamanın ardından, Stuttgart kentinde yapılan düzenlemeler sonucunda elde edilen yeşil alan ve imar düzeni ile hava kirliliği en düşük düzeye indirilmiş ve aynı zamanda kenti çevreleyen bir yeşil alan oluşturulmuştur [22].

Buna karşın Türkiye'de iklim haritalarının olmaması, kent planlamasında hava deviniminin göz önüne alınmaması, son yıllarda artan ölümlerin hava kirliliği ile bağlantı kurmaya yönelik araştırmaların yapılmaması, toplumun hava kirliliği ile ilgili bilinçlenmesine yönelik uygulamaların azlığı ve yerel yönetimlerin yaptırım eksikliği olarak görülmektedir.

- Kent planlamasında rol alan kişilerin uzmanlık alanı;

Yeni bir bölgenin planlanması aşamasında, plancının konuya yaklaşımındaki bilgi eksikliği hava kirliliğini artırıcı yönde yanlış tasarımların oluşmasına neden olacaktır. Dolayısıyla planlama disiplini ile denetlenebilen değişkenlerin kent planlaması aşamasında hava kirliliğini

en aza indirecek şekilde bir yaklaşım ile tasarlaması gerekecektir. Bu yüzden plançılarının hava deviniminin tasarım aşamasında ne şekilde ele alınması gerektiği konusunda bilgi sahibi olmaları gerekmekte ayrıca kirliliğin üst düzeyde olduğu var olan yerleşim alanlarında ise, bu konuda uzman kişilerden yardım alınarak sorunlara çözüm bulunması gerekmektedir.

Yapılan literatür taraması sonucunda;

- Özcan,N.S.(2016) ; “Kentsel Hava Kirliliğini Etkileyen ve Kent Planlama İle Kontrol Edilebilen Fiziksel Etmenlerin Mekânsal İstatistik Yöntemleri İle İncelenmesi” konulu çalışmada öncelikle hava kirliliğini tanımlamış ardından kentteki hava kirliliği düzeyinin kent planlaması disiplini ile denetlenebilen değişkenlerle açıklanması ve istatistiksel yöntemler kullanılarak modellenmesi amacı üzerinden İzmir’in Çiğli kentini ele alarak incelemiştir [32].
- Keser,N.(2002) ; “Kütahya'da Hava Kirliliğine Etki Eden Topografik ve Klimatik Etmenler” konulu çalışmada hava kirliliğinin engellenebilmesi için alınacak önlemlerin yeterliliği, meteorolojik parametrelerin yıl içindeki değerlerinin tam olarak saptanması ve yörenin topografik koşullarının iyi bilinmesiyle olanaklı olabileceğini vurgulamakta ve bunu Kütahya kenti üzerinden ele alarak incelemektedir[3].
- Öztan,Y.(1970) ; Araştırmada yer örtüsünün taşınması ve yok edilmesi, bataklıkların kurutulması, yapı kitleleri ve motorlu taşıt sayısının hızla artması artan konut sayısı nüfusun belirli noktalarda aşırı yığılması ile kent iklimi üzerinde önemli değişimler yarattığından söz etmekte “Ankara havasının kirlenme nedenleri ve alınması gereken yeşil alan önlemleri” üzerinden ele alarak incelemektedir[23].
- Parlak ,B. (2010) ;Hava kirliliğinde oluşan artışın insan sağlığının yanında kültürel miras olan tarihi yapıları da olumsuz yönde etkilediğinden söz etmekte olup kireç taşlarının bozulmasında etkili olan başlıca gazlardan olan karbon, kükürt ve nitrojen dioksit gazlarının “İstanbul’da bulunan Botter Apartmanının cephesine olan etkileri” üzerinden incelemektedir[24].
- Kum,G. ve Kılıç,S. (2013); ,“Kentleşmenin Sıcaklık Ve Yağış Parametreleri Üzerine Etkisi: Gaziantep Örneği” konulu çalışmada hızlanan kentleşme süreci, aynı zamanda kentlerin iklimi üzerinde de önemli değişimlere neden olduğu düşünülmekte başta sıcaklık olmak üzere çok sayıda iklim parametresini doğrudan etkilediği saptanmakta ve tüm bu veriler ışığında Gaziantep ele alınarak, kentleşmenin sıcaklık ve yağış parametreleri üzerine etkisi incelenmektedir [25].

- Sezen, I. (2002) ; “Erzurum Kenti Hava Kirliliği Sorununun Çözümünde Peyzaj Mimarlığı Açısından Alınması Gereken Önlemler ”konulu çalışmada Erzurum kentinin en önemli çevre sorunu olan hava kirliliği ve bu kirliliğini oluşturan etmenleri belirleyerek peyzaj mimarlığı açısından alınması gerekli önlemleri belirlemek amacı taşımakta bunun için hava kirliliği ölçüm istasyonlarından alınan son yıllardaki ölçüm değerlerinin ortalamalarını alarak kirlilik haritaları elde etmektedir [26].
- Darçın,P.,(2008) ; “Yapı İçi Hava Kirliliğinin Giderilmesinde Doğal Havalandırma İlkeleri” adlı çalışmada öncelikle hava kirliliğini tanımlamış ardından ,tasarımda göz önüne alınacak doğal havalandırma ilkeleri ile yapı içi hava kirliliğinin giderilebileceğini tasarımcının bu ilkeleri uygulaması durumunda kullanıcı sağlığı açısından olumlu, üretim, kullanım, maliyeti ve enerji tüketimi uygun bir düzeyde olan yapılar üretilebileceğinden söz etmektedir [27].
- Darçın, P. ve Balanlı, A. (2010) ; “ An Examination of Building Ventilation Methods in Terms of Environment and Natural Ventilation” konulu çalışmada hava akımının sıcak hava ile soğuk havanın yer değiştirmesi ile bu sayede doğru havalandırmanın sağlanabileceğini savunmaktadır. Bunun için, arazinin ve yerleşim birimlerinin güneşe maruz kalması, topografya, yapılar ile yeşil alan ilişkisi; yapıların biçimi, boyutu ve konumu, yapı grupları ve tüm bunlara yerleşim planlaması sırasında başvurulması gerektiğini, hava akımı ve yerleşimler arasında doğru bir ilişki kurularak bu sayede enerji tüketmeden ve çevre kirliliği oluşturmadan sağlık sorunlarının oluşumunun engellenebileceğinden söz etmektedir [28].
- Ok, V. (1997); “Sağlıklı Kentler İçin Pasif İklimlendirme ve Yapı Aerodinamiği ” konulu araştırmada hava devinimi etkisi hesaba katılmadan yapılan iklimsel performans değerlendirmesi gerçek koşulları yansıtmayacağından yetersiz kalacağını ve bugün aerodinamiğin sunduğu olanaklardan yararlanarak tasarım aşamasında daha gerçekçi benzetişimler yapılabilmekte olduğundan söz etmektedir [29].
- Uçar, A. (1997); “Şanlıurfa’da Hava Kirliliği ve Kontrolü” adlı çalışmada Şanlıurfa kentinde hava kirliliğini oluşturan etkenlerin, kirliliği azaltmada rol oynayan etkenlerden daha az etkili olmasından kaynaklandığını savunmakta ve bu kentteki hava kirliliği ve denetiminden söz etmektedir [1] .
- Balık,H. ve Yüksel,Ü.,D.(2014) ; Planlama eylem ve stratejilerinde kent iklimi verilerinden ne şekilde faydalanılabileceğini ortaya koymak için literatür taraması sonucunda belirlenen araçları tanımlamak amacı ile son senelerde Dünyanın farklı

kentlerinde hazırlanmaya başlayan kent iklim haritaları, kentsel termal konfor haritaları, kentsel hava kirliliği haritaları, kent iklim öğeleri model ve simülasyon haritaları olarak belirlenmesinden söz etmekte ve konuyu “Planlama sürecine iklim verilerinin entegrasyonu” üzerinden ele almaktadır [30].

- Yılmaz,T. ve Memluk.,Y.(2008); Kentlerin hava niteliğinin korunmasının kullanıcı sağlığı açısından yaşamsal önem taşıdığını vurgulamakta olan bu çalışma tüm bunlarla birlikte kentlerdeki hava devinimlerinin sürekliliğine ve dolayısı ile niteliğinin korunmasına vadiler yardımcı olduğunu savunmaktadır. Bu alanlarda doğal oluşumlu hava devinimi koridorları, kentin kirlenen havasının temizlenmesinde önemli rol oynamakta olduğunu düşünmekte ve “Vadilerde hava devinimi ve güneş hareketlerine bağlı planlama ve tasarım olanaklarını Ankara Büyükesat Vadisi örneği ”üzerinden ele almaktadır [22].
- Başaran,İ.(2007) ; Sağlıklı Kentler Kavramının Gelişiminde Sağlıklı Kentler Projesi’ni konu alan tüm Dünyada ve Türkiye’de kabul gören Dünya Sağlık Örgütü tarafından yürütülen Sağlıklı Kentler Projesi çalışmalarına dikkat çekmek amacı taşımakta olan bu çalışma ,kent ve sağlık kavramları ele alınıp; Sağlıklı Kent Kavramının ortaya çıkışı ve gelişimi anlatılarak sağlıklı kentler projesi hakkında bilgi vermekte ve sağlıklı kentler kavramının gelişiminde sağlıklı kentler projesi kapsamında Avrupa’dan Sandnes ve Türkiye’den Bursa deneyimleri anlatılmaktadır [31].

Sorunu belirlerken yapılan literatür araştırmasında, hava kirliliğinin sağlık açısından ne denli önemli olduğunu ve bu kirliliği en aza indirmek için alınacak önlemlerle birlikte kirlilik düzeyinin çeşitli disiplinler ile denetlenebileceğini inceleyen çok sayıda çalışma olduğu görülmüştür.

Bununla birlikte var olan kentler için alınabilecek önlemler ile çeşitli kent örnekleri üzerinden kirli havanın nasıl uzaklaştırılacağı gibi çözümü destekleyen çalışmalar ayrıntılarıyla verilmiştir. **Ancak kent planları tasarlanırken var olan kentler ve yeni planlanacak alanlarda kirli havanın saptanmasında, alan ile ilgili verilerin toplanması için, epidemik araştırmalar ile çeşitli ölçüm teknikleri aracılığıyla kirletici türlerinin ve sınır değerlerinin belirlenmesi, bununla birlikte alansal verilere ait kentsel hava kirliliğine iklimsel oluşumların, yeryüzü niteliklerinin ve yapma çevrenin etkisinin birlikte değerlendirilmesi sonucunda ortamdaki kirleticilerin saptanmasına dair ayrıntılı bir ön çalışma bulunmamaktadır.**

1.1.1. Problem Cümlesi

Var olan / yeni planlanacak kentlerde hava kirliliğini önleyecek / azaltacak bir yaklaşım için veri analizleri.

1.1.2. Alt Problemler

- Alan ile ilgili verilerin toplanması,
- Epidemik araştırmalar ile çeşitli ölçüm teknikleri aracılığıyla kirletici türlerinin belirlenmesi,
- Kirleticilerin sınır değerlerinin değerlendirilmesi,
- Alansal verilere ait kentsel hava kirliliğine iklimsel oluşumların ve yeryüzü niteliklerinin etkisinin değerlendirilmesi, alt problemleri oluşurmaktadır.

1.2. Araştırmanın Amacı

Kent planlama yaklaşımı ile denetlenebilen değişkenlerin etkileri, denetlenemeyen değişkenler gözetilerek (topografya, meteorolojik koşullar, vb.) ortaya konulabilir. Buna bağlı olarak, hava kirliliği değerlerinin, tüm canlılar için kabul edilebilir değerlere indirgenmesi ve kentsel alanda solunan havanın niteliğinin planlama kararları ile iyileştirilebileceğinin ve denetim altında tutulabileceğinin ortaya konulması gerekmektedir[32]. **Bu nedenle kentlerdeki hava niteliğinin korunması için, göz önünde bulundurulması gerekli verilerin tasarımcı tarafından anlaşılması ile birlikte uygulanması ve hava niteliğinin nasıl iyileştirileceği sorununun çözümine ilişkin ilk adımı oluşturarak, alan ile ilgili verilerin toplanması, bu çalışmanın amacını oluşurmaktadır.**

1.3. Araştırmanın Önemi

Hava kirliliğinin önlenmesi amacıyla kent planlarının oluşturulmasında yol gösterici olarak, planlı/plansız ya da yeni planlanacak olan alana ait, var olan kirlilik verilerinin saptanması ve bu saptamaların göz önüne alınarak yapılacak olan tasarımların;

- Kullanıcıların yaşamlarını,
- Canlıların sağlığını,
- Hava kalitesini,

- Kentlerin gelişmesini ve
- Ekonomiyi olumlu etkilemesi açısından Önemlidir.

1.4. Varsayım

Hava içerisindeki kirleticilerin dağıtılması ya da uzaklaştırılması ancak iyi bir kent planlaması ile olasıdır. Bundan dolayı tasarımcı, kentsel planlama çalışmalarında alana ait verileri iyi bilmeli ve kanun koyucuların doğru verilerin uygulanmasına yönelik gerekli hassasiyeti göstermeleri gerekmektedir. **Bu durumda doğru verilerden yola çıkılarak yapılacak olan planlama yaklaşımı ile, kentteki hava kirliliğini azaltacak bir modelin uygulanması için sorunun çözümüne ilişkin ilk adımı oluşturan, alan ile ilgili verilerin detaylı analiz edilmesi durumunda, kirleticilerin sınır değerlerin altında kalacağı varsayılmaktadır.**

1.5. Sınırlılıklar

Bu çalışma;

- Kentsel hava kirliliği ile,
- Sınır değerlerini aşarak hava kirliliğine neden olan kirleticiler,
- Doğru planlama ölçütleri,
- Var olan ya da yeni tasarlanacak kentler,
- Hava kirliliğini önleyecek/azaltacak yöntem,
- Verilerin toplanması /değerlendirilmesi,
- Epidemik araştırmalar ve kirleticilerin ölçümü,
- Kentsel iklim haritaları,
- Kirleticilerin sınır değerleri,
- Kentsel hava kirliliğinin kaynakları ,
- Noktasal, çizgisel, alansal nitelikte kirlilikler ve durağan ya da devinimli hava kirleticileri,
- Kentsel hava kirliliğini etkileyen yeryüzü nitelikleri, iklimsel oluşumlar ve yapma çevre ile,

Sınırlandırılmıştır.

1.6. Tanımlar

Hava Kalite İndeksi (HKİ),(Air Quality Index/AQI) : Belli bir bölgedeki hava kalitesinin belirlenebilmesi için ülkelerin kendi sınır değerlerine göre dönüştürdükleri ve kirlilik sınıflandırılmasının yapıldığı indeksin adıdır.

Parçacık (Partikül) Maddeler (PM) : Hava devinimi, deniz ve volkanlar gibi doğal kaynaklardan ya da doğada insanoğlunun neden olduğu etkenlerden dolayı ortaya çıkan ve atmosferdeki ağırlıkları nedeniyle hızla çökebilen büyük parçacıkların dışında, sıvı ya da katı taneciklerin gaz ortamında askıda durmasıyla oluşan toza denir.

Kentsel Hava Kirleticileri: Karbon monoksit , ozon , azot oksitler , kükürt dioksit , parçacık maddeler, kurşun, organik madde ve hidrokarbonlar gibi kentsel alanlarda, dış ortam havasında bulunan temel bileşenlerin genel adıdır.

Kentsel İklim Haritaları: Kent planlama sürecinde mekânsal kararlar verilirken kentsel ısı adası, hava devinimi alanı, havalandırma yapısı, ticari-sanayi arazi kullanımları, bina-yol yapılaşma oranları, ulaşımda kullanılan yakıt miktarı, tüketilen kent enerjisi, açığa çıkarılan kentsel atıklar, hava sıcaklığı, hava devinimi yönü-hızı, güneş radyasyonu gibi iklimsel etmenlerden faydalanmak için hazırlan verilerin birleştirildiği haritalardır.

Hava Kirliliği: Havanın bileşiminde yer alan ana maddelerin değerlerindeki değişmelerin ya da yapısına farklı türden kirleticilerin girmesi sonucunda çevresel dengeyi bozabilecek oranda canlı yaşamına ve çevre niteliğine zarar vermesi durumudur.

Parts Per Million (PPM): Milyonda bir parçacık/partikül demektir. (mg çözünen / kg ya da litre çözelti)

Aerodinamik çap: Parçacıklar genellikle düzensiz şekillere ve farklı yoğunluklara sahip olduğundan aerodinamik çap ifadesi kullanılır. Düzensiz biçime sahip havadaki taneciklerin, hava içinde aynı davranışları gösteren düzgün biçime sahip küresel taneciğin çapıyla tanımlanmasıdır.

Dispersiyon: Bir maddenin, başka bir madde içinde küçük parçacıklar halinde ve homojen olarak yayılması durumudur.

Stratus (Stratüs) Bulutu: Genellikle gri renkte ve düzgün bir görünümü olan bulutlardır. Bu bulutlar su damlalarından oluşur ve yer yüzeyine kadar alçaldıklarından dolayı sis olarak da isimlendirilir.

Aresol: Gaz halde bulunan herhangi bir kütle içerisinde asılı halde olan katı ve sıvı parçacıkların meydana getirmiş olduğu, ince karışımlara verilen isimdir.

Albedo: Bir cismin yüzeyine gelen ışığı yansıtma kapasitesine denir. En iyi yansıtıcıların albedosu “1”, ışığı tümüyle soğurup yansıtmayan cisimlerin albedosu ise “0” değerini alır.

Vejetasyon: Doğada her arazi parçası, çevrenin ekolojik koşullarına uyabilen bitki türlerinden oluşan, bir bitki örtüsü ile kaplanır. Bir arazi parçası üzerinde yetişen bütün bitkilerin oluşturduğu topluluğa verilen isimdir.

İKİNCİ BÖLÜM

KENTSEL HAVA KİRLİLİĞİNİN ÇEŞİTLİ ÖLÇEKLERDE TANIMLANMASI

2.1. Kentsel Hava Kirliliğinin Genel Tanımı, Bileşenleri ve Hava Kirliliğinin Araştırılması

Yerküreyi saran gaz kütlesi olarak tanımlanan atmosferin 150 km’lik hava katmanının sadece 5 km’si canlıların yaşamına elverişli bir ortam sunmaktadır. Havanın, canlı yaşamı için yaşamsal bir önemi bulunmaktadır. Bir insanın günde yaklaşık 2,5 lt su, 1,5 kg besin, 10 - 20 m³ havaya gereksinimi bulunmaktadır. Canlılar aç ve susuz günlerce yaşayabilir ancak solunum yapmadan ancak birkaç dakika hayatta kalabilir. Bu yüzden doğal bileşimdeki hava, tüm canlılar için zorunlu olan bir yaşam kaynağıdır[33].

İçerisinde farklı yapı ve özellikte çeşitli gazların bulunduğu havanın, bileşiminde olmayan ya da sınır değerlerin üzerinde olan gazlar ve parçacıklar, yapı içinde ve atmosferde kirletici olarak yer alır. Bu kirletici maddelerin artması sonucunda hava; insan sağlığına ve çevreye zarar vermeye başlar.

Dolayısıyla canlıların çeşitli tüketim ve ekonomik etkinlikleri sonucu temiz havanın doğal bileşiminde bulunan ana maddelerin değişmesi, yapısına farklı maddelerin girmesi, havanın bileşimindeki maddelerin yapay yollarla eşik düzeyin üstüne çıkması ya da altına inmesi ile canlı ve cansız yaşama zarar verecek oranda bozulmasına hava kirliliği denilmektedir.

Havada yer alan kirleticiler, insanlara ve çevreye zarar verebilen maddeler olarak bilinmektedir. Bu kirleticiler katı parçacıklar, sıvı damlacıklar ya da gaz halinde doğal ya da insan yapımı olarak atmosferde bulunmaktadır.

Havada bulunan gazlar üç gruba ayrılır. Bunlar havada **her zaman bulunan ve çoğunlukla düzeyleri değişmeyen gazlar** olan oksijen, azot, neon, helyum ve ksenon, **havada her zaman bulunan ve düzeyleri azalıp çoğalan gazlar** olan karbondioksit, su buharı, ozon ile

havada her zaman bulunmayan gazlar (kirleticiler) olarak da bilinen havanın doğal bileşimini değiştiren duman, gaz, buhar ve aerosol halindeki kimyasal maddelerdir.

Yaşamın vazgeçilmez ilke biri olan temiz hava; hem volkan patlaması, orman yangınları, deprem gibi doğal afetlerle, hem de canlıların çeşitli eylemleri sonucu kirlenmektedir [34]. Temiz havada bulunan maddeler ve oranları verilen tablo 1’de de görüldüğü gibi troposferdeki solunan havanın ortalama % 78 azot , % 21 oksijen , % 1’i argon, karbondioksit ve çoğu etkisiz olan az düzeyde diğer gazlardan oluşmaktadır [35].

Havadaki azotun oranı %78 gibi büyük bir düzeydir. Buna karşın solunum için ise azota gereksinim yoktur. Ancak doğal bir gübre olan azot gazı, havayı yumuşatır ve yoğunluğunu hafifletir [36].

Tablo 1. Temiz Havada Bulunan Maddeler ve Oranları [37].

GAZLAR	ORANLAR
Azot (N ₂)	% 78.10
Oksijen (O ₂)	% 20.90
Asal gazlar (Ar, Ks, Ne, He, Xe)	% 0.94
Karbondioksit (CO ₂)	% 0.03
Hidrojen (H ₂)	% 0.01
Karbonmonoksit (CO), Ozon (O ₃), Metan gazı (CH ₄)	çok az düzeyde

Atmosferde oluşan kimyasal olaylarda, organik maddelerin önemli etkisi bulunmaktadır. Çünkü organik maddeler, atmosferde ister tepkimeye girsin, ister girmesin kimyasal olayların çekirdeğini oluşturur[8]. Bu maddelerin havadaki oranları azot ve oksijen gibi durağan olmayıp zaman zaman ve mekân içinde değişmektedir. Havada yalnızca milyonda bir kısım düzeylerinde bulunan bu gibi katı, sıvı ya da gaz maddeler yerel koşullara bağlı olarak hava kirliliğine neden olur[14].

Atmosferde belli bir oksijen ve karbon sınırı bulunmaktadır. Bu sınır düzeyler, fotosentez ve yanma süreçleri ile kendi kendilerini kesintisiz bir biçimde yenilemekte, bu sayede dünyanın doğal dengesi korunmaktadır. Fotosentez olayı ile bitkiler, biyolojik yanma olayıyla ise canlılar

varlıklarını sürdürebilmekte olup, doğanın yenilenmesi için bu iki sürecin karşılıklı etkileşimi gerekmektedir[38].

2.2. Kentsel Hava Kirliliğinin Algılanması ve Epidemik Araştırmalar

Epidemiyolojik çalışmalar ve hava kalitesini izleme verileri, Türkiye'deki hava kirliliğine neden olan kirleticilerin (SO₂, NO₂, CO, CO₂, PM_{2.5} ve PM₁₀) özellikle kış aylarında, sınır düzeylerin üzerinde olduğu göstermektedir [39]. Hava kirliliğinin canlı sağlığı üzerindeki etkilerinin incelenme tarihçesi 1910'lu yıllara kadar dayanmaktadır. İlk kez bu dönemde karbondioksit, duman ve diğer kirleticilerin kentin hava kalitesini bozduğu ve insanlarda sağlık sorunlarına yol açtığı belirlenmiştir [1]. Türkiye'de ise hava kirliliği özellikle 1950'lerden sonra bir sağlık sorunu olarak ortaya çıkmıştır [39].

Dünya Sağlık Örgütü'nün 2012 yılındaki verilerine göre, dış ortam hava kirliliği her yıl 3,7 milyon insanın ölümüne neden olduğu ve bu ölümlerin % 90'lık kısmının gelişmekte olan ülkelerde görüldüğü kaydedilmiştir [8]. Hava kirliliği solunum yoluyla insanlara zarar vermekle birlikte en çok yaşlıları ve çocukları etkilemekte olup her yıl tahminen üç milyondan fazla kişi hava kirliliği nedeniyle hayatını kaybetmektedir. Ayrıca son yıllarda yapılan araştırmalarda hava kirliliğinin, günümüzün en önemli hastalığı olan stresin de başlıca kaynaklarından biri olduğu bununla birlikte havadaki bazı parçacıkların aşırı kiloluluk (obezite) , diyabet ve kalp hastalıklarına da neden olduğu belirlenmiştir [40]. Örneğin Ontario'da 62 bin kişinin 14 yıl boyunca incelenen sağlık raporlarına göre, bir metre küp havadaki kirleticilerin her 10 mikrogramının diyabet riskini % 11 artırdığı belirlenmiştir [41].

Tüm bu nedenlerle kentlerde hava kirliliği düzeyinin yüksek olması insan sağlığı üzerinde önemli sorunlar oluşturmakta olup genellikle hava kirliliği insanlarda; kronik rahatsızlıklar, solunum problemleri, dolaşım sorunları, akciğerde kalıcı zararlar, solunum fonksiyon kaybına, solunum yolu hastalıklarına, astım ve KOAH gelişimine, akciğer kanserine, fiziksel kapasitenin azalması vb. rahatsızlıkların yanı sıra bazen ölümle sonuçlanan hastalıklara neden olabilmektedir[30]. Ayrıca var olan hava kirliliği, gözyaşının düzeyini azaltarak niteliğini değiştirmekte olup gözlerde batma, yanma gereksiz göz kırpma gibi şikâyetlerde artışa neden olmaktadır [26].

Aslında önceleri sağlığa asıl zararlı olan kirleticilerin genellikle kükürt dioksit gazı ve ince toz tanecikleri olduğu düşünülürken, son yıllarda nitrojen oksitlerin, karbonik asitlerin, lif formlu ince tozların (asbest), florun, ağır metallerin (kurşun, kadmiyum) gibi bazı bileşiklerin de sağlığa aynı ölçüde zararlı oldukları düşüncesine varılmıştır [42]. Parçacık halindeki kirleticilerin ise, kökenleri ve boyutları çok farklı olup bu tür parçacıkların

akciğerlerin hava torbalarının bulunduğu bölgelerde birikerek insan sağlığına zarar verdiği bilinmektedir [9].

Türkiye'de hava kirliliği ölçümü yapılan tüm istasyonlardan alınan veriler sonucunda hazırlanan rapora göre, hava kirliliğine neden olan parçacık madde oranı, 81 ilin 50'sinde güvenilir düzeylerin çok üzerinde olduğu görülmüştür. Bu kirletici kaba parçacıklar diye bilinmekte olup Dünya Sağlık Örgütü tarafından net bir şekilde kanser yapıcı madde olarak sınıflandırılmaktadır [41].

Tablo 2. de gösterildiği gibi, kükürt dioksit suda erir ve nefes yoluyla üst solunum yollarına alınarak akciğerin işlevini azaltır[18]. Kükürt dioksit in insan vücudunda oluşturduğu ilk tepki solunum daralması şeklinde olurken, uzun süre etki altında kalınması durumunda solunum hastalıkları, akciğerlerin savunma mekanizmasında zayıflama ve var olan kalp rahatsızlıklarının kötüleşmesine neden olduğundan özellikle akciğer yetmezliği ve solunum sistemi hastaları olan kişiler için öldürücü olabilmektedir [3].

Tablo 2. Kirletici Nitelikleri ve Etkileri [43].

Kirletici	Ana Kaynağı	Etkisi
Kükürtdioksit (SO ₂)	Fosil yakıt yanması, Taşıt emisyonları	Solunum yolu hastalıkları, Asit yağmurları
Azotoksitler (NO _x)	Taşıt emisyonları, Yüksek sıcaklıkta yakma prosesleri	Göz ve solunum yolu hastalıkları, asit yağmurları
Partikül Madde (PM)	Sanayi, Taşıt emisyonları, Fosil yakıt yanması, tarım ve ikincil kimyasal reaksiyonlar	Kanser, kalp problemleri, solunum yolu hastalıkları, bebek ölüm oranlarında artış
Karbonmonoksit (CO)	Eksik yanma ürünü, taşıt emisyonları	Kandaki hemoglobin ile birleşerek oksijen taşıma kapasitesinde azalma, ölüm
Ozon (O ₃)	Trafikten kaynaklanan azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerin(VOC) güneş ışığıyla değişimi	Solunum sistemi problemleri, göz ve burunda iritasyon, astım, vücut direncinde azalma

Azot dioksitin insan sağlığı üzerindeki etkilerine bakıldığında, kirleticinin zararlı etkileri karbon monoksite benzemekte olup kısa süre etki altında kaldığında hava yolu duyarlılığına ve akciğer hasarına, uzun süre etki altında kaldığında ise bağışıklık sisteminde baskılara ve solunum yolu hastalıklarına yol açmaktadır [32].

Hava kirliliği, insan kromozomlarında bozulma ve tahribata yol açtığından dolayı kanser, kalp ve damar rahatsızlıkları, astımal bronşit, bronşit, çocuklarda raşitizm, akciğer

hastalıkları, kulak- burun- boğaz hastalıkları, ruhsal depresyon ve moral bozukluğu, saç renginde değişiklik, kirlenme uzun sürerse, yüksek kirlenmenin bulunduğu bölgelerde kalp ve damar rahatsızlıkları nedeniyle ölüm sıklığı beklenebilmektedir [26].

2.3 Kentsel İklim Haritalarının Hazırlanması

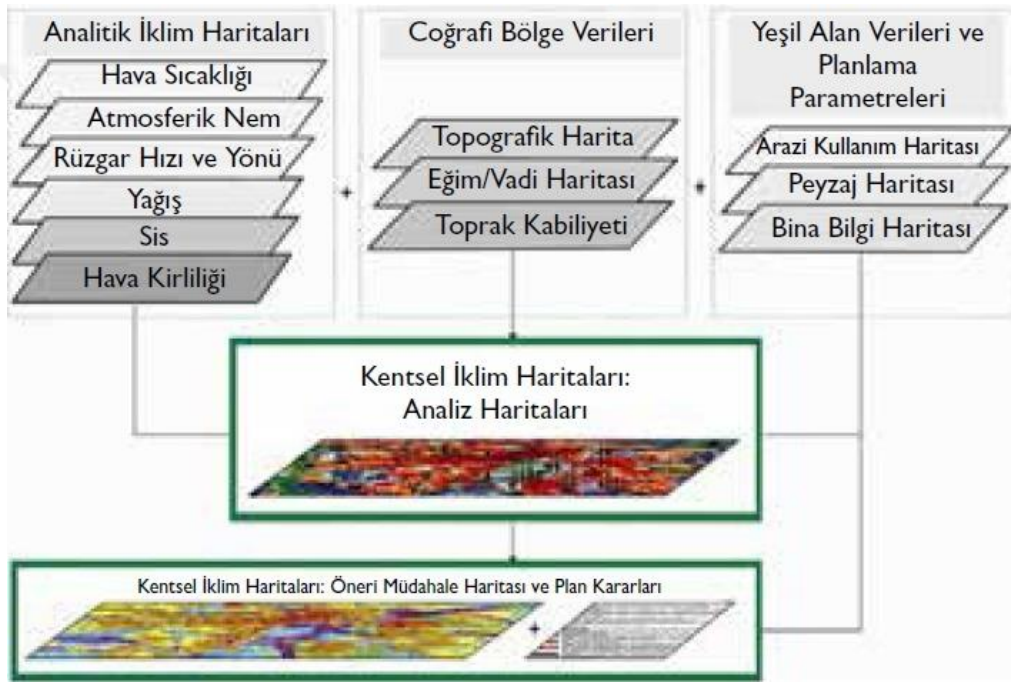
Kent planlama sürecinde plancuların gelecekle ilgili oluşturdukları gelişme düşünceleri içinde iklim verilerini tam anlamıyla kullanmaları için kent iklimi ile ilgili olarak yapılan model ve simülasyonların sonuçlarını planlama sürecine dahil etmeleri sonucunda yerel iklim özelliklerinin iyileştirilmesini, iklimin sağlık üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltmasını, kentsel yüzey karakterinin korumasını vb. eylemler için kullanışlı metotlar geliştirilmesini sağlamış olurlar. Bu nedenle plancuların kullanabileceği kent iklim öğeleriyle ilgili araçlar; kentsel hava kirliliği haritaları, kentsel termal konfor haritaları, kent iklim öğelerinin modelleme ve simülasyon haritaları ve kent iklim haritaları olarak belirlenmiştir.

Kent iklim haritaları hava sıcaklığı, hava devinimi yönü-hızı, güneş radyasyonu gibi iklimsel etmenlerden faydalanmak için hazırlan bu haritalar üzerinde kent topografyası, peyzajı, yapılar, ulaşım ile ilgili veriler birleştirilir. Aynı zamanda bu haritalar kent planlama sürecinde mekânsal kararlar verilirken kentsel ısı adası, hava devinimi alanı, havalandırma yapısı, ticari-sanayi arazi kullanımları, bina-yol yapılaşma oranları, ulaşımda kullanılan yakıt miktarı, tüketilen kent enerjisi, açığa çıkarılan kentsel atıklar gibi çalışma alanına ait karar vericilere bilgiler sunar.

İklim haritaları kentsel alan için bölgeleme imkanı vermekte olup bu bölgeleme sonucunda kent içindeki her bölge kendine has iklim özellikleriyle değerlendirilerek planlama aşamasında bölgeye özel planlama yöntemleri geliştirilmekte bu sayede en alt ölçeğe kadar kent ile ilgili tüm sorunlar kolaylıkla çözüme ulaştırılmaktadır [30]. Kent içi temiz hava koridoru oluşturmak, sokak konumlandırmaları, kentsel gelişime uygun ve sorunlu alanları belirlemek için kentsel iklim haritalardan faydalanılır. Bu tür verilerin önceden bilinmesi uygulamada tasarımcı ve planlamacılar için daha doğru ve uygun kararların alınmasına yardımcı olur[44]. Web of Science'da yer alan süreli yayınlardan incelenen yaklaşık 1000 makaleden 56 tanesinin yalnızca kent planlama, kent iklimi ile ilgili olması konunun ne denli önemli olduğunun bir çeşit ispatıdır[30].

Kentlerde ısı adalarının olumsuz etkisini azaltmanın en önemli iki etmeni hava akımının sağlanması ve bitkilendirme sistemi olması nedeniyle, kentlerdeki açık alan sistemlerinin iklimlendirme modelleri açısından kurgulanması önemli görülmektedir[45].

Şekil 1’de de görüldüğü gibi kentsel iklimin analiz ve değerlendirilmesine ilişkin yapılan çalışmalarda, başta kentsel iklim özellikleri, arazi kullanımları, su yüzeyleri ya da serin ormanlık ve sıcak alanlar arasındaki büyük sıcaklık farklarının bilinmesi, yeşil alanlar ve plan kararları özellikle de kentsel planlama çalışmalarında kent mikroklimasının var olan durumu hakkında bilgi edinmek ve kent iklimini iyileştirmeye yönelik olmak üzere birçok veri incelenerek mekânsal Kentsel İklim Haritaları (Urban Climatic Map, UC-Map) oluşturulmaktadır [46]. Bu nedenle var olan ya da yeni planlanacak kentlerde hava kirliliğini önleyecek ya da azaltacak bir yaklaşım için veri analizleri yapılırken mutlaka kentsel iklim haritalarından faydalanılmalıdır.



Şekil 1. Kentsel İklim Haritalarının İçeriği [47].

Bu haritalar hazırlanırken en fazla yararlanılan yöntemlerden biri coğrafi bilgi sistemleri (GIS) olmaktadır. GIS tabanlı iklim haritalarında bölgeler; hava devinimi, güneş, ışınım, sıcaklık, yağış gibi özelliklere göre sınıflamaları yapılmış ve böylelikle planlamayla ilgili iklimsel özellikler metin ve haritalarla sergilenmiştir [48]. Yapılan çalışmalarda özellikle Almanya'nın bir zamanlar hava kirliliği ile boğuşan Stuttgart kentinin, 200 farklı GIS tabanlı iklim haritası ile öne çıktığı görülmektedir [46]. Modeller ve CBS sayesinde hava kirliliği haritalarında kirletici maddelerle ilgili ara değerleri bulmak için geliştirilen yöntemler geniş-bölgesel ölçekte uygulanmaktadır. Bu haritalardan azot dioksit, asit yağmurları, ozon yoğunluğu, parçacık madde oranı vb. ilgili verilere ulaşılabilen olup bununla birlikte

olumsuz etkilerini değerlendirmekle birlikte alandaki homojen özellik gösteren birimleri gruplamakta ve farklı mekânsal özellikleri olan alanları sınıflandırmaktadır [46].

Diğer bir kentsel iklim haritası olan Planlama Öneri Haritası, Klimatologlar ile plancıların karşılıklı görüş alış-verişi sonucunda oluşturulan haritalar olup şekil 3'te de görüldüğü gibi bu haritalar ile yapılmış olan bölgeleme sonucunda her bir bölge için öneri geliştirilmektedir. Örneğin, hava devinimi dağılımına izin veren koridorlar, yeşil alan ve çatı bitkilendirme alanlarına ilişkin öneriler üretilir[50].

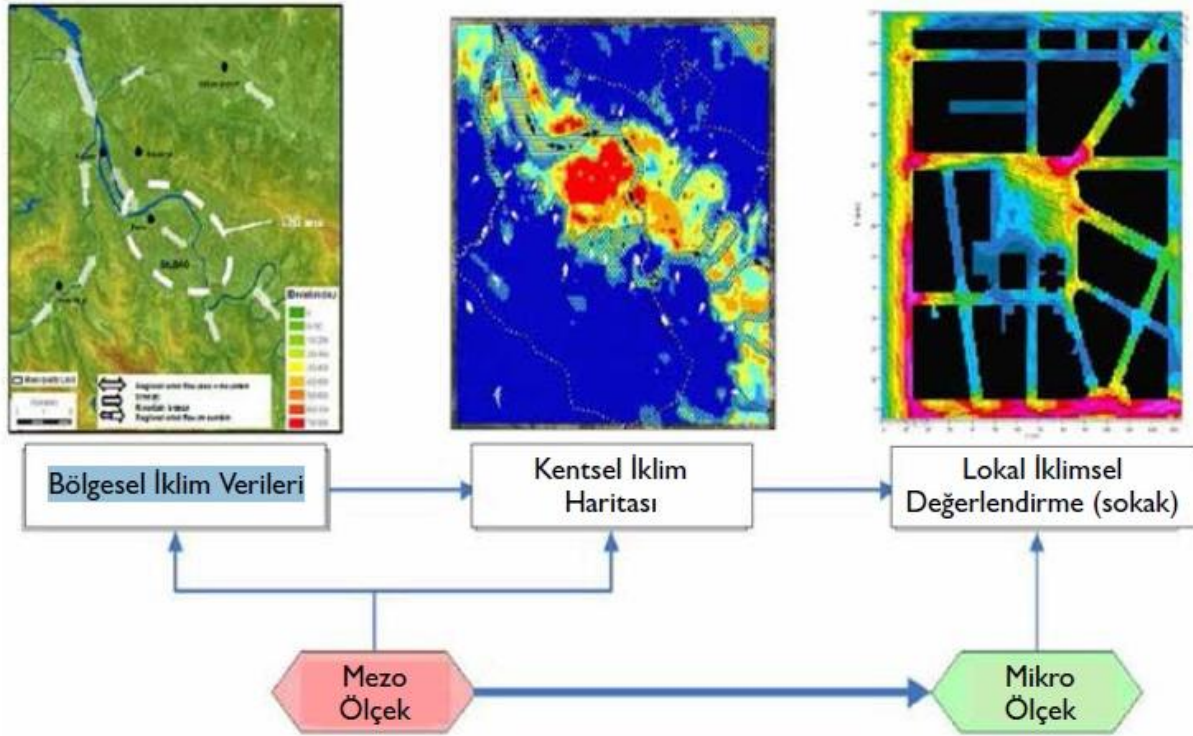


Şekil 3. Kent İklimi Planlama Öneri Haritası – Komagabayashi, Japonya [51].

Şekil 4'te de gösterildiği üzere yapılan kentsel iklim haritaları, bölgesel ve kentsel iklimsel verilerini kapsayan ara bir ölçek olan mezo ölçeklerden (mesoscale) mahalle ve sokakların iklimsel bilgilerini içeren mikro ölçeklere (microscale) kadar inmektedir[47].

İklim bilimciler, kent plancıları ve yerel yöneticiler arasında hiçbir etkileşimin olmadığı Türkiye'de, bu durumun değişmesi gerektiği Erzurum kenti örneğinde açıkça görülmektedir. Örneğin garip bir şekilde hiçbir planlama kademesinde Erzurum'un soğuk

iklim karakterine, ısınma süresi uzunluğuna, konut tipolojisine vurgu yapılmamış olması durumu, plan kararları üzerinde iklim verilerinin çok az bir etkiye sahip olmasından ve iklim konuları ile planlama arasında etkileşimin bulunmamasından kolaylıkla anlaşılabilir. Dolayısıyla Erzurum kentinin çeşitli bölgelerini gösteren kentsel iklim haritalarının üretilmesi öncelik verilmesi gerekli önemli bir durumdur. u sayede kente, hava kirliliği problemiyle ilgili gerçekçi bir yaklaşım geliştirilerek, kentsel dönüşümle ilgili ilk etabın nereden ve nasıl başlanacağına dair karar alma sürecini kolaylaştıracaktır [46].



Şekil 4. Kentsel İklim Haritalarının Mezo ve Makro Ölçekleri [52].

Yapılan genel araştırmalardan, özellikle iklim değişikliği konusunda farkındalığın olduğu ancak plan kararlarına bu durumun yansımadağı, iklim verilerinin ilkel düzeyde incelendiği, Türkiye’de dünya örneklerinde görülen kentsel termal konfor haritaları, hava kirliliği haritaları, iklim modelleme ve simülasyonları ile kentsel iklim harita ve atlasları gibi çalışmaların bulunmadığı, yapılmasına dair hedef ve stratejilerin geliştirilmediği bilinmektedir [53]. Oysa birçok Avrupa kentinde, genel olarak iklim üniteleri, hava devinimi, topoğrafya ve kirlilik kaynaklarını içeren bu iklim analiz haritaları ile kent planlaması yapılmaktadır[54].

Türkiye’de rant kaygısı siyasetin mekanizma olarak kullanıldığı belediyelerde de planlamanın önüne geçerek, doğru bir iklim ve kent planlama ilişkisinin kurulmasını ve yaşanabilir kentsel çevrelerin oluşumunu engellemekte olup hatta yaşanabilirliğin azaldığı,

kente yatırım çekmenin zorlaştığı ve göç sorunlarının yaşandığı kentlerde, yerele has iklime duyarlı planlama dinamiklerinin oluşması gerekirken, özellikle de büyük kentlerde yapılan dönüşüm projeleri, TOKİ inşaatları ve dolayısıyla tip proje uygulamaları, imar baskıları ve diğer kentlerden farksız hiçbir özgünlüğü olmayan sokak ve kaldırım düzenlemeleri kentlerin baskın gelişme biçimi olmuştur[46].

Kentleşme sürecinde planlama ve tasarım yoluyla iklim yapısında istenmeden de olsa değişimler oluşmakta olup kent iklimi hakkında bilgi ve bilinç eksikliği, plancılar ve klimatologlar arasındaki iletişimin noksanlığı, kent iklim bilgisinin planlama sürecine katılımını sağlayacak uygun araç-gereçlerin eksikliği gibi nedenlerden dolayı iklim bilgisi planlama sürecine etkin bir şekilde dahil edilememektedir [30].

Bunun gibi engel oluşturan başka bir konu ise iklim verilerinin kullanımı için gerekli personel, malzeme ve finans kaynağının sağlanması konusundaki yetersizlik olup asıl sorun iklimsel veriyi üreten ile kullanan arası ilişkinin zayıf olması ve verilerin ne işe yarayacağını bilinmiyor olmasıdır [46].

2.4. Hava Kirliliğinin ve Kirleticilerin Ölçümü

Kent içi yerleşim alanlarında hava kalitesi düzeyinin belirlenmesi için uzun süreli ve kapsamlı çalışmalar yapılmalı bununla birlikte kent dışından taşınan kirletici yoğunluklarının da belirlenmesi gereklidir. Kirletici türleri ise bölgedeki kaynak tiplerine göre değiştiğinden ölçüm değerleri, bölgenin hava kalite düzeyini belirleyici yer ve ölçüm ağı içinde diğer istasyonlardan elde edilen verilerle karşılaştırılıp kıyaslanabilir olması gerekir. Ölçümlerle, nokta (sanayi), alan (konutlar) ve mobil (taşıtlar) kaynaklarının her birinin ya da tamamının bölgenin, hava kalite düzeyi üzerine etkisi belirlenmelidir.

Bir bölgenin hava kalitesi belirlenirken; özellikle insanların, bitkilerin, ağaçların, hayvanların, taşıtların, yapıların ve malzemelerin hava kirliliği etkisi altında kalan yerler seçilmelidir. Ölçüm istasyonları 1 saat, 8 saat, 24 saat ve yıllık dönemler için yeterli sayıda veri (en az %50 oranında) üretebilmesi gerekmektedir.

Hava kalitesi ölçümünde, arazinin durumu ve iklimsel etmenlerin bölgenin hava kalitesi düzeyi üzerine etkileri de belirlenmeli ve bu hava kalitesi ölçüm istasyonu yeri, harita üzerine işlenmelidir. En önemlisi, ölçüm noktalarından elde edilen veriler, o bölgenin hava kalitesi düzeyini ve standardını doğru bir şekilde gösterebilmelidir.

Hava kalitesi için önemli bir diğer durum ise ölçüm yerlerinin belirlenmesidir. Eğer o bölgeyi tam anlamıyla temsil edecek bir yer belirlenmez ise, gerçek bir hava kalitesi çalışması

yapılmış olmaz. Kirletici yoğunluklarının bölgeyi temsil edici olabilmesi için hava kirliliği ölçüm cihazlarının girişleri; ev, apartman, sanayi ve taşıtların bacalarından çıkan kirleticilerden direk etkilenmemesi için mümkün olduğu kadar yapılardan ve ağaçlardan uzak yerlerde, park-bahçelerde, eğitim alanlarında ya da sağlık yapılarının bahçelerinde, trafik yoğunluğunun çok az ya da hiç olmadığı yerlerde, spor alanları, kent meydanları ve regresyon alanları gibi yerlerde olması gerekmektedir.

Tablo 3'te kirleticilerin yerden yüksekliğine, destekleyici yapıdan yatay ve dikey uzaklıklarına ve diğer mesafe esaslarına göre numune alma probu yerleştirme esasları özet tablosu verilmiştir.

Tablo 3. Örnek Alma Probu Yerleştirme Esasları Özeti [55].

Kirleticiler	Yerden Yükseklik, (metre) ^(a)	Destekleyici Yapıdan Uzaklık (metre)		Diğer Mesafe Kriteri ^(c)
		Dikey	Yatay ^(b)	
Partikül Madde (ana otoyol kenarlarının ve/veya zemin yüksekliğindeki kaynaklar)	2-7	-	>2	1,2,3,4,5
Partiküller	2-15	-	>2	1.2.3.4
SO ₂	2-15	>1	>1	1.2.3.4
CO (sokak / kanyon)	4± 1/2	>1	>1	6.7.8
CO (sokak dışı Kanyon/Koridor)	3-15	>1	>1	3
O ₃	3-15	>1	>1	1.2.3.9
NO ₂	3-15	>1	>1	1.2.3
Partikül kriterless kirleticiler	2-7 yer, 2-15 yüksek seviyedeki kaynaklar	-	>2	1.2.3.4
Gaz kriterless kirleticiler	3-15	>1	>1	1.2.3.4

^(a) Yer seviyesindeki kaynaklar için, monitörlerin / giriş problemleri nefes alma bölgesine mümkün olduğu kadar yakın yerleştirilmelidir.

^(b) Prob çatı üstüne yerleştirildiğinde, bu ayırma mesafesi çatı üstündeki duvarlar, garapeller veya çatı katı ile referans durumundadır.

^(c)

1. Yağış düşme hattından 20 metreden fazla ve ağaçlar engel teşkil ediyorsa yağış düşme hattından 10 metre mesafede olmalıdır.
2. Numune alma noktasının engellere, örneğin binalara uzaklığı, engelin numune alma noktasına yaptığı çıkıntının en az iki misli olmalıdır.
3. Kısıntıya sebep olmayacak hava akışı olmalı ve numune alma noktası çevresinde 270⁰ arc olmalıdır.
4. Baca veya yanma gazı olan yerler olmamalıdır.
5. Yollara 5-10 metre mesafede olmalıdır.
6. Kesişme noktalarından en az 10 metrede ve orta blok noktasında olmalıdır.
7. En yakın trafik şeridinde 4-10 metre uzakta olmalıdır.
8. Giriş probu çevresinde 180⁰ de kesintisiz hava akışı olmalıdır.
9. Yollara göre uzaklığı trafik yoğunluğu ile değişmektedir.

Hava kalitesi ölçüm cihazlarının numune alma girişleri, yüksek yapılarla çevrili (bina, ağaç, duvar gibi) hava hareketini kesen, durağan hava oluşumunu sağlayan yerlerden uzak konumlandırılması daha doğru bir çözüm olacaktır[55]. Ölçüm istasyonları bir saat, sekiz saat,

24 saat ve yıllık dönemler için uygun sayıda veri (en az %50 oranında) üretebilmelidir. Hava kalitesi ölçüm çalışmalarında, arazi biçimi ve iklimsel etmenlerin bölgenin hava kalitesi düzeyi üzerine etkileri de belirlenmelidir.

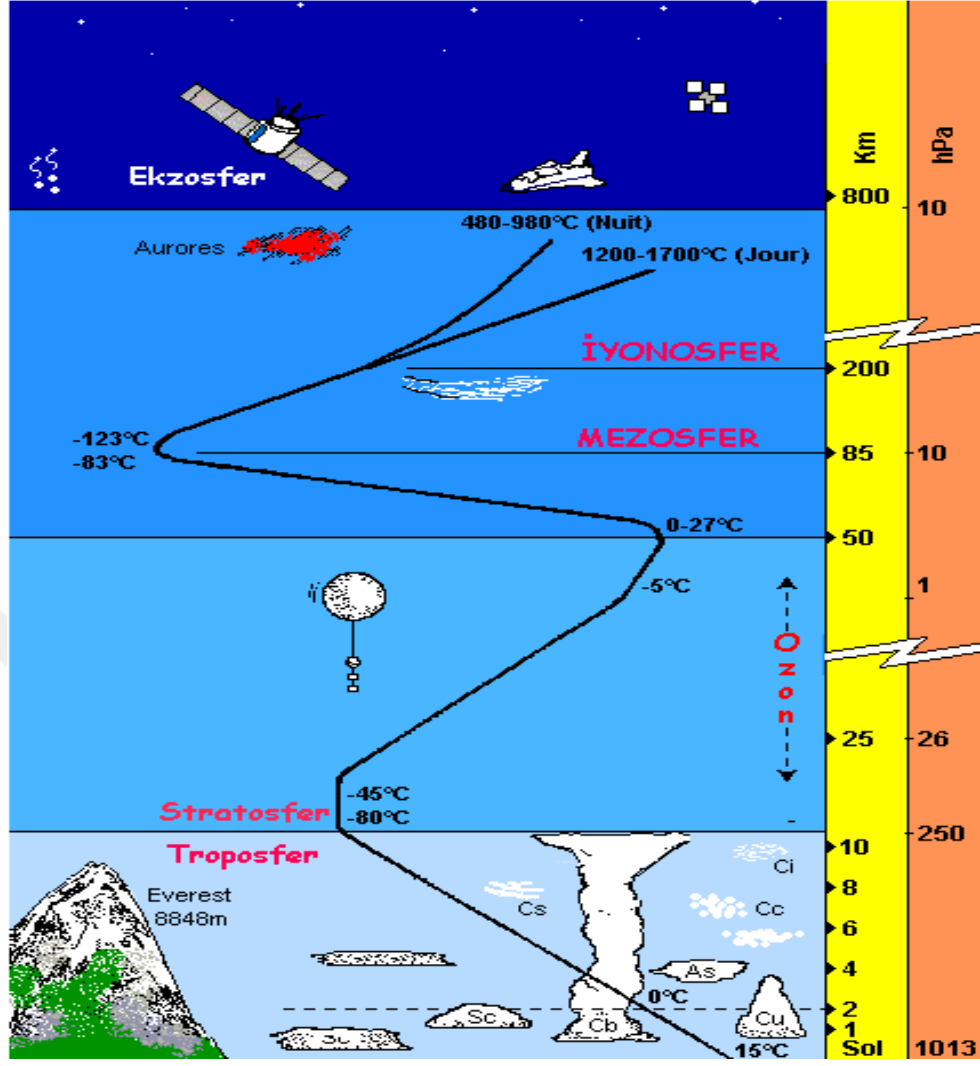
Hava kalitesi ölçüm yöntemleri pasif örnekleyiciler, aktif örnekleyiciler, otomatik analizörler ve uzaktan algılayıcılar olmak üzere dört başlık altında incelenmektedir. Kükürt dioksit için ölçüm yöntemleri; test çözeltilisinde redoks, Konduktometrik, Alev fotometrik metod (FPD), Tetrakloro merkürat (TCM) metodudur. Karbon monoksit için ölçüm yöntemi infrared absorpsiyonu, Azot dioksit için ölçüm yöntemi Fotometrik metod, Salzman reaktifi ile fotometrik metod, Kemiluminessans (kimyasal ışımaya) metodudur [56].

2.5. Kentsel Hava Kirleticileri

Atmosfer farklı kimyasal özelliklere ve değişik sıcaklık etkilerine göre çeşitli katmanlardan oluşur. Deniz düzeyinden yaklaşık 1.000 km yukarıya kadar uzanan atmosferin içeriğinde yer alan tüm gazların % 99'undan fazlası yer yüzeyinden ilk 40 km'lik katmanda bulunur[33].

Kentlerde hava kirliliğine neden olan kirleticilerin havadaki düzeylerine bağlı olarak başta insanlar olmak üzere hayvanlar, bitkiler gibi tüm canlı varlıklar üzerinde önemli olumsuz etkileri olabilmektedir[59]. Kirleticiler atmosferde yer alış durumlarına göre **birincil ve ikincil kirleticiler** şeklinde derecelendirilir. Birincil kirleticiler kaynaktan atmosfere doğrudan salınan kirleticiler, İkincil kirleticiler ise atmosferde bulunan doğal bileşenler ile birincil kirleticiler ve atmosferik özellikler yardımıyla meydana gelen kimyasal tepkimeler sonucunda oluşan kirleticilerdir. Söz konusu birinci derecede kirleticiler; kükürt dioksit (SO₂), azot oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO), karbon dioksit(CO₂), uçucu organik bileşikler (UOB) gibi gaz halindeki kirleticiler ile parçacık madde (PM) türündeki kirleticiler olmak üzere genel olarak iki alt grupta toplanır. Bunun dışında atmosferde sonradan oluşan (ışık ve ozonun etkisiyle) kirleticiler bileşiklerden olan ozon (O₃) , kükürt trioksit (SO₃), sülfürik asit (H₂SO₄),PAN (peroksi asetil nitrat) ve PBN (peroksi benzoil nitrat) gibi fotokimyasal oksidantlar da ikincil derece hava kirleticileri olarak tanımlanmaktadır [32,60,14].

Şekil 5'te görüldüğü üzere atmosfer sırasıyla troposfer, stratosfer, mezosfer ve termosfer olmak üzere dört ana katmandan oluşmaktadır. Havadaki kirliliğin algılanabildiği en önemli katman ise, çoğu canlının yaşadığı troposferdir. Atmosferin tamamında dengelyi bozabilecek düzeyde olmayan kirleticiler, atmosferin en alt bölümlerindeki birkaç yüz metrede dengelyi kolayca bozabilmektedir [57].



Şekil 5. Atmosferi Oluşturan Katmanlar [58].

İkincil kirleticilerin oluşmasında fotokimyasal tepkimeler önemli rol oynar. Fotokimyasal tepkimeler sonucu değişime uğrayan madde düzeyi ile emilen güneş radyasyonu düzeyi doğru orantılıdır. Yazın oluşan dumanlı sis olarak da bilinen fotokimyasal smog'un nedeni araç emisyonları ve etkin güneş ışınımılarıdır.

2.5.1. Gaz ve Buhar Türünde Kirleticiler

Havada toz parçacıkları, bakteriler ve bitkilerden her zaman çevreye yayılan sporer bulunmaktadır. Özellikle yanma süreçlerinden atmosfere yayılan gaz türündeki kirleticilerin, insan sağlığı ve çevre niteliği üzerinde birçok olumsuz etkisi bulunmaktadır. Sıklıkla karşılaşılan

hava kirleticileri; kükürt oksitler, azot oksitler, karbon monoksit, hidrokarbonlar, organik maddelerdir.

Atmosferdeki düzeyi yer ve zamana bağılı olarak en fazla değişkenlik gösteren su buharıdır. Nemli tropikal iklimlerde %2–3 kadar su buharı bulunabilirken orta enlemlerde bu değer %1, kutuplarda ise % 0.25'e kadar düşer. Atmosferde yükseklik arttıkça su buharı düzeyi ters orantılı olarak hızla azalır. 6500 metre yükseklikteki su buharı düzeyi yeryüzündeki düzeyin ancak 1/10'u kadardır. Atmosferin alt katmanlarının ortalama 3–4 kilometrelik bölümünde önemli düzeyde su buharı bulunmaktadır. Bu uzaklık genellikle bulutların oluştuğu yüksekliklerdeki atmosfer katmanlarıdır[61].

2.5.1.1. *Kükürt oksit (SOX)*

Atmosferde yer alan kükürt oksitler içerisinde, hava kirliliğine neden olan ve havadaki kirleticilerin yaklaşık %18 'ini oluşturan kükürt dioksit gazıdır. Kömür ve petrol ürünleri gibi yakıt maddelerinin yanması ile oluşan kükürt dioksit gazı aynı zamanda bazı endüstri kollarındaki üretim atıklarından da havaya karışabilir. Kentsel hava kirliliğine neden olan kirleticilerden biri olan kükürt dioksit düzeyinin; taşıt yoğunluğunun fazla olduğu, yüksek yoğunluklu konut alanları ile kentsel çalışma alanlarının ulaşımın yoğun olduğu yolların çevresinde ve özellikle kış aylarında evsel ısınma ile endüstriyel üretim süreçlerinde fosil yakıtların kullanıldığı yerleşim yerlerinde yüksek olduğu belirlenmiştir[32].

Kükürtlü gazların en önemlileri ise kükürt dioksit ve hidrojen sülfür (H_2S) 'dür. Hidrojen sülfür havayı kirletmekten çok, kükürt dioksitin kaynağı olması bakımından önem taşımaktadır. Hidrojen sülfür'ün oksijen ile tepkimesi çok kolay olduğu için bu gaz doğal yollardan değişmekte ancak atmosferden uzaklaşmadığı için kendisinden daha zehirli olan başka bir gaz için kaynak oluşturmaktadır. Birçok kimyasal tepkime ile kükürt dioksit ve azot dioksit, asidik sülfat ve nitrat parçacıklarına dönüşerek bölgesel büyüklükteki kirliliklere neden olabilir. En çok fosil yakıtlarının yanmasından dolayı hava kirliliğine neden olan en önemli gazlardan biri olan kükürtlü kirleticiler nemli havada su buharı ile birleşerek sis ve pus olaylarının uzun süreli olmasına neden olur [18].

Dünya Sağlık Örgütü kirleticiler için sınır değerler belirlemiş bulunmaktadır [57]. “2 Kasım 1986'da yürürlüğe giren “Hava Kalitesini Koruma Yönetmeliği” ne göre yerel çevre birimlerinde uzun süreli, maksimum kükürt dioksit sınır değerleri, yıllık ortalama 60 mg/m³ , kış mevsimi ortalaması 120 mg/m³ , günlük ortalama 150 mg/m³ , 1 saatlik ortalama 450 mg/m³ tür” [62]. Kükürt dioksitin havada bulunmasına izin verilen ortalama düzeyi 0.03 ppm (80

mg/m³)'dir. 24 saat boyunca 0.14 ppm (365 Mg/m³) sınır değeri aşıldığı takdirde zararlı etkileri görülmeye başlar[18].Çevre ve Orman Bakanlığı'nın 2008 yılında resmi gazete de yayınlamış olduğu hava kalitesi değerlendirme ve yönetimi yönetmeliğine göre kükürt dioksit için verilen limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri tablo 4' teki gibidir.

Tablo 4. Kükürt Dioksit için Verilen Sınır Değerler, Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri [63].

Kirletici	Ortalama süre	Limit değer	Tolerans payı	Üst değerlendirme eşığı	Alt değerlendirme eşığı	Limit değere ulaşılacak tarih	Uyarı eşığı
SO ₂	saatlik -insan sağlığının korunması için-	350 µg/m ³ (bir yılda 24 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 150 µg/m ³ (limit değerin %43' ü) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır			1.Ocak 2019	500 µg/m ³ (hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir "bölge" veya "alt bölgede" veya en azından 100 km ² de- hangisi küçük ise- üç ardışık saatte ölçülür)
	24 saatlik -insan sağlığının korunması için-	125 µg/m ³ (bir yılda 3 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 125 µg/m ³ (%100) ve 1.1.2019 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	24-saatlik limit değerin %60' ı (75 µg/m ³ bir yılda 3 defadan fazla aşılmaz)	24-saatlik limit değerin %40' ı (50 µg/m ³ bir yılda 3 defadan fazla aşılmaz)	1.Ocak 2019	
	yıllık ve kış dönemi (1 Ekim den 31 Mart'a kadar) - ekosistemin korunması-	20 µg/m ³	-		Kış dönemi limit değerin %60' ı (12 µg/m ³)	Kış dönemi limit değerin %40' ı (8 µg/m ³)	1.Ocak 2014

“Maksimum günlük sekiz saatlik ortalama konsantrasyon, saatlik verilerden hesaplanıp her saat güncellenen sekiz saatlik dinamik ortalamalar incelenerek seçilir. Böyle hesaplanan her sekiz saatlik ortalama, sona erdiği güne ait olur, diğer bir ifade ile herhangi bir gün için ilk hesaplama süresi önceki günün 17:00'dan o günün 01:00'a kadarki süredir. Herhangi bir gün için son hesaplama süresi ise o günün saat 16.00'dan 24:00'a kadar olan süredir ” [63].

Kükürt oksit 0,3-1 ppm düzeylerde ağızda kötü bir tat bırakırken, 3 ppm'in üstüne çıktığında ise boğucu bir hisse neden olur. Bitkilerce yok edilen kükürt dioksit düzeyi 129 milyar ton iken atmosfere yayılan kükürt dioksit düzeyi ise 147 milyar tondur [19]. Her yıl 18 milyar ton SO₂ atmosferde birikmektedir. Eğer gerekli önlemler alınmazsa canlılar için toplu ölümler kaçınılmaz olacaktır [1].

Yağışlı günlerde kükürt dioksitin oranının yüksek olması bu bileşiğin havada bulunan çeşitli gazlarla tepkimeye girerek sülfürik aside dönüşmesine neden olmaktadır. Sülfürik asit hem havadan solunum yoluyla hem de asit yağmuru olarak toprağa ve canlıların yapısına

katılmaktadır. Suda çözülebilen bu gaz kanda da çok rahat çözülebildiğinden insan sağlığına en büyük etkiyi solunum yollarında göstermektedir[18].



Şekil 6. Asit Yağmurlarının Oluşumu [64].

2.5.1.2. Karbon monoksit (CO)

Atmosferdeki yoğunluğu milyonda 1 ile 100 arasında değişen bu kirletici, yakıtların tam olarak yakılmamasından ortaya çıkan bir ara üründür. İki aydan daha fazla süre atmosferde kalabilen ve kararlı bir gaz olan karbon monoksit, havaya en fazla egzoz gazları ile karışmaktadır. Dolayısıyla trafiğin yoğun olduğu yerlerde daha fazla karbon monoksit gazı bulunmaktadır.

Tablo 5'den anlaşılacağı üzere en çok karbon monoksit , %77 oranı ile metan oksitlenmesinden açığa çıkmaktadır. Okyanusların ise, karbon monoksitin ana kaynağı olduğu ilk olarak 1970'lerde Sminnerton adlı bir araştırmacı tarafından ortaya atılmıştır. Daha sonra Linnenbom adlı başka bir araştırmacı tarafından ise okyanusların çıkardığı karbon monoksitin hesabı yapılmış ve bu hesap sonucunda 220×10^9 kg / yıl gibi bir değer ortaya atılmıştır. Başka araştırmacılar ise bunun çok daha düşük bir değer olması gerektiğini savunmuşlardır[57].

Tablo 5. Atmosferdeki Karbon Monoksit Kaynakları [65 no' lu kaynaktan uyarlanmıştır].

Kirletici Kaynağı	%	Düzyey (yılıda milyon ton)
Metan oksitlenmesinden	% 77	3300
Okyanuslardan(anaerobik Parçalanma)	% 3.9	165
Bitki çürümelerinden	% 2.6	110
Öteki doğal kaynaklardan	% 6.5	275
Doğada insanoglunun neden olduğu kaynaklardan	% 9.4	400

Bacalardan çıkan dumanda % 2, egzoz gazında % 5-10, havagazında ise % 20 oranında karbon monoksit bulunur. Hava deviminin yetersiz ve motorlu taşıtların yoğun olduğu yerleşim yerlerinde karbon monoksit birikimi zamanla artar. Fosil yakıtların kullanılması, egzoz gazlarının varlığı, orman yangınlarının oluşumu ve kapalı mekânlardaki sigara dumanı gibi nedenlerle atmosfere yüksek oranda karbon monoksit gazı yayılmaktadır. Bu gazın ne kadarının doğal yollardan, ne kadarının insan etkinlikleri sonucunda atmosfere karıştığı konusunda ve bunların birbirlerine oranları hakkında henüz kesin bilgiler bulunmamaktadır.

Kesin bir bilgi olmamakla birlikte Türkiye'de hava sıcaklığının 18 °C'nin altına düştüğü mevsimde yanma olayının yani ısınma amacıyla yakıt tüketiminin başladığı düşünülmektedir [66]. Bu bakımdan özellikle yıllık ve günlük sıcaklık değerleri, ısınma gereksiniminin devamlı olduğu soğuk kış ayları içerisindeki en yüksek ve en düşük sıcaklıklar ile sıcaklığın 0 °C'nin altında olduğu günlerin sayısı çok önemlidir. Sıcaklık değerlerinin 0 °C altında olduğu günlerde mevsimsel olarak don olayı görülür. Don olayının yaşanması ısınma gereksinimine neden olacağından bu durum hava kirliliğini artırıcı bir etmen oluşturmaktadır[18].

Karbon monoksit suda çözünmeyen bir gaz olduğundan yağmur tanelerinin atmosferden karbon monoksit taşınması önemsenmeyecek derecede azdır. Okyanuslar tarafından karbon monoksit emilimi de söz konusu değildir. Çünkü okyanuslar zaten içerdiği fazla düzeydeki karbon monoksitle kendileri bu gaz için bir kaynak oluşturmaktadır [57]. Toprakların da bir düzeyde karbon monoksit emilimi gerçekleştirdiği ise yapılan araştırmalar sonunda ortaya konulmuş bulunmaktadır [67].

Çevre ve Orman Bakanlığının 2008 yılında resmi gazete de yayınlamış olduğu Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğine göre karbon monoksit için verilen limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri tablo 6'daki gibidir. ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA),

Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO)'nın, karbon monoksit için önerilen sınır değeri 8 saatlik sürede 9 ppm ve 1 saatte 25 ppm'dir [68].

Tablo 6. Karbon Monoksit İçin Verilen Sınır Değerler, Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri [63].

Kirletici	Ortalama süre	Limit değer	Tolerans payı	Üst değerlendirme eşiği	Alt değerlendirme eşiği	Limit değere ulaşılacak tarih
Karbon monoksit	maksimum günlük 8 saatlik ortalama -insan sağlığının korunması için-	10 mg/m ³	1.1.2014 tarihinde 6 mg/m ³ (% 60) ve 1.1.2017 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	limit değerinin %70'i (7 mg/m ³)	limit değerinin %50'si (5 mg/m ³)	1 Ocak 2017

Kokusuz, renksiz, bir gaz olup hem kaynak noktasından etrafa iyi dağılmaması hem de renksiz ve kokusuz olması nedeniyle varlığı fark edilmeyen ancak zehirleyici bir gaz olan karbon monoksit kandaki oksijenin azalmasına, baş ağrısı, baş dönmesi, huzursuzluk, görme bozukluğu, kişilik değişikliği, paralizi ve reflekslerde yavaşlamaya neden olur. Ayrıca havada yüksek oranda bulunmaları sonucunda ölüme kadar giden belirtiler görülür [65].

2.5.1.3 . *Karbon dioksit (CO₂)*

Doğal ya da yapay olarak yanma ya da oksidasyon sonucunda oluşan karbondioksitin kendisi zehirli bir gaz değildir. Ancak atmosferdeki karbondioksit yoğunluğunun yükselmesi ile birlikte güneşten gelen kısa boylu dalgaların atmosfer tarafından tutulması sonucunda, yeryüzü sıcaklığı artmakta, yani sera etkisi oluşmaktadır[33]. Kentlerde fabrika bacalarından, motorlu araçlardan atmosfere yayılan karbondioksit gazının neden olduğu sera etkisinin yol açacağı 1,5 ila 4 °C sıcaklık artışının buzulların erimesine dolayısıyla deniz düzeyinin yükselmesine neden olacağı bilinmektedir [69].

Karbondioksit gazının normal koşullar altında atmosferdeki yoğunluğu %0.03 ila %0.06 arasında değişmektedir. Bir milyon hava molekülünde yaklaşık 350 karbondioksit molekülü bulunmasına karşın düzeyi ve değişkenliği nedeniyle karbondioksit yaşamsal açıdan fazlasıyla önemli olan bir gazdır. Fosil yakıtların kullanımında ve orman yangınlarındaki yaşanan artışa paralel bir şekilde atmosferdeki karbondioksit yoğunluğunun, son 150 yıl içerisinde %25 oranında arttığı düşünülürken, 20.yüzyılın başlarında 290 ppm olan karbondioksit yoğunluğunun 21. yüzyılın sonlarına doğru ise 500 ppm'e çıkacağı değerlendirilmektedir [45].

Karalar üzerinde havadaki karbondioksit düzeyi denizlerdeki karbondioksit düzeylerinden fazladır ve karalar da kent yerleşimi civarında özellikle geceleri bu düzey daha da artmaktadır. Atmosfere karışan karbondioksitin yaklaşık %80–85'i fosil yakıtların (petrol ve türevleri, kömürlerin ve doğal gazın) kullanılması sonucunda atmosfere katılmakta, kalan %15-20'si de canlıların solunumundan ve mikroskobik varlıkların organik maddeleri ayrıştırmasından oluşmaktadır. Ayrıca volkanlardan ve maden sularından da belli bir düzeyde karbondioksit havaya katılmaktadır(72).

Karbondioksit, çevre özelliklerine göre havada 330 ile 500 ppm arasında değişmektedir. Kaynak sularında da çözülmüş halde bulunan renksiz, kokusuz ve zehirsiz bir gaz olan karbondioksit oksijene kolayca bağlanabilmesi nedeniyle canlılarda boğulma tehlikesi oluşturabilir. Yoğunluğu 35000 ppm'i geçtiği durumda, merkezi sinir sistemi harekete geçer ve nefes alma zorluğuna neden olur. Daha yüksek yoğunluklarda oksijen azlığından dolayı merkezi sinir sistemi görevini yapamaz hale gelir [71].

2.5.1.4. Azot oksit (NOX)

Azot monoksit ve Azot dioksit başta olmak üzere toplamda altı farklı bileşeni olan azot oksitler havadaki en önemli kirleticiler arasındadır. İnsan eylemleri ile oluşan azot dioksit ise gübreleme gibi durağan kaynaklardan ve araçlar gibi devinimli kaynaklardan da oluşmaktadır. Genel olarak kaynakları; katı, sıvı ya da gaz yakıt kullanan termik santraller ve ulaşımdır. [33,10,72].

Gelişmekte olan ülkelerde genel olarak kükürt dioksit ve parçacık madde emisyonu azalırken taşıt sayısı ve endüstrideki artıştan dolayı azot oksit emisyonu artmaktadır. Toprakta oluşan organik çürümeler azot oksidin en doğal kaynaklarından birini oluşturur. Toplamda her yıl atmosfere yaklaşık olarak 150 milyon ton civarında azot oksidin salındığı hesaplanmaktadır [2].

Azot monoksit atmosferde oksijen ile birleştiğinde yüksek oranda NO₂ oluşur. Bir kere oluştuktan sonra azot dioksit , (tiner, aseton , benzin, mazot gibi) uçucu organik bileşiklerin genel ismi olan VOC ve diğer kirleticilerle tepkimeye girer. Bu tepkimeler yer seviyesinde ozon oluşmasına neden olur. Tüm bunların yanında azot dioksitin aynı zamanda ultraviyole ışınlarını önemli ölçüde emerek yok etme özelliği bulunmaktadır.

Atmosferde kalış süreleri ise yüksekliklere bağlı olarak farklılık göstermektedir. stratosferde bu süre birkaç ay gibi oldukça uzun iken, troposferde ise bu süre yalnızca birkaç gündür[72]. Azot oksidin atmosferdeki bulunma süresi nedeni yaklaşık olarak yarı yarıya taşıt

egzozu ve durağan yakma kuruluşlarından dolayıdır. Bu gazların zincirleme tepkimeleri nitrik asit (HNO_3) oluşumuyla tamamlanır. Nitrik asit ise asit yağışlarının oluşmasına neden olur[62].

Azot oksitler, yanma işlemi sonucunda yüksek sıcaklık altında renksiz, kokusuz ve suda çözünürlüğü düşük bir gaz olan azot monoksit ile bunun daha ileri oksitlenme ürünü olan azot dioksit gazlarının toplamından oluşur. Azot dioksit gazı kırmızımsı kahve renkli, keskin kokusu olan bir gazdır. Yüksek derecede oksitleyici olmasından dolayı korozyona neden olur. Kırmızımsı kahve renkli olması nedeniyle görüş uzaklığını azaltmakla birlikte havanın renginin değişmesinde etkili olur [33].

Çevre ve Orman Bakanlığının 2008 yılında resmi gazete de yayınlamış olduğu hava kalitesi değerlendirme ve yönetimi yönetmeliğine göre azot oksit ve azot dioksit için verilen limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri tablo 7' deki gibidir.

Tablo 7. Azot Oksit ve Azot Dioksit İçin Verilen Limit Değerler, Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri[63].

Kirletici	Ortalama süre	Limit değer	Tolerans payı	Üst değerlendirme eşiği	Alt değerlendirme eşiği	Limit değere ulaşılacak tarih	Uyarı eşiği
NO ₂	saatlik -insan sağlığının korunması için-	200 µg/m ³ (bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	1.1.2014 tarihinde 100 µg/m ³ (% 50) ve 1.1.2024 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	limit değerinin %70'i (140 µg/m ³ bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	limit değerinin %50'si (100 µg/m ³ bir yılda 18 defadan fazla aşılmaz)	1.Ocak 2024	400 µg/m ³ (hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir "bölge" veya "alt bölge" de veya en azından 100 km ² -de- hangisi küçük ise- üç ardışık saatte ölçülür)
	yıllık -insan sağlığının korunması için-	40µg/m ³	1.1.2014 tarihinde 20 µg/m ³ (% 50) ve 1.1.2024 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	limit değerinin %80'i (32 µg/m ³)	limit değerinin %65'i (26 µg/m ³)	1.Ocak 2024	
NO _x	yıllık - vejetasyonun korunması için-	30 µg/m ³	-	limit değerinin %80'i (24 µg/m ³)	limit değerinin %65'i (19,5 µg/m ³)	1.Ocak 2014	

Azot oksit kirliliğinin sağlığa doğrudan etkisi, yer düzeyindeki ozon yoğunluğuna katkısı ve asit yağışları gibi, endüstrileşmiş kentlerin başlıca sorunu haline gelmiş olması nedeniyle bu kirleticilerin denetimi için yasalar çıkarılmış ve sınırlara uyulması zorunlu kılınmıştır.

Türkiye’de de 01.01.2006 tarihi ile yürürlüğe giren “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği” ile azot dioksitler için ön görülen sınır değer 01.01.2012 tarihine kadar %50 azaltılması, 01.01.2021 tarihine kadar ise sıfıra inecek şekilde her 12 ayda bir eşit düzeyde yıllık olarak azaltılması istenilmektedir [73].

Azot dioksitin kısa süreli sağlık etkileri, hava kalite indeksi değeri 200’ün üzerine çıkıncaya kadar görülmez. Bu nedenle, hava kalite indeksi, azot dioksit için 201’in altında hesaplanmaz. Azot dioksit için hava kalite indeksinin 201 olması, 1242 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.65ppm). Azot dioksit düzeyine karşılık gelir. (ortalama 24 saat). Azot dioksit için hava kalite indeksinin 1 saatlik sürede kabul ettiği Türkiye için sınır değeri ise 260 mg/m^3 ’tür[74].

Azot dioksitin neden olduğu yakınmalar; sağlıklı kişilerde 1880 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yoğunluklarından itibaren başlarken, astımlı kişilerde aynı şikâyetler 940 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yoğunluk deyinde başlamaktadır. Azot dioksit ile diğer kirleticilerin ve özellikle ozonun bir arada bulunduğu ortamda, bu kirleticiler arasında oluşan tepkimeler nedeniyle canlı sağlığının olumsuz etkilendiği saptanmıştır. Bir haftadan bir aya kadar olan sürede 1880 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ den az yoğunlukta azotun bulunduğu ortamda kalan insanlarda, bronşiyel ve pulmoner bölgelerdeki hücrelerde anormal değişiklikler, 940 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yoğunlukta azotun bulunduğu ortamda kalan insanlarda ise akciğerlerin bakteriyel enfeksiyonlara karşı hassasiyetinin artması ve biyokimyasal değişimler gözlenmektedir[75].

2.5.1.5. Ozon (Troposferik - O3)

Atmosferin üst kısımlarında yaklaşık 25 – 30 kilometre yukarılarda, güneş ışınları ile havadaki oksijen arasında gerçekleşen tepkime ile oluşan oksijen ozona dönüşür. Oksijenin kimyasal bir bileşeni olan ozon, 1 m^3 havada 8 mm^3 kadar bulunur. Canlı yaşamını güneşin zararlı etkilerinden koruyucu özelliği ile atmosferin stratosfer katmanında ve yaklaşık %10’u atmosferin alt katmanı olan troposferde bulunan Ozon, yer yüzeyi yakınlarında ise zehirli bir kirletici olarak yer almaktadır [33].

Güneşten gelen zararlı mor ötesi ışınların emilmesi nedeniyle ozon katmanı, ortalama + 77°C sıcaklığı bulmaktadır. Troposferik ozon küresel iklim değişikliğinde neden olan sera gazları arasında dördüncü sırada yer alır. Küresel iklim değişikliğindeki sera etkisi ortalama % 7 civarında olan ozon, uzun dalga boylu radyasyonun atmosferde kalmasına, dolayısıyla atmosferin sera etkisinin yükselmesine neden olan bir kirletici olarak bilinmektedir [61].

Genellikle yaz aylarında sıkça rastlanan bu kirletici ancak ozonun yatay hava devinimi sonucu dağılması ya da tüketilebileceği alanlar üzerine sürüklenmesi ile etkisi

azaltılabilmektedir. Bu tepkime karmaşası fotokimyasal sis (smog) olarak adlandırılmakta ve hava niteliğini azaltan ana kirleticilerden biri olarak bilinmektedir. Bu gibi durumlarda kent, uzaktan bakıldığında hafif kızıl renkli bir dumanla kaplanmış gibi görünmektedir[72].

Çevre ve Orman Bakanlığının 2008 yılında resmi gazete de yayınlamış olduğu hava kalitesi değerlendirme ve yönetimi yönetmeliğine göre ozon için verilen limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri tablo 8' deki gibidir.

Tablo 8. Ozon İçin Verilen Limit Değerler, Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri[63].

Hedef	Ortalama Süre	2022 için Hedef değer (a)	Uzun vadeli hedef
İnsan sağlığının korunması	Bir yılda maksimum günlük 8 saatlik ortalama	120 µg/m ³ değeri üç yıllık ortalama alındığında bir yılda 25 günden daha fazla süre boyunca aşılmayacaktır (b)	120 µg/m ³
Vejetasyonun korunması	Mayıs ayından Temmuz ayına kadar 1 saatlik değerlerden hesaplanacak AOT40	Beş yıllık ortalaması 18 000 µg/m ³ ·saat (b)	6 000 µg/m ³ ·saat

Keskin kokulu, solunumu oldukça zararlı, mavi renkli bir gazdır. Havadaki izin verilen sınır değeri 0,240 mg/m³'tür. Ozon için hava kalite indeksinin 8 saatlik sürede kabul ettiği değeri ise 120 mg/m³'tür.

Ozon, biyolojik materyaller ile tepkimeye girerek bitki örtüsüne zarar vermekte, canlı yaşamını olumsuz yönde etkileyerek ,solunum yollarında akut etkiler oluşturabilmekte ,göz, burun, boğaz tahrişine ve solunum güçlüğüne neden olabilmektedir. Havadaki oluşumu günün belli saatleri boyunca gelişir ve değişir [38].

2.5.1.6. Organik Maddeler ve Hidrokarbonlar

Kirlilik genellikle, havadaki katı parçacıklar ve kükürt dioksit düzeyine göre belirlenir. Oysa atmosferde oluşan kimyasal olaylarda, organik maddelerin önemi büyüktür. Çünkü organik maddeler, tepkimeye girsin ya da girmesin kimyasal tepkimelerin çekirdeğini oluşturur. Herhangi bir yerde hava kirliliğinin belirlenmesine yönelik bir çalışma düşünüldüğünde, öncelikli olarak yapılması gereken o bölgenin meteorolojik koşullarının ve havanın kimyasal yapısının incelenmesidir[33].

Organik kirleticiler sulara çözülmüş olan oksijeni tüketerek kirlenmeye neden olur. Bu tür kirleticiler daha çok evsel, hayvansal, gıda ve kâğıt gibi atıklarla sulara karışır. Eğer karışıkları sular durağan ise, bu atıklar suyun dibine doğru çöker ve burada birikir. Bu duruma sedimentasyon denir.

Sedimentasyonla çöken organik maddeler içinde aynı zamanda inorganik maddeler de bulunur ve bu sedimentler, bakteriler ve diğer mikroorganizmalar için yaşanılabilir uygun bir ortam sunar. Mikroorganizmalar böyle bir ortamda suda çözülmüş halde bulunan oksijeni kullanır ve organik maddeleri parçalayarak su, karbon dioksit, nitrat, sülfat ve fosfatı oluşturur [76].

Çevre ve Orman Bakanlığının 2008 yılında resmi gazete de yayınlamış olduğu hava kalitesi değerlendirme ve yönetimi yönetmeliğine göre Kurşun ve Benzen için verilen limit değerler, değerlendirme ve uyarı eşikleri tablo 9' daki gibidir.

Tablo 9. Kurşun ve Benzen İçin Verilen Limit Değerler, Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri[63].

Kirletici	Ortalama süre	Limit değer	Tolerans payı	Üst değerlendirme eşiği	Alt değerlendirme eşiği	Limit değere ulaşılacak tarih
Kurşun	yıllık -insan sağlığının korunması için-	0,5µg/m³ Sınayi faaliyetlerden uzun yıllar boyunca kontamine olmuş sanayi kaynaklarının yakınlarında 1 µg/m³ (bakınız madde 12 (4))	1.1.2014 tarihinde 0.5 µg/m³ (% 100) ve 1.1.2019 tarihine kadar veya madde 12 (4) 'e göre belirlenen "alt bölge"ler ve "bölge"lerde 1 Ocak 2019 + 5 yıla kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	limit değerinin %70'i (0,35 µg/m ³)	limit değerinin %50'si (0,25 µg/m ³)	1 Ocak 2019 veya madde 12 (4) 'e göre belirlenen "bölge" ve "alt bölge"lerde 1 Ocak 2019 +5 yıl. Böyle durumlarda limit değer 1 Ocak 2019 dan itibaren 1,0 µg/m ³ olur.
Benzen	yıllık -insan sağlığının korunması için-	5 µg/m³	1.1.2014 tarihinde 5 µg/m³ (% 100) ve 01.01.2017 tarihinden 1.1.2021 tarihine kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	limit değerinin %70'i (3,5 µg/m ³)	limit değerinin %40'ı (2 µg/m ³)	1 Ocak 2021 zaman-sınırlı uzatmaya mutabık kalınan "bölge" ve "alt bölge"ler hariç (bakınız madde 12 (3))

Motorlu taşıtlarda kullanılan yakıtın, tüm olarak yanmaması sonucu oluşan etilen (C₂H₄) ve benzen (C₆H₆) gibi hidrokarbonlar çevreye yayılarak hava kirliliğine neden olur. Bu hidrokarbonlar, havadaki farklı birçok kimyasal maddelerle de tepkimeye girerek canlıların görme organlarına ve solunum yollarına zarar verir. Benzen gibi kansere neden olan bazı hidrokarbonlar da bulunmaktadır [33].

Gaz halindeki organik bileşiklerin toplamı olarak tanımlanan hidrokarbonların önemli bir kısmı petrol ürünleri ve yanma atıklarından oluşur. Atmosferde bulunan hidrokarbonların canlılar üzerinde herhangi bir toksik etkisi bulunmamaktadır. Hidrokarbonların havadaki

yoğunluğu 500 ppm'i aşmadığı sürece toksik etkisi yoktur. Ancak 500 ppm benzen içeren atmosferde insan ancak bir saat yaşayabilir [65].

2.5.2. Parçacık Türünde Kirleticiler

Havayı kirleten gazların yanında ikinci temel hava kirleticileri ise asılı katı-sıvı parçacık maddelerdir (PM). Genel tanımıyla günlük dilde tozluluk adıyla da bilinir. Parçacık madde, yakıtların yanması, dizel motorlar, inşaat ve endüstriyel etkinlikler, amonyak, sülfür ve azot oksitlerinin havada tepkimesi ile ve bitki polenleri ve yerden havalanan tozlar gibi birçok doğal kaynaktan oluşabilmektedir [77].

Parçacık maddeler; hava devinimi, deniz ve volkanlar gibi doğal kaynaklardan ya da doğada insanoğlunun neden olduğu etkenlerden dolayı ortaya çıkan ve atmosferdeki ağırlıkları nedeniyle hızla çökebilen büyük parçacıkların dışında, sıvı ya da katı taneciklerin gaz ortamında askıda durmasıyla oluşan toz ya da parçacık madde diye tanımlanır [33, 65, 81, 38]. Kentsel bölgelerde havadaki parçacık maddeler önemli kirleticiler arasında yer alır. Parçacık maddelerin; havada asılı parçacıklar, solunabilir parçacıklar, zararsız parçacıklar ve çok zararsız parçacıklar olmak üzere toplam dört farklı türü bulunmaktadır. Bunları kısaca sırası ile TMS, PM10, PM2.5 ve PM1.0 şeklinde gösterilir. Bu parçacıkların aerodinamik çapları sırası ile 100, 10, 2.5 ve 1.0 µm(mikron)'dir [77]. Kaba parçacıklar (PM10) ve ince parçacıklar (PM2,5), sırasıyla aerodinamik çapı 10 ve 2,5 mm'den küçük parçacıkların kütlelerini oluşturmaktadır. Başka bir anlatımla kütle ve bileşimi yönünden; aerodinamik çapı 2.5 mm'den büyük olanlara kaba parçacıklar, aerodinamik çapı 2.5 mm den küçük olanlara ise ince parçacıklar denilmektedir.

Havada bulunan bu parçacıklar türleri ve özellikleri oluştukları kaynağa, oluşum şekline, boyutlarına, boyut dağılımlarına, biçimlerine, yoğunluklarına, içerdikleri özel bileşenlere ve buldukları ya da yayıldıkları ortama bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Parçacıkların kimyasal yapı ve nitelikleri ise çok değişkendir [78]. Tane iriliklerine, yoğunluklarına ve kimyasal yapılarına bağlı olarak toz, buhar, sis, duman, sprey gibi isimler alırlar. Parçacıklar maddelerin bir bölümü de biyolojik parçacık olarak bilinen mikroorganizmalardır[79].

Yine 0,001–1 µm büyüklüğündeki parçacıklara duman, 0,1–10 µm büyüklüğündekilere is adı verilir. Dumanlar gazların yoğunlaşması, süblime olması ya da kimyasal tepkimeye girmesi ile sis ise yoğunlaşma yoluyla ince sıvı damlacıklarından oluşur. Duman, sis vb. parçacıkların tamamına kısaca aerosol adı da verilmektedir [80].

Parçacıklar oluşum koşullarına bağlı olarak havada birçok farklı biçimde bulunur. Bunlar; ***Toz** ; katı maddeler olup doğrudan endüstri kuruluşlarının atık gazlarıyla havaya salınan kül, kömür, çimento tozları, kum, toprak gibi maddeler bu sınıfta yer alır.

***Duman**; karbonlu maddelerin tam yanmaması ile havaya salınan katı tanecikler açısından zengin atık gazlar olarak bilinir.

***Uçucu Kül**; yanma olayı ile oluşan ve baca gazları içinde bulunan ince kül parçacıklarından oluşur. Bu parçacıklar yanmamış yakıt (VOC) olarak bilinen karbon içerebilirler.

***Füme**; kimyasal tepkimeler sonucunda oluşan, genellikle bir μm 'den küçük parçacıklardır.(Sigara dumanı, metalürjik süreçlerden çıkan parçacıklar)

***Aerosol**; gaz ortamında katı ya da sıvı halde bulunan mikroskobik parçacıkların bir dispersiyonudur. Boyutlarının çok küçük olması nedeni ile atmosferde asılı halde bulunurlar.

***Mist**; havada kendi ağırlığı ile düşecek büyüklükte olan sıvı damlacıkların dispersiyonu olarak bilinmektedir.

***Sis**; mikroskobik su damlacıklarından oluşan gözle görülebilen aerosollerdir.

***Kurum**; yanma sonucunda parçacıkların birleşmesinden oluşan ve tam olmayan yanma ile oluşan katran içeren parçacık olarak bilinmektedir [78].

2.5.2.1 . *İnce Parçacıklar (PM 2,5)*

Aerodinamik çapı 2,5 mm'den daha küçük parçacıklar; küçük parçacıklar ya da ince parçacıklar olarak tanımlanır. Bu parçacıklar o kadar küçüktür ki sadece elektron mikroskopları ile görülebilmektedir. İnce parçacıklar; daha çok ikincil olarak oluşan aerosoller (gaz- parçacık dönüşümü), yanma sonucunda oluşan parçacıkları, yoğunlaşan organik ve metal buharlarını içerir. Parçacık maddenin boyutu ne kadar küçük olursa, havada askıda kalma süreside o oranda artmaktadır. Kaba parçacıklar havada saatlerce kalabilmekte iken ince parçacıklar ise havada haftalar boyunca kalabilmekte ve daha düşük ve hafif olması nedeniyle çok uzun mesafelere hareket edebilmektedir[77].

Solunum yoluyla havadaki 3 mikron çapından büyük taneciklerin vücuda girme olanağı bulunmamaktadır. Ancak daha ince toz ve parçacıklar akciğerlere yerleşir, sonra kana karışır, son aşamada ise, sinir ve damar rahatsızlıklarına sebep olur. İnce parçacıkların etkisinde kalan kişilerde, erken ölümü de içeren çeşitli olumsuz sağlık etkileri görülür. Bu olumsuz etkiler sonucunda ortaya çıkan önemli rahatsızlıklar arasında; pulmoner fonksiyon bozuklukları, kronik bronşit vakalarında artış, bronşiyal mukoza silialarının temizleme hızında artış, solunum yolları epitel dokusunda kalınlaşma gibi sağlık problemleri örnek olarak verilebilir[78]. Bununla

birlikte, insan sağlığına zarar veren ve akciğer hastalıklarına neden olan ince parçacıklar gibi kirleticiler için yasada belirlenen herhangi bir kısıtlılığı söz konusu değildir[20].

2.5.2.2. Kaba Parçacıklar (PM 10)

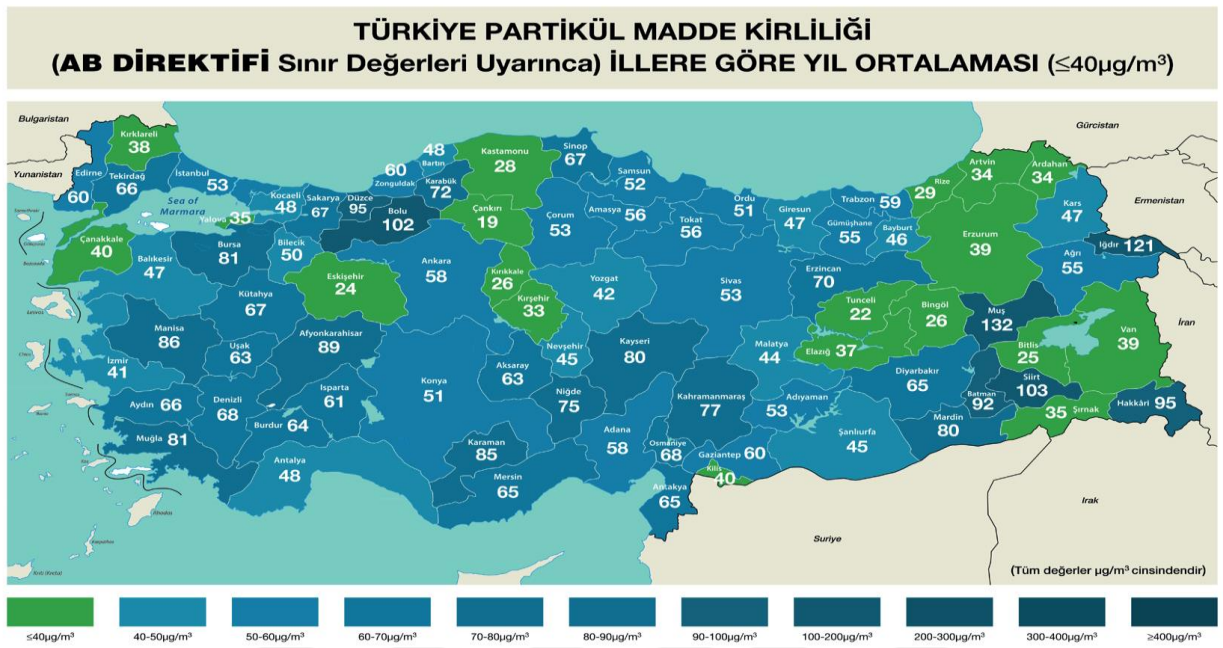
Aerodinamik apı 2,5 μm (mikron) ile 10 μm (mikron) arasında olan parçacıklara PM10 adı verilir. Büyük parçacıklar genellikle yer kabuğu gereçleri olan yol ve endüstrilerden atmosfere salınan tozları içerir[81]. Kaba parçacıklar toz parçacık madde olarak ölçülebilir ve havada asılı bulunan katı parçacıkları oluşturmaktadır. Bir bölgede bulunan toz yoğunluğu olarak ifade edilen PM10'a neden olan kaynaklar trafik, maden ve kömür ocakları, inşaat alanları ve taş ocaklarıdır [77]. Tozlar, katı taneciklerdir ve doğrudan endüstri kuruluşlarından atmosfere salınan kl, kömür, imento tozları, kum, talaş ve toprak gibi türler bu sınıfa girer. Doğada kaynakları ve bileşimi oldukça karmaşık olan kirleticilerin zararlı etkilerinin daha yoğun hissedilmesine neden olur [33, 81].

Türkiye'de 2015 yılı için kaba parçacık sınırı yıllık ortalama şekil 7'de de grldğu gibi 56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak kabul edilmiştir. Bu sınır değer kabulüne göre toplam 81 il içinde sadece 43 ilde kabul edilen normal sınırın altında kaldığu gözlemlenmiştir. Hava kirliliğu ölçümleri, kalan 38 il için farklı oranlarda kabul edilen sınır değerin üstünde olmuştur. Siirt (103 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Muş (132 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Bolu (102 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve Iğdır'ın (121 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) yüksek oranda hava kirliliğu yaşanan iller olduğu gözlemlenmiştir.



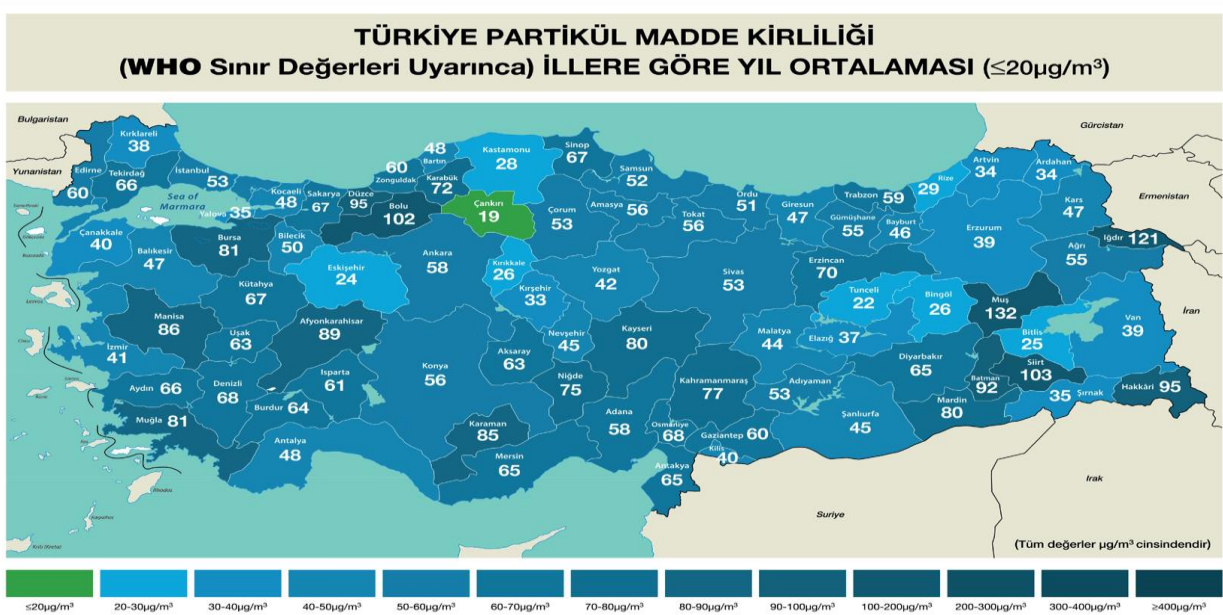
şekil 7. Kaba Parçacık lmlerinin Sınırı ve Yıllık Ortalaması : (56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) [83].

Avrupa Birliği hava niteliği kaba parçacık sınırı yıllık ortalama $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak kabul edilmiştir(Şekil 8.). Bu sınır değeri kabulüne göre değerlendirme yapıldığında toplam 81 il içinde sadece 62'sinde (%77) kabul edilen normal sınırın üzerinde hava kirliliği olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 8. Kaba Parçacık Ölçümlerinin Sınırı ve Yıllık Ortalaması: ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) [83].

Dünya Sağlık Örgütü'nü hava niteliği kaba parçacık sınırı yıllık ortalama $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak kabul edilmiştir (Şekil 9.). Bu sınır değeri kabulüne göre değerlendirme yapıldığında ise toplam 81 il içinde sadece Çankırı'nın kabul edilen normal sınırın altında bir hava niteliği olduğu, kalan diğer tüm illerde ise kabul edilen normal sınırın üstünde hava kirliliği olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 9. Kaba Parçacık Ölçümlerinin Sınırı ve Yıllık Ortalaması: ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) [83].

Türkiye'de kaba parçacık ölçümleri hemen hemen tüm illerde (Isparta ilinde kaba parçacık ölçümü yapılmamaktadır) yapılmakta olup yönetmeliklerle kaba parçacık sınır değeri belirlenmiştir. İnsan sağlığının korunması için yılda sadece 35 gün aşılmasına izin verilen kaba parçacık değeri Türkiye'nin yedi ili (Eskişehir, Kırşehir, Yozgat, Artvin, Tunceli, Bitlis, Şırnak) hariç diğer tüm illerde 35 günü aşmaktadır. Isparta ilinde ise hala kaba parçacık ölçümü yapan istasyon bulunmamaktadır [84].

Parçacık madde, nitelik ve niceliği bakımından; tanecik boyutları, yoğunluğu, kimyasal bileşimi ve sağlığa olan etkileri bakımından dört şekilde değişim gösterir. Büyük parçacıklar, insan vücudunun doğal savunma mekanizması sayesinde uzaklaştırılır ancak daha küçük parçacıklar akciğerlerin derinliklerine yerleşerek tahriş ve tıkayıcı etkilere neden olabilir [82]. Başka bir anlatımla 5 mikrondan büyük parçacıklar üst solunum yollarında tutulurken 0.5 mikrondan daha küçükleri ise akciğerlerin en uç noktalarına kadar ulaşır ve buraya yerleşir [65].

Dizel dumanı gibi bazı küçük parçacıklar kanser yapıcı olabilir. Parçacık madde yoğunlukları, kaynakların büyüklükleri ve türlerindeki çeşitlilik den dolayı, kentten kente ve hatta aynı kent içerisinde de değişkenlik gösterebilmektedir [38]. Solunabilir parçacık maddeler optik v mikroskop altında incelendiğinde, özellikle katı toz parçacıklarının düzensiz bir yapıda oldukları görülmektedir. Ancak bazı mineral tozlar bölünme niteliklerinden ve kristal şekillerine göre ayırt edilebilmektedir. Örneğin, asbest parçacıkları iğne şeklinde olup uzunluklarının çapından birkaç kat büyük olduğu bilinmektedir. Eğer parçacıkların boyutu birkaç mikrondan fazla ise bu tür kirleticileri renkleri ile belirlemek olası olabilmektedir. Böylece şeffaf olan mineral tozlar şeffaf olmayan kömür parçacıklardan ayırt edilebilmektedir. Fakat parçacık maddenin kaynağı net bir şekilde bilinmiyorsa bunun kömür tozu ya da başka bir saydam olmayan parçacık olduğunu belirlemek oldukça zordur [78]. 2019 yılında belirtilen bu sınır değerlerin AB ile tam anlamıyla uyumlu olması hedeflenmesi düşünülen Türkiye'de şu anda kabul edilen sınır değerlerin hala AB ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenen sınır değerlerin çok çok üstünde bir değerde olduğu Tablo 10 ' da görülmektedir [83].

Tablo 10. Kirleticilerin AB Sınır Değerleri ve Türkiye Sınır Değerleri [20].

	Sınır Değerler (24 saatlik Ört.)	
	AB	Türkiye
SO₂ (Kükürt dioksit)	125 µg/m ³	225 µg/m ³
PM₁₀ (Partikül Madde)	50 µg/m ³	80 µg/m ³

Bununla birlikte, insan sağlığına zarar veren ve akciğer hastalıklarına neden olan ince parçacık gibi kirleticiler için yasada belirlenen herhangi bir kısıtlılık söz konusu değildir[20].

2.6. Kentsel Hava Kirliliğinin Kaynakları

Kentsel hava kirliliğinin boyutu; iklim, coğrafi konum, topografya gibi doğal etmenler ile nüfus, endüstrileşme ve kalkınma düzenleri gibi sosyo-ekonomik göstergelere bağlı olarak değişmektedir[85]. Hava kirliliği doğal ya da yapay olarak adlandırabilen insan kökenli kaynaklardan gaz, toz ya da sıvı halde havaya karışan maddelerin doğrudan ya da dolaylı yollardan diğer maddelerle tepkimeye girmesi sonucunda oluşmaktadır [38].

Atmosfer, her ne kadar içerisine giren zehirli maddeleri eriterek zararsız duruma getirebilse de meteorolojik ve topoğrafik nedenlere bağlı olarak sürekli kirlenebilmektedir. Hava kirliliğine neden olan kirleticiler; doğal kaynaklı ve insan etkinlikleri sonucu yapay kaynaklı kirleticiler olmak üzere çeşitli hava kirliliği kaynakları bulunmaktadır Ancak yapay kaynaklardan oluşun kirlilik doğal kaynaklardan oluşun kirliliğe oranla daha önemli görülmektedir [33].çeşitli amaçlarla kullanılan yakıtlar, fabrika ve konut bacalarının dumanı, araçların egzoz gazları; havaya zehirli gazlardan olan karbon monoksit, kükürt dioksit ve nitrik asit gibi gazların bolca yayılmasına neden olur (Tablo 11.)

Tablo 11. Başlıca Kirletici Kaynakları [86].

Kirletici Türleri	Başlıca Kirletici Kaynakları (Emisyon Kaynakları)
Karbon monoksit (CO)	Baca gazları, taşıt yoğunluğu, rölanti, p yakma, eksik yanma ürünü
Karbon dioksit (CO ₂)	Kömür, petrol gibi fosil yakıtlar, ormanların yok edilmesi, taşıt yoğunluğu
Ozon (O ₃)	Termik santrallerdeki yanma olayları, tropikal ormanları yok olması, trafikten kaynaklanan azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerin (VOC) güneş işığıyla değişimi
Azot bileşikleri (NO _x)	Termik santraller, taşıt yoğunluğu, kimyasal gübreler, yüksek sıcaklıkta yakma süreçleri
Kükürt dioksit (SO ₂)	Yakma tesisleri, fosil yakıt yanması
Partikül maddeler (PM _{2.5} , PM ₁₀)	Katı yakıt yakma tesisleri, imento ve demir – elik fabrikaları, taşıt (dizel) yoğunluğu, ikincil kimyasal reaksiyonlar

2.6.1. Doğal Kaynaklı Kirleticiler

Doğanın kendisinde bulunan hava kirliliği kaynaklarına; yanardağ volkan etkinlikleri, hava devinimi sonucu taşınarak uzun mesafelerde yer değiştirebilen en büyük parçacık kaynaklarından biri olan tozlar, orman yangınları, buharlaşma ve okyanuslar ve denizler üzerinde bulunan tuz spreyleri şeklindeki sodyum klorür olarak bilinen okyanus spreyleri örnek olarak verilebilir. Bu kaynaklardan havaya çeşitli şekillerde ve düzeylerde gaz ve parçacık halinde kirleticiler yayılmaktadır[75]. Örneğin okyanuslar, karbon monoksitin ana kaynağını oluşturduğundan okyanusların karbon monoksit emilimi söz konusu değildir. karbon monoksit suda karışmayan bir gaz olduğundan, yağmur tanelerinin atmosferden karbon monoksit taşınması ise önemsenmeyecek derecede azdır[57]. Doğal Kaynaklı Kirleticilerden Atmosfere Salınan Yaklaşık Parçacık Konsantrasyonları milyon ton/yıl bazında Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Doğal Kaynaklı Kirleticilerden Atmosfere Salınan Yaklaşık Parçacık Yoğunlukları[2].

Kaynak Türü	Tahmini Konsantrasyon (Milyon ton / yıl)
Volkanlar	25 – 150
Orman Yangınları	1 – 50
Okyanus Spreyleri	300

Elektrik üretimi, ulaşım, endüstri ve fosil yakıtların yakılması, Kimya ve maden endüstrisinde olmak üzere; endüstriyel süreçler ve solvent kullanımı, tarım, atık arıtma, volkanik patlamalar, rüzgarla taşınan toz, deniz tuzu serpintisi ile bitkilerdeki uçucu organik maddelerin (VOC) emisyonları doğal emisyon kaynaklarına örnektir[75].

2.6.2. Yapay Kaynaklı Kirleticiler

İnsanların etkinlikleri sonucu oluşan kaynaklardır. Kirlilik oluşum nedenleri genel olarak ısınma amacıyla yakıt kullanımı, üretim etkinlikleri sonucu oluşan kullanımlar ve trafik kaynaklı kirlilikler olmak üzere üç grupta toplanır.

Hava kirliliği sosyal ve fiziksel çevre etkenleri olmak üzere iki grupta toplanır. Kirliliğe neden olan çeşitli etkenlerin ortaya konulmasında, çözüm yollarının bulunmasında

ve gerekli önlemlerin alınmasında fiziksel ve sosyal etkenlerin birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Sosyal etkenler genel anlamda plansız kentleşme ve endüstrileşme, hızlı nüfus artışı, nüfus ile birlikte giderek artan ısınma gereksinimi, trafik, endüstri kuruluşlarının dağılışı biçimi ve kent içi arazi kullanımınıdır. Fiziksel çevre etkenleri ise, topografik durum, yükseklik, hava basıncı, hava sıcaklığı, hava deviniminin hızı ve yönü, havanın kararlılık ve kararsızlık durumu, sıcaklık terselmesi, bakı durumu, nem, yağış ve bulutluluk gibi iklimsel etmenlerdir[57].

Yapay kaynaklar kendi içerisinde çeşitli şekillerde gruplandırılabilir. Bunlar kaynağın yapısına bağlı olarak; noktasal, çizgisel ve alansal kaynaklar ve kaynağın türüne bağlı olarak ısınma, trafik ve endüstriyel kaynaklar, kaynağın devinimine bağlı olarak ise durağan ve devinimli kaynaklar biçiminde sınıflandırılabilir[87].

2.6.2.1. Isınma Kaynaklı Kirleticiler

Kentlerde hava kirliliğini artıran bir diğer etmen ise yapıların yapım aşamasında kullanılan yalıtım ürünlerinin yeterli oranda ya da hiç kullanılmamış olmasıdır. Yalıtımın olmadığı yapılarda hava sıcaklığının en düşük değerlere inmesi ile birlikte ısınma nedenleri oluşmakta dolayısıyla yalıtımın olmadığı ya da tekniğine uygun bir yalıtım ürününün kullanılmadığı yapılarda ısınmak için daha fazla yakıt kullanılmaktadır. Bu nedenle hava niteliği değerleri düşmekte ve havaya salınan kirleticiler, arazi koşullarına bağlı olarak oluşan terselme denilen askıda kalan kirli hava etkisi ile dağılmayarak kentte hava kirliliğine neden olmaktadır.

Kentlerde hava kirliliği önemli ölçüde ısınmadan kaynaklanmaktadır[88]. Konutların ısıtılması amacıyla Türkiye’de ki enerji kaynaklarının %41’i harcanmaktadır [33]. Bu durumda en önemli kirlilik kaynağı konutların ısıtılmasıdır. Bununla birlikte kent merkezlerindeki kirli havadaki parçacıkların % 75-80’ i ısınma amacıyla tüketilen yakıtlardan çıkmaktadır. Endüstri, ulaşım ve çöplerin yakılması ile ortaya çıkan dumanın düzeyi ise geriye kalan oranı oluşturmaktadır[57].

Genellikle odun, kömür, fuel-oil ve doğal gaz gibi kış aylarında ısınma amacıyla kullanılan bu yakıtların yanması sonucu soba ya da kalorifer kazan bacalarından çıkan gazlarına genel kirleticiler denilmektedir. Bunlar; karbon monoksit, kükürt dioksit, azot dioksitler ve parçacık maddeler (is, kurum ve toz) dir[89]. Fosil yakıtların, yani petrol ve maden kömürlerinin yanması beraberinde birçok kirleticinin havaya karışmasına neden olmaktadır. Kömür ve petrolün yanma ürünleri arasında en tehlikeli gazlardan biri olan kükürt

dioksit gazı, atmosferde yer alan su ile birleşerek önce sülfüroz asite daha sonra sülfürik asite dönüşmektedir[70]. Yağmur damlaları ile birlikte bu bileşiklerin yeryüzüne dönmesi sonucunda açıkta bulunan yapı ve eserlerin oksitlenmesi ile ekonomisine zarar vermekte, sera etkisi oluşturarak yerküre sıcaklığının artmasına neden olmaktadır [90].

Son yıllarda Türkiye’de özellikle de büyükşehir olan kentlerde doğalgaz kullanımı hızla artmakta kalori değeri yüksek, kükürt değeri az olan yakıt kullanılmaktadır. Isınmada kullanılan diğer yakıt türleri ise fuel-oil, motorin, kerosin, gaz ve odundur. Kömür ve petrol konut ısıtılmasında ve enerji sağlanmasında kullanılan fosil yakıtlar arasında en önemli payı oluşturmaktadır [38].

2.6.2.2 . Trafik Kaynaklı Kirleticiler

Bir insanın günlük gereksinimi olan 15 m³ temiz havayı bir tek taşıtın sadece 10 dakikalık bir süre içerisinde insan sağlığını tehdit edecek bir duruma çevirmesi kentlerde trafikten kaynaklanan kirliliğin küçümsenmeyecek düzeyde önemli olduğunun bir göstergesidir [33].

Ulaşım amacı için kullanılan günlük yaşamın bir parçası olan bu araçlardan salınan egzoz gazı gibi kirleticiler yakıt tüketimi ile doğrudan orantılı olup çevrenin ve havanın kirlenmesine neden olmaktadır. Trafikte her gün değişik şekilde yararlanılan bu motorlu karayolu taşıtlarının sayısı, bölgede hem yanma tepkimeleri sonucu oluşan kirleticilerin artmasına hem de araçların meydana getirdiği hareketlilikle toz oluşumunun artmasına neden olmaktadır. Bundan dolayı trafikteki motorlu karayolu taşıtlarının sayısındaki artışın, kirlilikle doğru orantılı olduğu anlaşılmaktadır.

Araçların neden olduğu kirleticiler; karbon monoksit, karbon dioksit, azot oksitler, kükürt oksitler, hidrokarbonlar ve duman olarak adlandırılan kirletici maddelerden oluşmaktadır[18]. Kentteki araçların; teknik bakımlarının yeterince yapılmaması, bilinçsiz kullanımı ve çok eski araçların hala trafikte kullanılıyor olması nedeniyle havayı kirletme özellikleri bir kat daha artan bu kirleticiler, büyük kentlerin ana cadde ve kavşaklarında, karayolları çevrelerinde sağlığı tehdit edecek önemli düzeylere ulaşmaktadır [38]. Araçlarda hava kirliliğine neden olan kirletici kaynaklar, motor türüne göre değişmekte olup dizel ve benzinli motor olmak üzere iki tür motor kullanılmaktadır. Egzoz borusu, fren balataları ve lastikler dizel motorlu taşıtlarda kirletici kaynaklarını oluştururken bu kaynaklarla birlikte benzin deposu, karbüratör ve kartel havalandırma ise benzinli motorla çalışan bir taşıtın başlıca kirletici kaynaklarını oluşturmaktadır.

Egzozdan üç farklı türde duman havaya karışmakta olup uygun yanma koşullarının olmaması nedeniyle tam yanmamış yakıt (VOC) taneciklerinin oluşturduğu duman siyah dumanı, uygun yanma koşullarının olduğunu gösteren tam yanma artığı maddelerin oluşturduğu duman ise gri-beyaz dumanı oluşturmaktadır. Bu iki duman tipi dışında bir de yanmamış yakıt ve yağ karışımı olan genellikle motorun bakıma gereksinimi olduğunu gösteren mavi duman bulunmaktadır.

Taşıtlardan kaynaklanan kirleticiler, genel ve özel kirleticiler olmak üzere ikiye ayrılmakta olup egzoz gazları içinde yer alan karbondioksit, hidrojen , su buharı ve azot gibi gazlar kirletici olarak kabul edilmemektedir. Ancak özellikle kurşun bileşikleri benzinli taşıtlarda önemli bir kirletici olmakla birlikte Egzoz gazı içerisinde bulunan karbon monoksit, parçacık maddeler ve hidrokarbonlar genel kirleticiler olarak kabul edilmektedir [91,11].Trafik hacmi, meteorolojik veriler ve hava kirliliği ile ilgili yapılan çalışmalarda, özellikle trafik hacmi ve hava devinimindeki değişimlerin kirlilik üzerinde etkili olduğu düşünülmekte bununla birlikte bölgesel bir etkisi olsa da hava devinimi yönünün de önemli olduğu gözlemlenmiştir[38].

2.6.2.3. Endüstriyel Kaynaklı Kirleticiler

Hava kirliliği ile alakalı tasarlanacak her türlü plan ve projede nüfus etmeni düşünülmesi gereken en önemli ölçütlerden biridir. Nüfustaki artış çeşitli sorunları da artırmaktadır. Kentsel yaşam alanlarında nüfus artışı nedeniyle hava kirliliğine neden olan etmenlerin sayısının arttığı bununla birlikte hava niteliği düzeyinin ise azaldığı belirlenmiştir[92].

1800'lerde dünya nüfusunun %3'ü kentlerde yaşamaktayken, 20. yy. sonlarında bu oran %47'ye ulaşmış, 2008 yılında ise dünya nüfusunun yarısından fazlası kentsel alanlarda yaşamaya başlamıştır[93]. Ancak burada asıl önemli olan nüfusun büyük bir kısmının yaşadığı kent merkezlerinde kaçınılmaz bir problem olan hava kirliliği düzeylerinin, tüm canlılar için kabul edilebilir düzeylere inmesi ve kentsel alanda hava niteliğinin planlama kararları ile iyileştirilebileceğinin ve denetim altında tutulabileceğinin ortaya konulmasıdır [32]. Türkiye'de 1950'li yıllarda başlayan hızlı ve plansız kentleşme, birçok kentte hava kirliliğinin artmasına dolayısıyla hava niteliğinin bozulmasına neden olan en önemli nedenler arasında yer almaktadır.

Tablo 13'den de anlaşılacağı üzere çevreye zarar verenlerin başında, plansız ve denetimsiz gelişen endüstrilerin ve bu endüstrilerden atmosfere salınan kirleticilerin olduğu görülmektedir. Bugün şehir içinde üretimlerine devam eden kuruluşlara yakın bölgelerde endüstrinin yoğunlaştığı ya da yer seçimindeki hataların neden olduğu birçok kentte, ciddi boyutlarda hava kirliliğinin olduğu bilinmektedir. İstanbul, İzmir, Bursa, Adapazarı, İzmir,

Adana, Karabük, Kırıkkale, Gaziantep gibi şehirler endüstriden kaynaklanan kirlilikten önemli ölçüde etkilenmektedir. Endüstri gelişmiş ve gelişmemiş iller karşılaştırıldığında, endüstri kuruluşlarının yoğun olduğu bölgelerde yaz aylarında kükürt dioksit ve uçucu tozların düzeyi belli bir sınırdan ibken diğler illerde ise sifira yakın bir düzeye inmektedirler.

Tablo 13. Türkiye’de Hava Kirlenmesine Neden Olan Temel Endüstriler ve Kirleticiler

Kirleticiler	Türkiye’de hava kirlenmesine neden olan temel endüstriler							
	Demir Çelik	Şeker	Çimento	Tekstil	Petro-kimya	Kâğıt-Selüloz	Enerji Üretim Santr.	Deri endüstr.
Baca gazları	✓					✓		
Karbonlu bileşikler	✓							
Kükürt dioksit		✓	✓	✓	✓		✓	
Toz			✓					
Duman					✓			
Hidrokarbon					✓		✓	
Amonyak					✓			
Azotoksit							✓	
Uçucu Küller,							✓	
Koku						✓		✓

Nüfus artışına paralel olarak endüstri kuruluşları da artış göstermektedir. Bu kuruluşların yan atıkları toprak ve su kirliliğine neden olurken bacalarından çıkan atıklar ise hava kirliliğine neden olmakta ve canlı yaşamını olumsuz etkilemektedir[93,19]. Endüstri kuruluşlarında enerji gereksinimi için yakılan yakıtlar ve bu kuruluşlarda yapılan işlemler sonucu bacalarından çıkan kimyasal gazlar kirletici tozlar, dumanlar ve metal oksitlerin baca ile havaya atılması kirlilik boyutunu arttıran bir nedendir [33].

Çeşitli endüstri ve enerji kuruluşlarından salınan hava kirleticilerinin düzeyleri; yakılan yakıtın düzeyine, bileşimine ve ısı değerine bunlarla birlikte yakma kuruluşunun karakteristiklerine, tasarım ve çalışma şekli ilişkisine varsa baca gazlarının çıkış yolunda

bulunan hava kirlenmesini engellemek amacıyla kullanılan denetim cihaz ve teknolojilerine bağı olarak değişmektedir.

Kömürde %1-%5 oranında kükürt ve %20 - %40 oranında kül bulunmakta olup Türkiye’de kömürle çalışan kuruluşlarda kullanılan kömürün yanması sonucunda oluşan SO₂’nin hepsi, külün ise %10-15 kadarı bacadan atılabilmekte dolayısıyla bu tür kuruluşlardan havaya her yıl yüzbinlerce ton kirlenici atıldığı açıkça anlaşılmaktadır [94].

Endüstride de fosil yakıtların kullanılması, ormanların zarar görmesi sonucunda havadaki karbondioksit düzeyinin %5 oranında yükseldiğı dolayısıyla bu durumun küresel ısınmaya yol açabileceğı öngörülmektedir [38].

2.7. Noktasal, Çizgisel, Alansal Nitelikte Kirlilikler ve Durağan ya da Devinimli Hava Kirlenmeleri

Kent havasını kirlen kaynakların türleri, özel kirlenimler ve dağılım koşulları, hava kirlenliği sorununu, kirlenlik nedenine bağı kaynakları gruplara ayırarak incelemeyi koşul kılmaktadır. Aslında önemli olan kirlenimlerin çevrede hissedilebilme durumudur. Kirlenimlerin değişen ölçeklerde farklı ulaşım uzaklıkları ve etkili olabilme süreleri bulunmaktadır. Bu yüzden büyük kentlerde havayı kirlen kaynakları, özel kirlenimin düzeyine ve türüne göre değil, kaynak türüne ve kaynak yüksekliğine göre üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar endüstri, enerji üretimi gibi kirlenici özelliğı belli büyüklüğün üstünde olan noktasal nitelikte, oto trafiğı başta olmak üzere, hava, su, demiryolu trafiğı gibi çizgisel nitelikte, konut bacaları ve küçük işletmeler gibi kirlenici özelliğı belli büyüklüğün altında olup buldukları alanda dağılmış olan alansal nitelikte kaynaklardır.

Bununla birlikte hava kirlenliğine neden olan kirlenici kaynağının yeri zamanla değişiyorsa ki buna devinim halindeki araçlar örnek verilebilir, bu tür kaynaklar devinimli kaynaklar olarak adlandırılır. Eğer kirlenici kaynağın yeri durağan ise ve belirli bir süre içinde değişmiyorsa, bu tür kaynaklar ise durağan kaynaklar olarak adlandırılır. Termik santraller ve endüstriyel kuruluşlar örnek olarak verilebilir [42].

Kirlenici olarak düşünülmesi gereken kuşkusuz yanma kuruluşlarıdır. Ancak bu yanma kuruluşlarının yanında termik santrallerde açıkta depolanan tozlu kömür ve uçucu küller de kirlenici kaynakları olarak düşünülmesi gerekmektedir. Endüstride ise enerji ünitelerinde yakılan ve elektrik, basınçlı buhar, sıcak su ya da kızgın yağ elde etmeye yönelik işlemler de en önemli kirlenici kaynakları arasında yer alır[94].

Alansal nitelikteki kaynaklar arasında en önemli payı olan kaynak, konutların ısıtılmasıdır. Belli bir alandaki konutlar, dükkânlar, atölyeler, küçük endüstriler hatta büyük kentlerde devinimsiz olan kilitlenmiş trafik bile bu tür kaynaklar arasında yer alır. Kış aylarında artış gösteren, ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin temel nedenleri; ısınmada niteliği düşük yakıtların (kükürt, kül ve kalori değeri düşük nem oranı yüksek kömürler) kullanılması, kullanılan kazanların bakımlarının düzenli olarak yapılmaması ile birlikte hatalı yakma tekniklerinin uygulanmasıdır. Kömür ve fuel – oil’in yakılmasıyla ortaya çıkan kirletici maddeler, bacalardan herhangi bir arıtma işlemi yapılmaksızın atmosfere olduğu gibi bırakılmaktadır[9].

Çizgisel nitelikteki kirleticiler arasında ise en önemli payı olan kaynak genelde ulaştırma kaynaklı olup bu tür hava kirliliği aynı zamanda çizgi halindeki nokta kaynakları (körfezler, nehir boyları gibi belli bir doğrultuda sıralanmış kaynaklar) da kapsamaktadır. Bunlar yolcu ve yük taşıyan araçların getirdiği kirliliktir. Bu araçlar benzinli, mazotlu ve gaz tribünlü olmak üzere içten yanmalı motorlarla çalışmakta olup bu tür çizgisel kaynaklardan yanma sonucunda azot oksitler , karbon monoksit , hidrokarbonlar , kükürt oksitler ve parçacık madde gibi kirleticiler havaya karışmaktadır [38].

Genel olarak noktasal nitelikteki kirletici kaynakların en önemlileri sırasıyla termik enerji üretim kuruluşları, büyük endüstri kuruluşları, toplu konut ısıtması ve ticarethanelerdir. Bu tür işletmelerde enerji gereksinimi için yakılan yakıtlar ve bu kuruluşlarda yapılan işlemler sonucu bacalarından çıkan kimyasal gazlar kirletici tozlar, dumanlar ve metal oksitlerin baca ile havaya karışması sonucunda kirlilik oluşmaktadır. Bunlarla birlikte kentlerde, çeşitli şekillerde toplanıp yakılarak yok edilen atıklar noktasal kaynakları oluştururken bu atıkların depolandığı alandaki gaz çıkışları geniş bir alanda olduğundan dolayı bu tür işletmeler alansal nitelikte kaynaklar arasında yer almaktadır.

Devinimli kaynaklar olarak sınıflandırılan motorlu taşıtlar ve noktasal nitelikte kaynaklar sınıfında yer alan endüstriyel kaynaklar da bölgesel olarak hava kirlenmesine neden olmaktadır. Hatta çöp ya da tozlu inşaat malzemesi yüklü kamyonlarının uygunsuz koşullarda ve üstü açık şekilde kent içi yollardaki hareketi devinimli kaynaklar arasında sayılır. Isıtma ve endüstriyel kaynaklardaki kirleticileri durağan kaynaklarda yakıt yanması olarak belirlemek olasıdır [94,38].

2.8. Kirleticilerin Sınır Değerleri

Kentsel hava kirleticilerinin durumu, yapısı ve özelliklerine genel olarak değinilmiştir. Türkiye’de ilgili Bakanlık hava kirliliği üzerine çeşitli çalışmalar yapmakta ve bu çalışmalarını

herkesin ulaşabileceği şekilde paylaşımına açmaktadır. 06.06.2008 tarihli Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde bilgilendirme ve uyarı eşiği ile hedef değer ve uzun vadeli hedeflerde kentsel hava kirleticilerinin durumu anlatılmaktadır[83].

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğine göre öngörülen uzun vadeli (UVS) ve kısa vadeli (KVS) değerler tablo 14'de gösterilmektedir. Hava kalitesi standartları ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre farklılık göstermekte olup ABD'nde bu değerler Temiz Hava Yasası'na göre Avrupa'da ise Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenen sınır değerlere göre düzenlenmiştir[68].

Tablo 14. Kirleticilerin Uzun Vadeli (UVS) ve Kısa Vadeli (KVS) Sınır Değerleri($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [94, 68]

Kirleticiler		Türkiye		Dünya Sağlık Örgütü(Avrupa)		ABD (EPA)	
		UVS	KVS	UVS	KVS	UVS	KVS
Kükürt dioksit (SO ₂), (SO ₃ dahil)	Genel	150	400 (900)	50	125	30	365
	Endüstri böl.	250	400 (900)				
Karbon Monoksit (CO)		10.000	30.000				
Azot Dioksit (NO ₂)		100	300	40	200	100	
Azot Monoksit (NO)		200	600				
Asılı Partiküller Madde (PM ₁₀)	Genel	150	300			50	150
	Endüstri bölgeleri	200					

Ülkemizde yürürlükteki yönetmeliğe göre sınır değerler sırasıyla Dünya Sağlık Örgütü ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) değerlerine göre fazlasıyla yüksektir. Örneğin tablo 16 da verilen değerlere göre kükürt dioksitin uzun vadeli sınır değeri ülkemizde 150, Avrupa 50, ABD'de ise 30 $\mu\text{g m}^{-3}$ 'tür [68].

Tablo 15'de Avrupa Birliği ve Türkiye Hava Kalitesi Değerlendirme Sınır Değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. 1 Ocak 2014'ten sonra Avrupa Birliği sınır değerlerinin geçerli olacağı tarihe kadar sınır değerler toleranslı değerlerdir. Avrupa Birliği sınır değerlerin geçerli olacağı tarihlere kadar tolerans payları sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit düzeyde yıllık olarak azaltılır.Parantez içindeki rakamlar en yüksek saatlik sınır değerlerdir.

Tablo 15. Avrupa Birliği ve Türkiye Hava Kalitesi Değerlendirme Sınır Değerleri [95].

KİRLETİCİ	AB-Limit Değerler			Türkiye-Limit Değerler							
	Süre	Limit Değer	Aşma Sayısı	Süre	2009 ve Öncesi Sınır Değer	2010 Sınır Değer	2011 Sınır Değer	2012 Sınır Değer	2013 Sınır Değer	2014 Sınır Değer	Türkiye için AB Limit Değerlerin Geçerli Olacağı Tarih
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
SO ₂	saat	350	24 kez/yıl	saat	900	900	900	900	900	500	1 Ocak 2019
	24 saat	125	3 kez/yıl	24 saat	400	370	340	310	280	250	
	kış dönemi	20 (ekosistem)	-	kış dönemi	250	225	200	175	150	125	
	yıl	20 (ekosistem)	-	yıl	150 (insan sağlığı) 60 (ekosistem)	150	150	150	150	20	
NO ₂	saat	200	18 kez/yıl	24 saat	300	300	300	300	300	300	1 Ocak 2024
	yıl	40	-	yıl	100	92	84	76	68	60	
NO _x	yıl	30	-	-	-	-	-	-	-	30	1 Ocak 2014
		(ekosistem)									
PM10	24 saat	50	35 kez/yıl	24 saat	300	260	220	180	140	100	1 Ocak 2019
	kış dönemi			kış dönemi	200	178	156	134	112	90	
	yıl	40	-	yıl	150	132	114	96	78	60	
Pb	yıl	0,5	-	yıl	2	1,8	1,6	1,4	1,2	1	1 Ocak 2019
C6H6	yıl	5	-	-	-	-	-	-	-	10	1 Ocak 2021
CO	8 saat	10000		8 saat						16000	1 Ocak 2017
	yıl			yıl	10000	10000	10000	10000	10000	10000	
	24 saat		-	24 saat	30000	26000	22000	18000	14000	10000	
O ₃	8 saat	120	25 gün/yıl	8 saat	120 (2022 için hedef değer)					1 Ocak 2022	
		(hedef değer)									
	saat	180 (bilgi eşiği) 240 (uyarı eşiği)	-	saat	180 (bilgi eşiği) 240 (uyarı eşiği)						
Arsenik	yıl	0,006	Bir yılda PM10 fraksiyonundaki toplam içerik için hedef değer	yıl							1 Ocak 2020
Kadmiyum	yıl	0,005									
Nikel	yıl	0,02									
Benzo(a)piren	yıl	0,001									

2.9. Kirleticiler ile İlgili Verilerin Değerlendirilmesi

Bahsedilen ölçüm teknikleri sonucunda alanda belirlenen kirleticiler türleri ve değerlerinin sınır düzeylerine bakılarak sınırın üzerine çıkan ve risk oluşturan kirleticiler türleri belirlendikten sonra bu kirleticiler ya da kirleticilerin doğal kaynaklı mı yapay kaynaklı mı olduğu araştırılır.

Hava kirliliği kaynağı belirlendikten sonra bu kaynağın ısınma, trafik ya da endüstriyel kaynaklı bir kirleticiler türü mü olduğu bunların noktasal, çizgisel, alansal, durağan ya da devinimli bir kirleticiler türü olup olmadığı saptanarak kirleticiler verileri toplanır. Bunun için, her bir kirleticiler türüne ait, doğal ya da yapay kirleticiler kaynaklarına ve kirleticiler niteliklerine göre durumu sınıflandırılan tablo 16'dan faydalanılır. Tablodan da anlaşılacağı üzere kirleticiler kaynaklarından noktasal ve alansal nitelikteki kaynaklar aynı zamanda durağan kaynaklar olup çizgisel kaynaklar ise devinimli kaynaklar arasında yer almaktadır.

Tablo 16. Kirleticilerin, Doğal ya da Yapay Kirletici Kaynaklarına ve Kirletici Niteliklerine Göre Sınıflandırılması

Kirleticiler	Doğal Kaynaklı Kirleticiler				Yapay Kaynaklı Kirleticiler			Kirletici Nitelikleri				
	Volkanlar	Orman Yangınları	Okyanus Spreyleri	Çürüme	Isınma Kaynaklı	Trafik Kaynaklı	Endüstriyel Kaynaklı	Noktasal Nitelikte	Çizgisel Nitelikte	Alansal Nitelikte	Durağan Nitelikte	Devinimli Nitelikte
SO ₂				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CO			✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓
CO ₂	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓
NO _x	✓				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
O ₃							✓	✓			✓	
PM _{2.5}	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
PM ₁₀	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
H ₂ S	✓	✓									✓	
H ₂	✓					✓			✓		✓	✓
Cl	✓										✓	
CH				✓							✓	
HC						✓	✓	✓	✓		✓	✓

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

KENTSEL HAVA KİRLİLİĞİNE ETKİSİ OLAN ETMENLER

Kirleticilerin yoğunluğu ve çevreye yayılışı; yüksek basınç, atmosferik kararlılık, yüksek atmosfer rüzgârları, terselme, kentsel ısı adası ve yerel rüzgâr sistemleri gibi iklimsel koşulların denetimi altındadır. Dolayısıyla hava kirliliği meteorolojisi bakımından sorun iki yönlüdür. Atmosferdeki kirlilik hava ve iklim üzerinde olumsuz etki oluşturabilirken aynı zamanda iklimsel koşullar kirleticilerin belli bir ortamdaki yoğunluğunu ve dağılımını da

önemli ölçüde etkilemektedir [85]. Örneğin en yüksek SO₂ ve parçacıkların yoğunluklarının farklı aylarda gerçekleşmesi, bu dönemlerde terselme, basınç, yağış, hava devinimi yönü ve hızından meydana gelen iklimsel etkenlerin farklılaşmasından kaynaklanmaktadır [3].

Genel anlamda fiziksel çevre etkenleri olarak tanımlanan ve hava kirliliğinin etkisini azaltan ya da çoğaltan bu etkenler; arazi durumu, yükseklik etmeni, hava basıncı, hava sıcaklığı, hava devininin hızı ve yönü, havanın kararlılık ve kararsızlık hali, sıcaklık terselmesi, bakı durumu, nem, yağış ve bulutluluk gibi iklimsel etmenlerdir[57].

Hava kirliliğinin etkisini arttıran etkenler iki gruba ayrılır. Bunlar; canlıların yaşamı için gerekli olan atmosferde oluşan hava olaylarının oluşum, gelişim ve değişim sürecini belirlemeye yardımcı olan sıcaklık, basınç, bulutluluk, yağış ve nem gibi kentsel hava kirliliğinde iklimsel oluşumların etkisi ile bakı, yeşil - boş alan, terselme (inversiyon) ve su yüzeyi gibi kentsel hava kirliliğinde yeryüzü niteliklerinin etkisi şeklindedir.

Bu etkenler birbirinden bağımsız değişkenler olmayıp tamamı güneşten gelen enerji ile alakalıdır. Dolayısıyla bir bölgede herhangi bir iklimsel koşulların hava kirliliği üzerinde ne derece etkili olabileceğinin önceden bilinmesi ve bu koşulları oluşturan kirleticilerin ve meteoroloji verilerinin düzenlenip değerlendirilerek kirlenme olasılığının önceden saptanması gerekir [94].

3.1. Kentsel Hava Kirliliğini Etkileyen Yeryüzü Nitelikleri

Meteorolojik koşullar, atmosferdeki kirletici düzeylerini artırabileceği gibi, kirliliğin havanın çevreye yayılmasında da önemli rol oynamaktadır. Diğer bir anlatımla atmosfere katılan kirleticilerin dağılımı ve başka alanlara taşınması iklimsel koşulların etkisi altındadır. Bu etki ise özellikle hava devinimi ve ısı terselmesi ile belirginleşir ve Havadaki kirletici düzeyinin artmasında en az kirletici kaynakları kadar önemli rol oynamaktadır. Bununla birlikte düşey ve yatay hava devinimlerinin neden olduğu hava burgacı (türbülans), kirleticilerin atmosfere dağılmasına ortam oluşturmaktadır [96].

3.1.1. Bakı ve Eğim

Bir yerin güneşe karşı olan duruşu olarak değerlendirilen bakı, aynı zamanda bir yerin güneşlenme süresine de etkilemektedir. Güneşlenme süresi ise o bölgedeki hava sıcaklığını, konut ve iş yerlerindeki sıcaklığı etkilemektedir. Bu nedenle bakı durumu, bir yerleşim alanındaki ısınma gereksinimini ve yakıt düzeyini etkilediğinden dolayı hava kirliliği ile doğrudan ilişkilidir[57,97].

Bakı, arazi üzerindeki çeşitli yüzeylerin bakış yönlerinin belirlenmesinde tercih edilen sayısal bir arazi analiz şeklidir [22,98]. Örneğin bakı analizi özellikle vadi çalışmalarında, vadi yakasının farklı yönlere bakıyor olması nedeniyle o bölgeye düşen birbirine paralel güneş ışınlarının yere çarpma açıları çeşitli yamaç eğimlerine göre, geniş ölçüde farklı değerler göstermesi nedeniyle yerel ısınma farkları oluşturduğundan dolayı önemli görülmektedir[22,97]. Bakı değerleri arazi eğimine göre belli bir sınıflandırmaya uyularak, kuzey, güney vb. bakı aralıkları belirlenebilmektedir. Bununla birlikte arazi üzerinde bir noktadaki bakı, o noktadan geçen teğet düzleminin baktığı yön olup, (kuzeyde saat açısı yönünde tanımlanan açı) derece cinsinden tanımlanmaktadır[22]. Türkiye'de güneye bakan yamaçlardaki yerleşim alanları kuzeye bakan yamaçlardaki yerleşim alanlarına oranla çok daha az yakıt harcanması nedeniyle hem maddi hem de hava kirliliği yönünden olumlu bir durum oluşturmaktadır[57].

Günümüzde yerel güneş ışınlarından, kent planlamaları ve mimari tasarım çözümlerinde, güne enerji sistemlerinde, ürün yetiştiriciliği örneklerinde, sulama sistemlerinin projelendirilmesinde ve bitkinin su tüketimi ve buharlaşma ile birlikte su toplamı olan evapotranspirasyon yaklaşık değerlendirmelerde yararlanılmaktadır [99]. Hatta bir yerin dünya-güneş doğrultusunun yerin ekvator düzlemi yaptığı açı olarak tanımlanan deklinasyon açısı, güneşlenme durumuna göre yapı görünümleri ile yapı duvarlarında güneş ışınlarının bulunma süresi yer ve zamana göre değişiklikler formüle edilmektedir [100].Türkiye'nin hemen hemen her yıl yaklaşık olarak 2640 saat güneşlenme süresi ile ortalama güneşlenme değerlerinin çok daha üstünde güneşlenme süresi olan bir ülke olduğunu vurgulamaktadır[99].

Sonuç olarak bakı analizleri dikkate alınarak, güneşe karşı yerleşim olması durumunda güneşlenme oranı daha fazla olacağından dolayı yakıt tüketimi azalacak bununla doğru orantılı olarak kirlilik de azalacaktır. Ancak tam tersi durumda yani korunaklı yamaçta bir yerleşim söz konusu ise güneşlenme oranı azalacağından dolayı yakıt tüketimi artacak dolayısıyla hava kirliliği de artacaktır. Bu nedenle bir bölgede oluşacak olan yerleşim için, güneşten yararlanma, güneşten korunma, bitkilendirme, yapısal öğelerin (konutlar, spor alanları vs) konumlandırılması gibi bakı analizlerinden yararlanılması o bölgede hava kirliliğinin oluşmasını engelleyecek bir tutum oluşturacaktır [22,98].

3.1.2. Yeşil ve Boş Alan

Yeşil alanların biyofiziksel özellikleri, kentsel iklimin iyileşmesinde öne çıkan niceliklerden biri olup kentteki yeşil dokunun azalması çevre ve özellikle hava kirliliğinin artmasında etkili olmaktadır. Bu tür yeşil alanlar yapısı gereği bitkisel ve yapısal gereçlerin biyolojik, morfolojik ve fizyolojik etkileri ile iklimsel öğeler üzerinde denetim etkisi oluşturmaktadır [101].

Bitki örtüsüyle kaplı alanlarda polen oluşumu dışında herhangi bir toz oluşumu gerçekleşmemekte olup araştırmalar kentlerdeki yeşil alanların kentsel peyzaj alanları oluşturmasının yanı sıra atmosferdeki nem oranını yükselterek ve sıcaklığı düşürerek kent iklimini düzenlediğini göstermektedir. Ağaçlar kentsel alanlara önemli düzeyde maddi katkılar sağlamakta olup yağışlar sonucunda oluşan yüzey akışlarının önemli ölçüde azalmasını ve yapraksız oldukları aylarda bile öncelikle parçacık maddelerin depolanmasını sağlayacak biçimde havanın taşıma kapasitesini azaltır ve havadaki kirleticilerin büyük bir kısmını süzerek hava niteliğinin iyileştirilmesine yönelik önemli ölçüde katkıda bulunurlar.[54]. Bundan dolayı yeşil alanların filtre etme etkisini kavrayabilmek için, parçacıkların büyüklüğü ve sayısı, fiziksel ve kimyasal özellikleri, hava devinimi başta olmak üzere meteorolojik koşullar, arazi yapısı ve yeşil alanların konumu, büyüklüğü ve yapısına ilişkin değişkenlerin bilinmesi gerekmektedir [42].

Kükürt gereksiniminin büyük bir kısmını topraktan sağlayan bitkiler eğer toprağın kükürt oranı düşük ise bu gereksinimini yaprakları sayesinde havadaki SO₂ den karşıladığından dolayı doğrudan havadaki kükürt düzeyinin azaltması nedeni ile hava kirliliği yönünden olumlu davranış sergiler. Ayrıca bitkiler, havada yer alan başka bir kirletici türü olan nitrojen oksitleri de önemli ölçüde atmosferden emerek bir ölçüde tozları ve NO₂, CO, SO₂, O₃ gibi gazları tutmaları ile kirlenmeye karşı koruyucu bir çeşit "kalkan" özelliğinden dolayı kirliliği azaltıcı etki göstermektedir[57,97].Ağaçlar, parçacıkların depolanmasını sağlayacak şekilde havanın taşıma düzeyini azaltmasının yanında aynı zamanda odun dokularında karbonu depolaması ve serinletme etkileri nedeniyle CO₂'in atmosferden uzaklaşmasını sağlamaktadır [54,8].

Ağaçların var olan yaprak ağırlıklarının beş ile 10 katına kadar toz tutabilme düzeyi bulunmaktadır. Kentte bir rüzgâr perdesi ya da bitkisel yeşil duvar oluşturulduğunda parklardaki ağaçların parçacıkların %85'ini, caddelerdeki ağaçların ise bu parçacıkların

yaklaşık %70'ini filtrelediği görülmekte, hatta bitkilerin yapraksız olduğu kış aylarında bile ağaçların bu konuda %60 oranında etkinliklerini sürdürdüğü bilinmektedir [54].

MELDAU'ya göre (1951) 1 ha. Ladin ormanı 32 ton, 1 ha. Çam ormanı 36,4 ton ve 1 ha. kayın ormanı 68 ton tozu yapraklarında tutabilme davranışı gösterebilmektedir[42]. Bu nedenle yeşil alanlara özellikle yaprağını kış mevsiminde dökmeyen, bulunduğu yörenin iklimine uygun kızılçam, palmiye, narenciye(turunç) gibi türlerin ekilmesi ile havanın doğal olarak temizlenmesine katkı sağlanacaktır [102]. Kentlerin çevresindeki orman alanlarının ve buna ilişkin etkinliklerin her şeyden önce kentin içinde bulunduğu doğal koşullar ile uyumlu olması gerekmektedir. İlke olarak doğal ve kültürel bitki dokusunun bulunmadığı ya da yetersiz olduğu kentlerin çevresinde yeşil kuşaklar oluşturmak, doğal bitki örtüsünün var olan olduğu durumlarda bu bitki örtüsünü iyileştirmek ve kentin gelişimini var olan bitki örtüsünün korunmasına göre planlayarak kent – bitki örtüsü - kırsal alan kaynaşmasını dengelemek doğru bir karar olacaktır [103].

Kentteki yeşil alanların tükettikleri düzeyde oksijen üretmeleri olası değildir. Atmosferin üst katmanlarında bulunan milyarlarca ton oksijen yeryüzü düzeyinden 50 ila 100 m. yükseklikteki alanda kullanılamamaktadır. Ancak yeşil alanlar ve ağaçlar hava devinimi ile üst katmandaki oksijenin solunumun gerçekleştiği alt katmanlara taşınmadığı durağan havalarda en azından bu bölgedeki solunum için gerekli oksijen düzeyinin artışında önemli rol oynamaktadır[113].

Oysaki kent içi topografya, kıyı, akarsu, bitki örtüsü, toprak, kumul, kıyı çizgisi gibi doğal verilere fiziksel planlarda yeteri kadar yer verilmemekte olup peyzaj planlamanın kentlerin büyümesinde dolayısıyla gelişmesinde ve sürdürülebilmesinde oluşturacağı olumlu etki anlaşılamamaktadır [104]. Kentlerdeki yeşil alanlar sadece kentsel peyzajı düzenlemekle kalmayıp bunun yanı sıra havadaki nem oranını artırıp sıcaklığı düşürerek ve hava niteliğinin iyileştirilmesine katkıda bulunarak kent ekosistemini düzenlediğinden kentsel gelişim planlarında bitki örtüsünün kentin termal iklimi üzerindeki olumlu ve olumsuz etkileri mutlaka dikkate alınması gerekmektedir [54]. Kent boşluklarının, kapalı, açık alanlar – yapısal doku, peyzaj – seklinde birbirini etkileyen ve destekleyen alanlar olarak öngörülen kentsel vizyona göre düzenlenmesi olarak açıklanabilen kentsel park, kent çayırını ve kent korusunu da içererek, yerleşimin yeşil ağları için merkezi bir rol oynayabilir [105,106].

Gelişmiş ülkelerin çoğu yaşam niteliğinin yükseltilmesi hedefi ile Kent ormanlarını estetik ve işlevsel etkileri ile hem kentle bütünleşen bir yeşil doku, hem bölgesel ormanın bir parçası, hem de kırsal peyzajın tamamlayıcı bir ögesi olarak değerlendirmektedirler. Kentlerin çevresindeki sorunlu alanlarına planlanan kent ormanlarının, planlamada farklı yöntem ve

teknikler gerektirdiğinden dolayı orman mühendisleri, şehir plancıları, peyzaj mimarları ve diğer ilgili meslek temsilcileri ile birlikte yerel yönetim yetkililerinin ortaklaşa sürdüreceği çok disiplinli çalışmalara konu edilmesi gerekmektedir. Az gelişmiş ülkelerin plansız gelişen kentlerinde oluşturulan kent ormanları ise, daha farklı işlevleri ile önem kazanmakta olup kent ormanlarının kuşaklama etkileri ile kentlerin planlı ve düzenli gelişiminin sağlanması ve kaçak ya da denetimsiz kentleşmenin önlenmesi bunun yanı sıra yerel odun gereksinimini karşılayan bir kaynak olması ile ön plana çıkmaktadır.

Türkiye'deki kent ormancılığı anlayışını yansıtan örneklerin Osmanlı imparatorluğunun 1450 – 1530larda yükseliş dönemlerinde başkent İstanbul'da oluşturulan ya da düzenlenen korular ile başladığı değerlendirilmektedir. Cumhuriyet döneminde ise Atatürk'ün isteği ile başkent Ankara'da kurulan "Atatürk Orman Çiftliği", kent ormancılığı uygulamaların örnek oluşturmuş daha sonra ise, Orman Bakanlığı tarafından Türkiye'nin birçok kentinde yeşil kuşak projeleri hazırlanmış ve uygulamaya geçirilmiştir [103].

Oysaki birçok kentin doğal yollar ile kirliliğinin iyileştirilmesinde filtre işlevi yaparak temizleyen ve oksijen sağlayan yeşil alanların, yapılaşmaların artması sonucu git gide azalması, yeterli ağaçlandırma çalışmalarının yapılmaması, iklimsel açıdan kentte eksiklik ve beraberinde zayıflık yaratmaktadır. Bu nedenle yeşil alan tanımının birçok kentte yalnızca çimlendirme ya da çiçeklendirmeye dönüşmesi sonucunda hiçbir zaman odunsu bitkiler kadar etkin olamayacak olan çim ya da otsu bitkilerin etkisi iklimsel açıdan da yeterli olamayacaktır [45]. Dolayısıyla, gelişmiş ağaçlar kesilerek yerine oluşturulan çim alanlar iklimsel açıdan olumsuz etki oluştururken, çatı ve cephe kaplamaları gibi beton yüzeyler yerine yapılacak olan daha çok otsu bitkiler ile oluşturulan alanlar ise iklimsel açıdan olumlu etki oluşturmaktadır[107].

Bununla birlikte minimum taban oturma alanları ile oluşturulan yeni yerleşim alanlarında kat adetlerinin artırılmasına bağlı olarak yeşil alan kullanımını artırma önerisi aslında üzerinde dikkatle düşünülmesi gereken bir denetim sistemini de beraberinde getirmektedir. Öncelikle yapı yoğunluğunun yüksek olduğu kent merkezlerinde yapı içinde ve çevresinde mikro klimayı dengeleyecek yeşil doku oluşumunu sağlamak, iklimle ve bölgenin arazi koşulları ile uyumlu yeşil doku oluşumunu sağlamak ve kentteki yapı yoğunluğunu azaltacak plan kararları oluşturmak gerekmektedir. Kentte yer alan yeşil alanlar, çevresindeki yapısal alanlara oranla 1-2 derece daha serindir.[108]. Bunun için örneğin toplu konut alanlarında her 5000 mesken için 8 ila 15 hektar arasında değişecek büyüklükte kamusal park ya da kent parkı yapılması serinlik sağlama açısından önemli görülmektedir[106].

Nüfus açısından çok kalabalık bir kent olan Çin Halk Cumhuriyeti hava kirliliğinin önlenmesinde, kent ormancılığı çalışmaları ile başarılı olan dikkat çekici atılımlar gerçekleştirmiş bir ülkedir. Öncelikle Çin Halk Cumhuriyeti'nin 1949 yılında kurulmasının hemen ardından Mao Zedong, 12 Martı ulusal ağaçlandırma günü ilan etmiş ve bu kampanya sayesinde ülke genelinde kent ağaçlandırma çalışmaları hızla başlamış bu kampanyaya teşvik adına 11 ila 60 yaş grubunda yer alan her Çin vatandaşını yılda 3 adet ağaç dikmesini zorunlu tutmuştur. Bu sayede 90'lı yıllara kadar sadece Pekin'de hava devinimi ve tozdan korumak için gerçekleştirilen kent içine ve çevresine dikilen ağaç sayısı toplamda 500 milyona ulaşmış ve bu amaç için ayrılan alan ortalama 10000 hektarı aşmıştır[109].

Latin Amerika ülkelerinden Meksika'nın başkenti olan Mexico City, 17 milyonu aşan nüfusu ile dünyanın en kalabalık ve hava kirliliğinin en yüksek olduğu kentlerinden biridir. Kentin bu olumsuz durumunun çözümü için 1990 yılında "her aile için bir ağaç kampanyası" başlatılmış ve ağaçlandırma işi bu kentte toplumun her sosyal katmanı ve her düzeyden resmi sorumlu birimleri tarafından milli bir slogan olarak kabul edilmiş ve bu sayede toplam 1.8 milyon adet fidan dikilmiştir. Bunun için tüm ülke seferber olmuş tüm eğitim kurumlarında küçük yaşlarda ağaçlandırma bilincinin oluşturulmasına yönelik programlar uygulanmış, tarım kuruluşları halka bedava fidan dağıtmış ve Meksika ordusu ağaçlandırma kampanyalarında bizzat görev yapmıştır[110].

3.1.3. Su Yüzeyi

Su yüzeylerinin, serin hava üreten alanlardan kentsel mekânlara doğru sıcaklığı düşürücü olarak kent iklimi üzerinde büyük etkisi bulunmaktadır. Atmosferde bulunan kirleticilerin çoğunu kendi bünyesine emerek temizleyebilen su kütleleri, yerleşme merkezlerinin yakınlarında bulunan kükürt dioksit, azot dioksit, karbon monoksit ve metan gibi kirleticileri bünyesine alarak havanın temizlenmesinde olumlu yönde etkinlik göstermektedir[57]. Aslında havada oluşan en fazla kirlilik atmosferin ilk 0 ila 100 m arasında gerçekleşmekte olup bu düzeyde kentlerde ve kasabalarda kirlilik en yüksek düzeylere çıkmakta olup bu kirliliğin bir kısmı bitkilerle, bir kısmı da su yüzeyleri ve yapılar tarafından emilmektedir. Örneğin SO₂'nin üçte biri bu şekilde emilerek atmosferdeki aşan sınır değerleri azaltılabilmektedir[111].

Aynı zamanda su yüzeyleri, oldukça etkili bir iklim düzenleyici olup büyük ölçüde yüksek sıcaklığı kendi yapısına alarak suyu buharlaştırmakta bu sayede kentteki sıcaklığın düşmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte su yüzeylerinin suyu depolama, yüzey akışını

denetleme, bitki ve hayvanlar için habitat alanı oluşturma, taban suyu düzeyini artırma, ortamda bulunan nemin düzenlemesi gibi olumlu yönleri de bulunmaktadır[112].

3.1.4. Terselme (İnversiyon)

Atmosferde yer alan kirleticilerin dikey yönlü akımlarla yükselmesi, karışma derinliği ile ilgili olduğundan bu derinlik içindeki hava devinimi hızı da önemli görülmektedir. Yeryüzü ile terselme etkisinin başladığı düzey arasındaki yükseklik olarak tanımlanan karışma derinliği, geceleri daha az olup öğle saatlerine doğru ise artış göstermektedir.

Hava içindeki kirleticilerin en fazla yükselebildiği düzey olarak bilinen karışma derinliğinin, yerleşim alanları üstündeki düzeyi serbest araziye oranla biraz daha yüksek olmasının nedeni ise yerleşim merkezleri üzerinde oluşan ısı adasından dolayıdır. Bunun en önemli nedenlerinden biri ise, evlerde ve işyerlerinde tüketilen yakıtlardan kaynaklanmaktadır. Karışma derinliği ne kadar az olursa kirli hava o kadar yoğun ve yere yakın, karışma derinliği ne kadar fazla olursa kirli hava da daha az yoğun olacak ve yerden daha yükseklere çıkacaktır[57].

Yatayda ve düşeyde artan yapılaşma yoğunluğu, ısıyı emen yol ve yapı yüzey malzemeleri, yapıların yüksekliği nedeniyle hava deviniminin kesintiye uğraması, yağışların drenaj sistemleri ve kanalizasyon yoluyla toplanması bununla birlikte yağışın toprak içine sızmasının geçirimsiz malzemeler nedeniyle engellenmesi ve sis oluşumu kentlerde ısı adalarını oluşturan nedenler arasında yer almaktadır [113].

Hava kirliliğini etkileyen fiziksel çevre etmenlerinin birçoğu hava kütlelerinin özellikleri ile ilişkili olup havanın kararlılık-kararsızlık özelliği olarak da bilinen sıcaklık terslemesi bu etmenler arasında en önemlisi olarak bilinmektedir. Yeryüzüne yakın ve soğuk havanın alt kesimlerinde yer alan kirleticiler yukarı doğru devinim edemediğinden dolayı bu kirleticiler alt kısımda birikmeye neden olmaktadır. Ancak altta bulunan sıcak hava daha az yoğun olduğu için yukarıya yükselecek ve bu yükselme devinimi sırasında içinde bulunan kirleticileri de uzaklaştıracaktır. Eğer hava kütlelerinin alt bölümleri üst bölümlerine göre daha soğuk olursa bu soğuk hava kütleleri daha yoğun olacağı için kararlı bir durum oluşturacak ve düşey yönlü hava devinimi sağlayamayacaktır. Normal şartlarda hava kütleleri aşağıdan yukarıya doğru devinim ederken sıcaklığın sürekli azalması dolayısıyla soğuması gerekir. Yani, yükselirken içindeki kirletici maddeleri de beraberinde yukarı taşımakta ve bu dikey hareket ile havayı temizlemektedir.

Ancak azalması gereken sıcaklık bir yerde artıyorsa ve daha sonra tekrar azalıyorsa bu durum sıcaklık terselmesini oluşturmaktadır [57,8]. Örneğin yer yüzeyinin karla örtülü olduğu bulutsuz kış gecelerinde yerden ışıma yüksek olacağından gece boyunca yerle temas halindeki hava tabakası da soğuyacak ve bu olayın sonunda terselme oluşacaktır [3].

Enerji alımının giderek azaldığı akşam saatlerinde ısıtma kullanılması sonucunda kirli bulut tekrar oluşmaya başlamakta ve sabah saatlerine kadar oluşumunu tamamlamaktadır. Sıcak havanın üstte, soğuk hava ise altta olduğu durumlarda dikey hava devinimi de oldukça zor olacağından bacalardan çıkan duman yükselmeyecektir. Bu durum kuvvetli hava deviniminin olmadığı zaman süresince kış boyunca sürdürmekte olup aksine havanın durağan olduğu kapalı günlerde bu koşullar değişene kadar bu tür terselme oldukça tehlikeli bir kirlenme şeklini oluşturacaktır[3,97,114].

Gece yarısı ve sabaha karşı ortaya çıkan terselmede, sabah güneşi ile birlikte yeryüzünün ısınması sonucu öğlen saatlerine doğru terselmenin sınırının artması sonucu kirli hava içindeki kirlenmelerle birlikte yükselmektedir.

Kuzeye bakan cephelerde terselme daha uzun sürer ancak güneye bakan yamaçlarda, güneş ışınları vasıtasıyla sıcaklık terselmesi ortadan kalkar. Topoğrafik nedenlerle vadi ya da çanak özelliğinde olan yer şekillerinde oluşan diğer bir terselme türü ise, soğuk cephe terselmesidir. Daha çok havzalarda ve vadilerde görülen bu terselme şekli, soğuk havanın sıcak havanın altına ya da sıcak havanın soğuk havanın üstüne doğru devinim etmesi sonucu oluşan dinamik kökenli olan bu şekildeki terselmelerde yükseklerdeki soğuk ve ağır hava yoğunluk farkından dolayı, geceleri daha da ağırlaşarak alçaklardaki havza ve vadilere doğru devinim etmektedir.

Hava kirliliği bakımından önemli ölçüde olumsuz bir durum olan terselme sırasında, hava sıcaklığı genellikle 0°C'nin altına düşüğünden dolayı buna bağlı olarak da yeryüzünde çoğu zaman don ve sis olayı oluşmaktadır. Kısacası terselme var ise hava kararlı ve çok kirli eğer terselme yok ise hava kararsız ve az kirli bir durum oluşturacaktır [3,57].

Atmosferde insan etkinlikleri nedeniyle oluşan yapay sise smog adı verilir. Kirlenme nedeniyle görüş uzaklığının azalması, diğer bir deyişle bulanıklığın artması, renkli gazlar ve bulutların içerisinde bulunan küçük su damlacıklarının çekirdek görevi üstlenmesi, yoğun hava nemi nedeniyle doğal olmayan sisler oluşur. Sis, yeryüzüne inmiş stratus bulutları olarak da bilinmekte olup böyle günlerde hava sıcaklığı yer yüzeyinden yukarı doğru yükseldikçe artış göstermektedir [14].

Dolayısıyla sis oluşumunu terselme oluşumu ile iç içe düşünmek gerekir. Normal şartlarda yerden yükselerek sıcaklığın azalması gerekirken tam tersi durumlarda havada

yeterince nem var ise ve hava devinimi de yok ise sis kolayca oluşmakta ve kirlilik arttıkça sisin yoğunluğu ve dağılma süresi de artmaktadır [115].

3.2. Kentsel Hava Kirliliğini Etkileyen İklimsel Oluşumlar

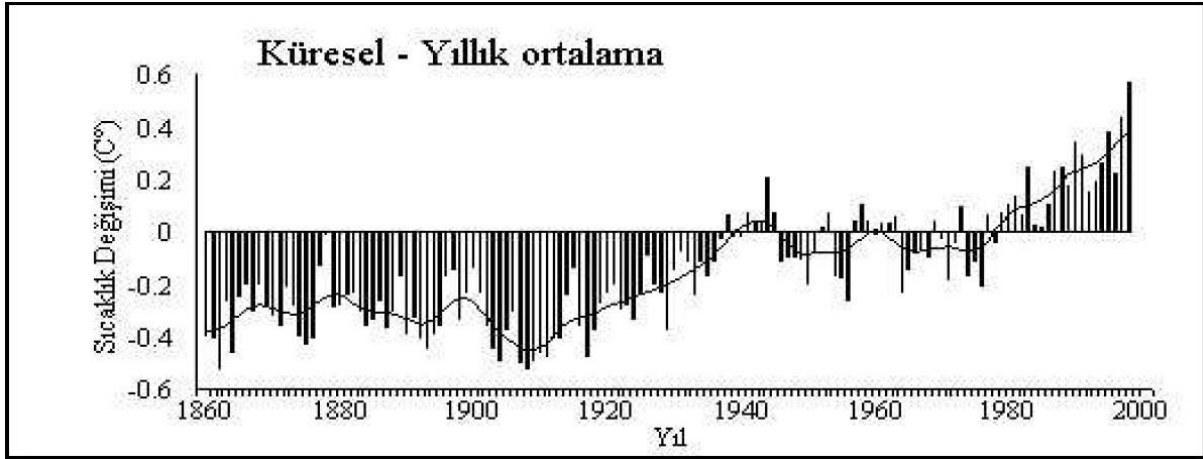
Niteliksiz fosil yakıt kullanımı, plansız kentleşme, nüfusun orantısız bir şekilde artışı, yeşil alanların azalması, coğrafi konum ve arazi koşulları gibi etmenler hava kirliliğine neden olmaları ile birlikte bir de bu kirliliğin havadaki kirletici yoğunluğunu arttırarak canlı ve cansız yaşama zarar veren iklim ve onun öğeleri yer almaktadır. Herhangi bir kirletici kaynağından atmosfere salınan kirleticiler, meteorolojik olaylara ve arazi koşullarına bağlı olarak belirli bir seyrelmeye uğrarlar.

Hava kirlilik düzeyi üzerinde iklimsel koşullar ile arazi durumu özelliklerin de etkisi bulunmaktadır [9]. Kirleticiler atmosfer içerisinde yatay ve düşey yönde devinen ve bu devinim neticesinde kirleticiler hava ile ne kadar büyük hacimde karışırlarsa o ölçüde havada ki düzeyleri azalmaktadır [116].

Troposfer atmosferin en önemli katmanıdır çünkü gazların %75'i, su buharının ise tamamı bu katmanda bulunması nedeniyle hava akımları, bulutluluk, nem, yağış, basınç değişiklikleri gibi bilinen bütün meteorolojik olaylar bu katmanda oluşmaktadır. İklimsel koşullar kirleticilerin havadaki dağılımı üzerinde etkili olmakta ve hava kirliliğinin çeşitli nedenlere bağlı olarak artmasında ya da azalmasında rol oynamaktadır. Kentsel hava kirliliğinde sıcaklık, basınç, bulutluluk, yağış ve nem gibi iklimsel oluşumların etkisinin önemi büyüktür.

3.2.1. Sıcaklık

Atmosferde gitgide yükselen karbondioksit gibi sera gazlarından dolayı sera etkisinin neden olduğu küresel ısınma, şekil 10'dan da anlaşılacağı üzere özellikle 1980'li yıllardan sonra daha da belirgin duruma gelmiş ve 1990'lı yıllarda en yüksek düzeyine ulaşmış olup 1998 yılında, hem küresel hem de yarım küresel nitelikte yeni bir yüksek sıcaklık rekoruna ulaşmıştır [117].



Şekil 10. 1961-1990 Ortalamalarından Farklara Göre Hesaplanan Küresel Yıllık Ortalama Yüzey Sıcaklığı Anomalilerinin 1860-1998 Dönemindeki Değişimleri [117].

Hava kirliliğini denetleyen iklimsel oluşumlar içinde sıcaklık, hava devinimi, basınç, nisbi nem gibi nicelikler hava kirliliğinin yoğunluğunu tek başına etki edebileceği gibi birlikte de etki edebilmektedir. Örneğin atmosferin “kararlı” ya da ısı terslemesi nedeniyle oluşan “mutlak kararlı” bir yapı oluşturması kirleticilerin havada yükselerek dağılmasına engel olmaktadır [96].

Havanın kararlılık durumu da kirletici düzeyleri bakımından belirleyici olabilmektedir. Eğer hava kuru iken her 100 metrede bir sıcaklık, $0,98^{\circ}\text{C}$ ya da daha fazla azalıyorsa bu hava kütesinin kararsız olduğunu göstermekte olup eğer bu sıcaklık azalması 100 m.’de $0,98^{\circ}\text{C}$ ’den daha az ise yani atmosferin alt kesimleri ile üst kesimleri arasında sıcaklık farkı az ise bu hava kütesinin kararlı olduğunu göstermektedir [57]. Bu durum kararlı hava kütesinde aşağı doğru bir çökme, kararsız hava kütesinde ise yukarı doğru bir devinim oluşturarak özellikle havaya katılan kirleticilerin dağılması ve başka alanlara ulaşması açısından önem taşımaktadır [96]

Sıcaklığın yıllık salınımı bölgedeki yakma mevsiminin süresini belirlemektedir. Aynı şekilde sıcaklığın günlük salınımı ise o mevsimde ki birkaç saatlik süre zarfı boyunca ısıtıcıların yanıp yanmamalarını ya da yanma derecelerini etkilemektedir. Yükseklik etmeni, hava sıcaklığını etkilemesi bakımından kirlilikle ilgisi bulunmamakta olup, yükseklik arttıkça hava sıcaklığı azaldığı için bu durum bölgenin yıllık ve günlük sıcaklık salınımını, yakma mevsiminin (soba ve kalorifer yakıldığı aylar)süresini etkilemekte olduğundan hava kirliliğini artırmaktadır. Yani yüksekliğin az olduğu alçak kesimlerde hava daha sıcak olduğundan daha az yakıt tüketilmekte dolayısıyla yükseklerle oranla hava kirliliği daha az oluşmaktadır [57].

Kentleşme ve beraberinde getirdiği hızlı nüfus artışı nedeniyle ortaya çıkan yapılanma aşırı ısınmaya neden olmaktadır. Nemli toprağın sıcaklığı alt katmanlara iletilebildiğinden, günlük sıcaklık farklılıkları, tas ve beton yüzeylerde oluşan sıcaklıktan daha azdır. Benzer şekilde yollar, yapılar, kaldırımlar gün boyu depoladıkları ısı enerjisini gece serbest bırakarak iklimin aşırı ısınmasına neden olmaktadır. Bu durum yalnız kent merkezinde değil sıcaklık farklılıklarının yapı sıklığına bağlı olarak değiştiği, yapılaşmanın sık olduğu semtlerde ve kent dışında da söz konusu olmaktadır[117]. Bununla birlikte gündüz kentsel alan ile kırsal alan arasındaki sıcaklık farkında düşüş, gece ise artış görülmektedir[118]. Genel olarak küresel iklim değişikliği dışında, plansız ya da hatalı kentleşme sonucu ortaya çıkan iklim değişiklikleri, kentsel alanlarla kırsal alanlar arasındaki iklimsel farklılıklara neden olmuştur[117]. Şehrin büyüklüğü ile kentsel ısı adasının şiddeti arasında ilişki bütünüyle doğrusal olmayıp kendi kırsal çevrelerinden farklı olan kent sıcaklıkları “kentsel ısı adası” olarak adlandırılmaktadır[119].

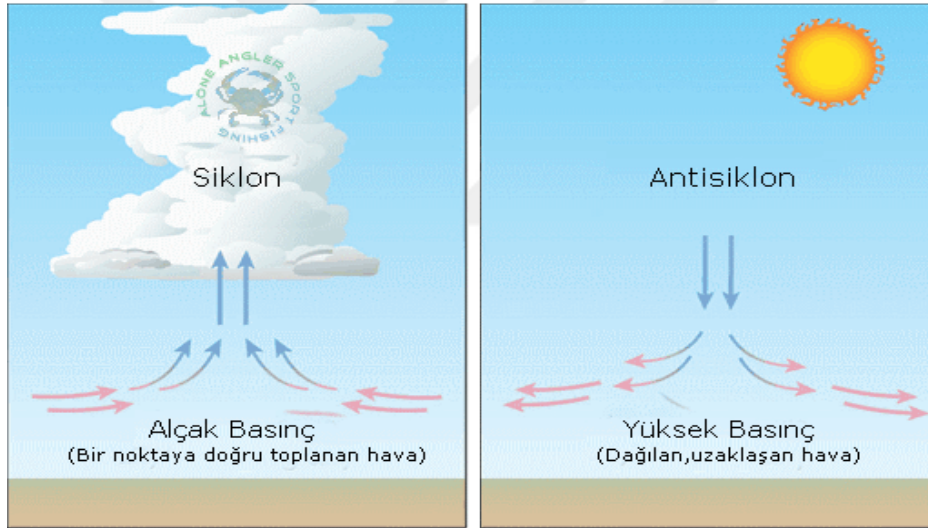
Kentsel yüzey tepkisi; kentsel etmenlerin termal özelliklerine (ısınma kapasitesi, ısı iletkenliği, vb) ve ışınımsal özelliklerine (emissivite, albedo, vb) bağlı olun bu etkenler sıcaklığı etkilemektedir. Bu etkenler ise, kentsel malzemelerde ısı depolanması ve enerjinin gizli ve hissedilir ısı akışı olarak bilinmektedir. Güneş'ten atmosferin üst katlarına gelen ışık demetlerinin tamamı yeryüzüne ulaşmamakta bir kısmı atmosfere, bulutlara ve yeryüzüne çarparak geri yansımaktadır. Işınlardan geriye yansıması olarak bilinen Albedo etkisi (artan koyu renkli yüzeyler) sıcaklıkları arttırmaktadır. Albedo bulunduğu durumlar göre değişkenlik göstermekte olup güneş ışınlarının su, kar, buz gibi pürüzsüz yüzeylere değdiği yerlerde ve dar açıyla geldiği dönemlerde albedo fazla iken, dik açıyla geldiği zamanlarda ve pürüzlü yüzeylere çarptığı yerlerde ise albedo etkisi azalmaktadır [120,121,122].

Kentteki yapıların yoğunluğuna bağlı olarak ısıl değişimlerin düzensizliğine karşın, kentteki sıcaklığın alçalma ve yükselme seyri belirgindir. Büyük kentler ise kendi ısısal alanlarını oluşturabilmektedir [25]. Ezber ve arkadaşları tarafından İstanbul için yapılan ısı adası incelemelerine göre; kentleşmeye bağlı ısı etkisi kent üzerinde atmosferde 600-800 m. lere kadar etkili olduğu belirlenmiştir [123]. Kuzey Amerika, Avrupa ve gelişmiş ülkelerde kentin büyüklüğü ile kentsel ısı adasının şiddeti arasında ilişki az gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkelerin kentlerindeki değerlere oranla oldukça farklıdır. Bu farklılığın genellikle kentin yapısı ve yeşil dokusunun büyüklüğü ile doğrudan ilgilidir[117].

3.2.2. Basınç

Belirli bir noktanın üzerindeki hava ağırlığına basınç denilmekte olup normal hava basıncı olarak kabul edilen değer deniz seviyesindeki 1013,25 milibar hava basıncıdır. Bu değer altına alçak basınç, üstüne ise yüksek basınç denir. Deniz seviyesinden yükseldikçe basınç ters orantılı olarak azalır[124].

Hava, yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına doğru devinim etmekte olup iki nokta arasındaki basınç farkı arttıkça, oluşan hava devinimi de artmaktadır [85]. Şekil 11’de, görüldüğü gibi hava basıncı, yeryüzündeki havanın devinimli ya da devinimsiz olmasını etkilediğinden yüksek basınçta üst atmosferde soğuyarak ağırlaşan havanın yeryüzüne inmesi söz konusu olduğu için alt katmanlarda ki kirli hava yükselememekte ve devinimsiz olarak yeryüzünde kalmaktadır[57]. Bu durumda kirleticiler yüksek basınçta hava akımlarıyla yukarı doğru taşınmadığından dağılıp kirleticilerin uzaklaştırılması gecikmektedir [14].



Şekil 11. Kentsel Hava Kirliliğinde Basınç Etkisi [124].

Alçak basınç merkezleri kirli havanın uzaklaştırılması açısından olumlu etkiler oluşturmaktadır. Alçak basınç (siklon) alanlarında hava devinimleri, çevreden merkeze doğru bir noktaya toplanan hava, saat hareketinin tersi yönünde (kuzey yarımkürede) olup, bu hareket girdap meydana getirerek, havanın düşey yönde yükselmesini sağlamaktadır. Bu durum havadaki kirleticilerin uzaklaştırılması bakımından son derece önemlidir. Dolayısıyla yükselen havada soğumaya bağlı yoğunlaşma olduğundan dolayı hızlı bir şekilde hava devinimi ve yağışlar oluşur [125,91,97].

Kirleticilerin zemine doğru hareket ettiği yüksek basınç (antisiklon) alanlarında hava devinimi merkezden çevreye doğru, saat hareketi yönünde olup havanın düşey yönde alçalmasının bir sonucu olarak ısınma oluşur. Bu durum yağışsız ve durgun hava koşullarını da içerdiğinden dolayı hava kirliliği açısından olumsuz etkilere neden olmakta, hava devinimi ve yağmur oluşumuna da engel olmaktadır [3,126].

3.2.3. Bulutluluk

Yeryüzünden 100 metre yukarı çıkıldıkça sıcaklık, yaklaşık 0,65 °C azalmakta olup yukarı doğru yükselirken genişleyen ve soğuyan hava içindeki nem, bulut oluşturmak üzere yoğunlaşmaktadır.

Yeryüzünün güneşlenme süresi bulut katmanının kalınlığı ve sıklığıyla orantılı olarak azalmaktadır. Bulutlu günlerde güneş ışınlarının yapılara ulaşamadığı ya da ulaşabilme oranı azaldığı için ısıtma düzeyini etkilemekte bunun sonucu olarak daha fazla yakıt tüketimi ve daha fazla kirlilik oluşmasına neden olduğundan bulutluluk etmeni de hava kirliliğini etkileyen bir etmen olarak ortaya çıkmaktadır.

Atmosferin 8,1-10,0 oranında bulut örtüsü ile kaplı olduğu günler, güneşlenmenin en az, ısınma gereksiniminin ise en fazla olduğu günler olup kış aylarındaki kapalı gün sayısı aynı zamanda havada ısınmadan kaynaklanan kirleticilerin arttığı gün sayısını vermektedir. Dolayısıyla bulutluluk oranı güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşmasını engelleyerek hava kirliliğini dolaylı da olsa olumsuz yönde etkilemektedir [3].

3.2.4. Yağış

Atmosferde yer alan nispi nem ve yağış; özellikle kirleticilerin çeşitli kimyasal tepkimelere girmesine ve bunun bir sonucu olarak tekrar yeryüzüne dönmesine neden olan birer etmen olarak etki göstermektedir[96].

Havadaki zehirli gazların temizlenmesinde yeşil alanlara göre daha etkili olan bir yağış çeşidi olan yağmur; su damlaları halinde yere indiği için havadaki kirleticileri bünyesine daha kolay alabilmekte dolayısıyla atmosferdeki katı ve gaz kirleticilerinin birçoğunu yağmur taneleri ile birlikte yeryüzüne indirmesi nedeniyle hava kirliliği açısından oldukça önemli bir meteorolojik etmendir.

Zararlı gaz halindeki bazı kirleticilerin çok az bir kısmı bitkilerin gaz değişimi olayı sırasında tutulur, çoğunluğu yağmur taneleri içinde çözünerek tutulurken, kar şeklindeki yağış

da havanın temizlenmesine yardımcı olmaktadır [127]. Gaz halindeki kirleticilerden olan SO₂ nin büyük bir bölümü bulutlar tarafından tutulmakta olup bunun bir kısmı bazı tepkimeler sonucu sülfürik asit damllarına ya da sülfat tuzuna dönüşerek yağmur damllarıyla yeryüzüne inmektedir[57]. Başta endüstriyel ya da endüstri kaynakları olmak üzere, evsel ve endüstriyel hava kirletici kaynaklardan yayılan kükürt dioksit ve azot oksit gibi kirleticiler yağışlarla birlikte havada asitlere dönüşebilmektedir[128].

Genel olarak yağışlı dönemler hava kirliliğinin en fazla olduğu dönemler olup bu yağışlı günlerde hava sıcaklıkları da oldukça düşük olmaktadır [18]. Özellikle soğuk kış aylarında ısınmadan kaynaklı kömür ve fueloil gibi yakıtların fazla tüketilmesi sonucunda kent üzerinde uzun süre askıda kalan kirli hava katmanı oluşmakta olup bu aylarda oldukça fazla yağış olması nedeniyle kirli hava yağışlarla kısa sürede tahliye edilebilmektedir [129]. 15 dakika süren bir yağış sonucunda, atmosferde serbest halde bulunan 10 mikrona kadar olan kirleticilerin %28'ini temizleyebilmektedir. Ancak bu temizleme gücü parçacık çapının küçülmesiyle doğru orantılı olarak azalmaktadır [3].

3.2.5. Nem

Atmosferin içerisinde bulunan su buharına "nem" denir. Nem, Higrometre ile ölçülür. Suyun her sıcaklıkta buharlaşması nedeniyle hava içerisinde her zaman belli bir düzeyde nem bulunur. Havada bulunan nem, çeşitli kaynaklardan buharlaşarak havaya karışan su düzeyinin buhar basıncı olup bağıl(nispi) ve mutlak nem olarak iki grupta değerlendirilmektedir. Nem oranının düşük olduğu bölgelerde kuru hava, gündüzleri sıcak, geceleri ise soğuk olmasına neden olmaktadır [108].

Havadaki nemin kirlilik yönünden hem olumlu hem de olumsuz yönü bulunmaktadır. Bilindiği gibi atmosferin alt katmanlarının üst katmanlara oranla daha sıcak olmasının nedenlerinden biri de buralarda nemin daha fazla olmasından dolayıdır[57]. Havanın içerdiği nem, düzey ve yoğunlaşma koşullarına göre sis ve yağış türünde oluşumlara olanak vermektedir. Bu oluşumlar arasında hava kirliliğine neden olan ya da hava kirliliğinin etkisini arttıran ve havada ki sıcaklığının düşmesi sonucu atmosferdeki nemin yoğunlaşmasıyla oluşan en önemli yoğunlaşma türü sistir. Sisler, oluşum düzeneklerine göre çeşitlilik gösterir [3]. Türkiye ve orta enlemlerin engebeli arazi durumuna göre oluşan sisler genellikle kara içlerine özgü, radyasyon sisleri niteliğinde bulunmaktadır [125,91].

Arazi şekillerine bağlı olarak vadilerde sıcaklık etkisi ile oturmalar, tepelerde ise hareketlenmeler oluşmakla beraber yükseklik arttıkça nem değeri de düşmektedir[121].

Örneğin deniz düzeyinden 2000 m. yukarda olan bir alanın nem değeri, deniz düzeyine oranla 3/4'ü kadar az olması nedeniyle yüksek dağ ve platolar gündüzleri çok ısınmakta, geceleri ise çabuk soğumaktadır [130].

Buharlaşıma düzeyi sıcaklığa bağlı olarak değişmekte olup sıcaklık, arttıkça buharlaşma da artmaktadır. Çöllerde, kutup bölgelerinde, karaların iç kısımlarında nem azdır ancak kıyı bölgelerde, özellikle ekvatorial bölgede nem oldukça fazladır. Kutuplara doğru gidildikçe genel olarak nemlilikte azalmaktadır. Su birikintisi, deniz, göl, baraj gibi çevrede bulunan bu tür alanlar güneş radyasyonu etkisiyle bu alanlarda oluşan su buharı hava nemine doğrudan etki etmektedir.

Havadaki nem düzeyi arttıkça kirleticiler daha geç dağılmakta, askıda kirli hava olarak da bilinen terselme daha kolay oluşmaktadır. Kuru havalarda yükseklikle sıcaklık değişimi her 100m'de 10°C iken nemli bir havada ise de her 100m. de 0,65°C' dir. Dolayısıyla yer ile yükseltiler arasında sıcaklık farkı az olduğundan hava dolaşımı yavaşlamaktadır[14].

Yüksek basınç koşullarında, havadaki kirleticilerin fazla olduğu kış mevsimlerinde özellikle kükürt dioksit düzeylerinin yoğun olduğu zamanlarda, eğer sisli havalarda olduğu gibi nispi nem de çok yüksek ise, havadaki yoğun kükürt dioksit etrafa yayılamayıp devinimsiz kalmakta ve havadaki su taneciklerinin, kükürt dioksit ile tepkimesi sonucunda sağlık açısından zararlı asit haline dönüşerek sülfürik asidi oluşturmaktadır. Kükürt dioksit yoğunluğunun en fazla olduğu aylarda nispi nem de en yüksek değerlerde olduğundan ve bu koşullar altında sülfürik asit oluşması için çok elverişli bir ortam oluşturduğundan dolayı bu tür sisli aylarda çok dikkatli olunması gerekmektedir. Bunlara birde terselmeye bağlı sis oluşumları da eklendiği zaman, bu durum canlılar için sağlık açısından çok daha büyük tehlike oluşturmaktadır [57,97].

Sisin ikinci önemli etkisi ise bulutluluk etkisi gibi güneş ışınlarının yeryüzüne ulaşmasına ve aynı şekilde radyasyonla atmosfere geri dönmesine engel oluşturmasıdır. Bu nedenle böyle bir durumda özellikle topoğrafik açıdan çanak ve vadi morfolojisinde ki bölgelerde oluşan terselme katmanı nedeni ile içerdiği kirli hava, sis dağılına kadar ortamda kalmaktadır [3]. Havanın içerisindeki fazla nem yağışların oluşmasını sağladığı gibi aynı zamanda güneş ışınlarını daha fazla soğuracağından dolayı havanın daha çok ısınmasına ve koruyucu bir örtü oluşturarak sıcaklığın uzaya kaçmasına önemli ölçüde yavaşlatarak kirliliğin oluşmasına neden olacaktır [57,97].

Bulutsuz günlerde kentin yeşil alanları, hem soğuk hem de sıcak havaların olduğu zamanlarda, çevreden çok daha düşük hava sıcaklığı oluşmakta ancak daha yüksek bağıl nem oluşmaktadır [42]. Greiner ve Gelbrich (1974) tarafından, yüksek nemin yeşil alanların hemen

çevresinde sınırlı olarak yer aldığını belirlenmiştir [117]. Bununla birlikte bitkisel öğelerin yanı sıra arazi morfolojisi de nemin denetiminde dolaylı bir etki oluşturmaktadır [101]. Dağlık alanlarda yükseltiyeye bağlı olarak nem düzeylerinin de az olması, efektif yer radyasyonunun yüksek değerlere ulaşmasına neden olmakta dolayısıyla havanın soğumasına neden olmaktadır [97].

Geceleri açık havada, yapılarla kaplı yerleşim bölgelerinde eşit düzeyde yükselen sıcaklık ve azalan bir bağıl nem olduğu ölçülmüştür[42]. Kirleticilerin yoğun olduğu kentlerde yağış düzeyinde ki artış ile birlikte hava neminde bir artış beklenemez çünkü kentte zemin yüzeyinin çeşitli şekillerde kaplanması nedeniyle yağmur suyunun sızması engellendiğinden dolayı topraktan buharlaşma da oldukça azalmaktadır[117]. Kısaca kentsel alanlar, önemli ölçüde beton ya da asfalt yüzeylerle kaplı oldukları için kent havasının nem açığını kapatabilecek su kaynaklarından yoksun olmaları nedeniyle, kentlerin havası doğal ve kırsal alanlardaki havaya oranla daha kuru olmaktadır.

Bitkisel öğeler, üzerinden düşen yağışı süzerek toprak yüzeyinde öncelikle çukur alanlarda biriktirmekte bu sayede nem kaynağı sağlayan alanların oluşmasını sağlamaktadır. Böylece sıcak hava koşullarında bu alanlardaki hava, kuru alanlardaki havadan daha serin bir ortam oluşturmaktadır [131]. Dolayısıyla iklimsel nem oranını düzenlemek amacıyla planlama yapılırken ada içi yeşil alanlarda ‘su aynaları’ nın oluşturulması önemli görülmektedir [106].

Kent ormanları ve kentsel yeşil alanlar yaptıkları terleme nedeniyle kent havasının düşük düzeylerdeki bağıl nemini yükseltmekte ve serinlik etkisi oluşturmakta katkı sağlamaktadır[103]. Bitkiler tomurcuk, dal ve kabukları yaprak genişlikleri ve yoğunlukları oranında içlerinden havanın geçmesine izin vermekte olup yapraklarında tuttuğu nem ile havadaki asılı parçacıkların hava içerisinden temizlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu nedenle ağaç ve çalı gruplarının gölge etkisi altındaki sıcaklık, yağış ve nemden dolayı insanların hissedebileceği kadar değişim göstermektedir. Bu sayede gündüz bu tür alanlardaki sıcaklık, çevresindeki hava tabakasına göre daha düşük olması nedeniyle gece sıcaklığın düşmesi engellenmektedir. Kısaca kent içinde yeşil alanlar, güneş ışığını emerek, hava devinimi akışını kesip denetleyerek, suyu atmosfere taşıyarak ve topraktaki suyun buharlaşmasını azaltarak, bitkisel öğeler altında nemin denetlenebildiği bir mikro-klimatik alan oluşturmaktadırlar. [101]. Ağaçlarla kaplı yeşil alanlarda, bağıl nem yaz aylarında artış göstermekte olup özellikle bunun gün içinde daha çok sabah ve akşam saatlerinde gerçekleştiği bilinmektedir[117]. Konut yığınları ve ağaçlarla kaplı ormanlar, parklar,

mezarlıklar gibi yeşil alanlar gündüz saatlerinde sıcaklık ve nem dağılımına en aktif rol alan peyzaj öğeleridir[132,12].

3.2.6. Hava Devinimi

3.2.6.1. Hava Deviniminin Tanımı

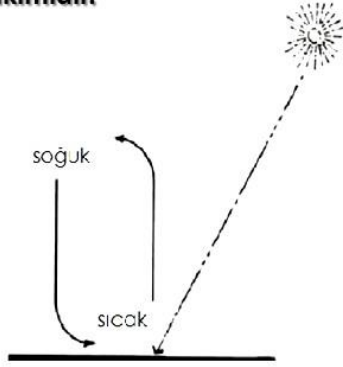
Hava içerisindeki kirleticilerin uzaklaştırılmasında, taşınmasında ya da seyrelmesinde en önemli meteorolojik nicelik hava devinimidir [3]. Isınınca genişleyen hava hafifler ve yeryüzünde alçak basınç alanı oluşturur. Ancak bir yerin soğuması sonucu hava yoğun bir durum alır ve yoğunlaşan hava yerçekimi etkisi ile aşağı çökeceğinden, basınç artarsa ya da ısınarak basınç azalırsa çevresiyle arasında bir basınç dengesizliği oluşacaktır. Hava basıncı ile hava yoğunluğu arasındaki bu dengesizlik hava devinimleri ile giderilmeye çalışılır ve genellikle basınç farklılaşması sonucu yeryüzünde yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına devinen doğrultusu yatay olan ve atmosferik yoğunluk farklarından oluşun bu yatay hava akımlarına hava devinimi denilir [121].

Tanımlanması ve iklimsel konfor açısından denetlenmesi güç bir öğe olan hava devinimini oluşturan asıl neden iki nokta arasındaki basınç farkıdır. Kısaca hava devinimi yatay ve yataya yakın yönde yer değiştiren bir hava kütesinin devinimidir. Örneğin gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farklılıkları buna bağlı olarak basınç farklılıkları sonucunda alçak ve yüksek yerler ile kara ve deniz arasında orta ölçekli özel hava devinimleri oluşabilmektedir [85].

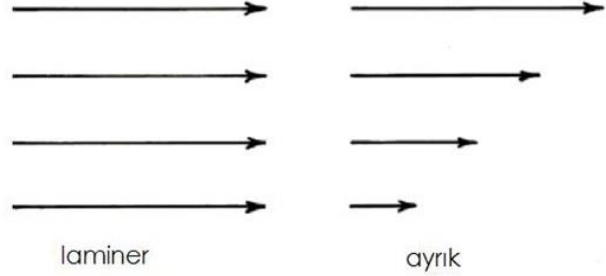
Kirlenmiş havayı ortamdaki uzaklaştırarak ya da kirlenmiş havayı temiz ortamlara taşıyarak hava kirliliği üzerinde doğrudan etkili olan hava deviniminin, hızı arttıkça kirlilik yoğunluğu azalmaktadır. Kirli havanın uzaklaştırılması ancak hava devinimi yoluyla olduğundan hava deviniminin olmaması kirli havanın olduğu yerde kalmasına neden olacaktır[7].

Kirleticiler hava devinimi yönünde devinim edip yayıldığı için hava devinimi yönü oldukça önemlidir [14]. Şekil 12'de görüldüğü gibi yüksek basınçtan alçak basınç merkezlerine doğru devinen bir iklim öğesi olan hava devinimi, ısı ya da basınç farkları ile oluşan doğal hava akımıdır. Laminer, ayırık, türbülanslı ve girdaplı olmak üzere dört temel hava akımı vardır. Yapı gibi bir engelle karşılaştığında eğrisel bir biçime dönüşen hava deviniminin yönü ise, bulunduğumuz yere doğru geldiği yöne denir. Bu yönler coğrafi yönlerle tanımlanır. Örneğin kuzey rüzgârı, batı rüzgârı vb. biçimde tanımlanır [133, 134].

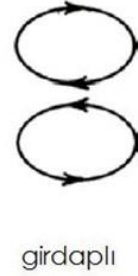
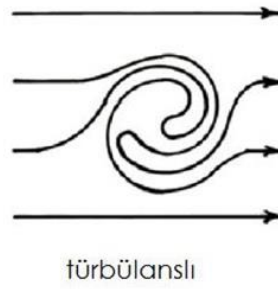
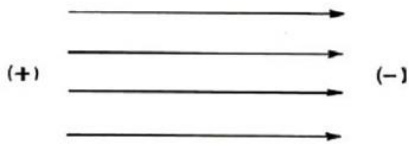
•Hava devinimi,ısı veya basınç farkları ile oluşan doğal hava akımıdır.



•Dört temel hava akımı vardır. Hava devinimi, bina gibi bir engelle karşılaştığında eğrisel bir biçime dönüşür.

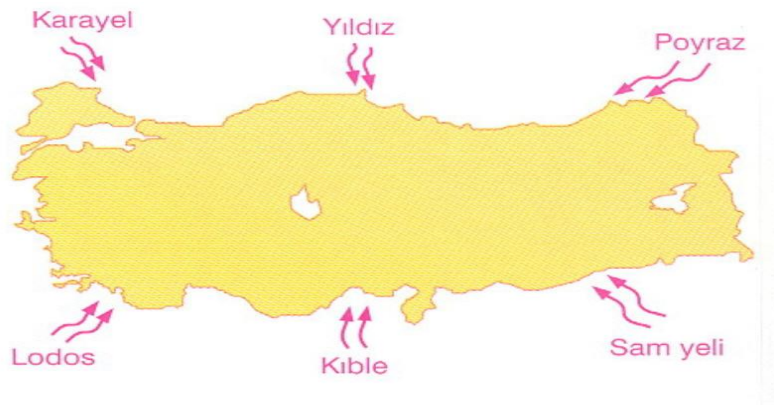


•Hava devinimi,her zaman yüksek basınçtan,alçak basınç alanına doğru hareket eder.



Şekil 12. Hava Devinimi Temel Bileşenleri [135].

Hava deviniminin etkileri bakımından üç belirgin özelliği hava deviniminin yönü, hızı (şiddeti) (m/saat, km/saat) ve esiş sıklığı (frekansı) (adet/saniye)' dir. Şekil 13 de görüldüğü gibi hava devinimi, Doğu (Gündoğu),Batı (Günbatı),Kuzey (Yıldız) ve Güney (Kible) olan ana yönlerden ve Kuzeydoğu (Poyraz), Güneydoğu (Keşişleme), Kuzeybatı (Karayel), Güneybatı (Lodos) şeklinde ara yönlerden oluşmaktadır[121].



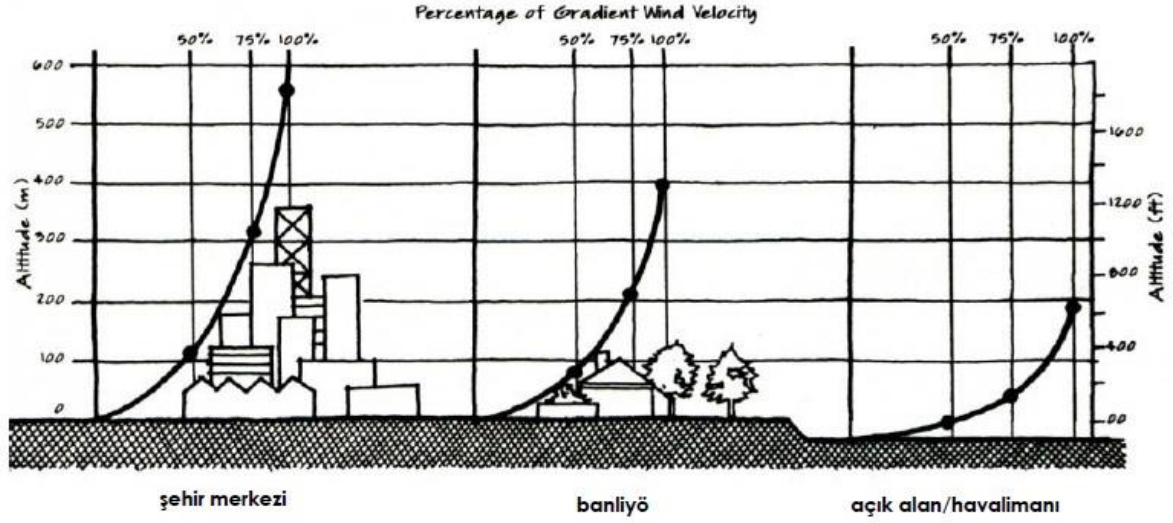
Şekil 13. Türkiye 'de Etkili Olan Hava Devinimi Yönleri [124].

Hava deviniminin; yapısal açıdan basınç, çevresel açıdan sağlık, dinamik açıdan titreşim, konfor açısından ise ısı geçişi, kirlilik ve gürültü, yağmur ve hava sızıntısı gibi etkileri bulunmaktadır[136]. Kirliliği önleme çalışmalarında kirleticilerin etkisi altındaki bölgelerde hava deviniminin; yönü, hızı ve esme sıklığından (frekans) dolayı oluşan üç özelliğinin tam olarak belirlenmesi gerekmektedir[3]. Hava devinimi yönünün, basınç gradyanı ile kuvvetler arasındaki bileşke olduğu bilinmektedir. Devinimin yönü üzerinde; koriyolis kuvveti, basınç gradyan kuvveti, merkezkaç kuvveti ve sürtünme kuvveti olarak dört ana kuvvet etkili olmaktadır [85]. Bununla birlikte belirli bir hava deviniminin esiş sıklığına o hava deviniminin frekansı denilir.

Hava deviniminin hızı aslında kütesinin devinim hızı olup bu hız saniyede metre (m/sn) ya da saatte kilometre (km/saat) olarak tanımlanır. Hava devinimi hızı anemometre denilen gereçlerle ölçülür[133]. Hava devinimi oluşum ve etki alanlarına bakılarak, mikro ve makroklimatik olmak üzere iki gruba ayırmak olasıdır. Bu nedenle hava devinimi belirli bir noktaya kadar sakıncalı, belirli bir noktadan sonra da yararlıdır, hatta gereklidir denilebilir. Hava deviniminin yararları; dolaşımı sağlaması, nemi buharlaştırması, serinlik sağlaması bakımından faydalıdır. Ancak toz ve dumanı dağıtması ve durağan düzeni zorlaması bakımından ise sakıncalıdır. Verilen ölçütlerden de anlaşılacağı gibi hava devinimi; sıcak ve nemin yüksek olduğu dönemlerde bir kurtarıcı, soğuk dönemlerde ise korunması zorunlu bir iklim ögesidir [121].

Hava deviniminin yapılar üzerindeki etkileri, esme yönüne ve süresine, hızına, yapıların zeminle olan ilişkisine, biçimine, çevre yapıların, topografyanın ve yeşil dokunun niteliğine, etkilediği yüzeyin dokusuna bağlı olarak değişmektedir[108]. Fiziksel bir çevre etmeni olan hava deviniminin kent havasını temizlemesinin yanında, kentlerin ve yapıların ısı değişimini düzenleme ve yapılar üzerinde bir basınç oluşturma durumu da bulunmaktadır [85].

Hava devinimi hızı kentlerde kırsal alanlara oranla daha azdır. Şekil 14' te kent merkezinde, banliyölerde ve yapılaşmanın olmadığı açık alanlarda yer alan farklı yüksekliklerde kesintisiz hava devinimi yüzdeleri verilmiştir. Yapı yükseklikleri arttıkça hava devinimi de yer yüzeyinden uzaklaşarak kent içine girmesi engellenmekte dolayısıyla kent içine hava akımı alınamamaktadır. Eğer yerleşim alanları yatay bir eksen boyunca kurulmuş ve bu eksen de hava deviniminin esme yönüne paralel ise, bu durum hava kirliliğinin uzaklaştırılmasını kolaylaştıracaktır. Ancak bu yerleşim biriminin her iki yanında hava deviniminin giriş ve çıkışını önleyecek doğal ya da yapay engellerin bulunmaması kirli havanın tahliyesi bakımından önemlidir [57,7].



Şekil 14. Farklı Yüksekliklerde Kesintisiz Rüzgar Yüzdesi [135].

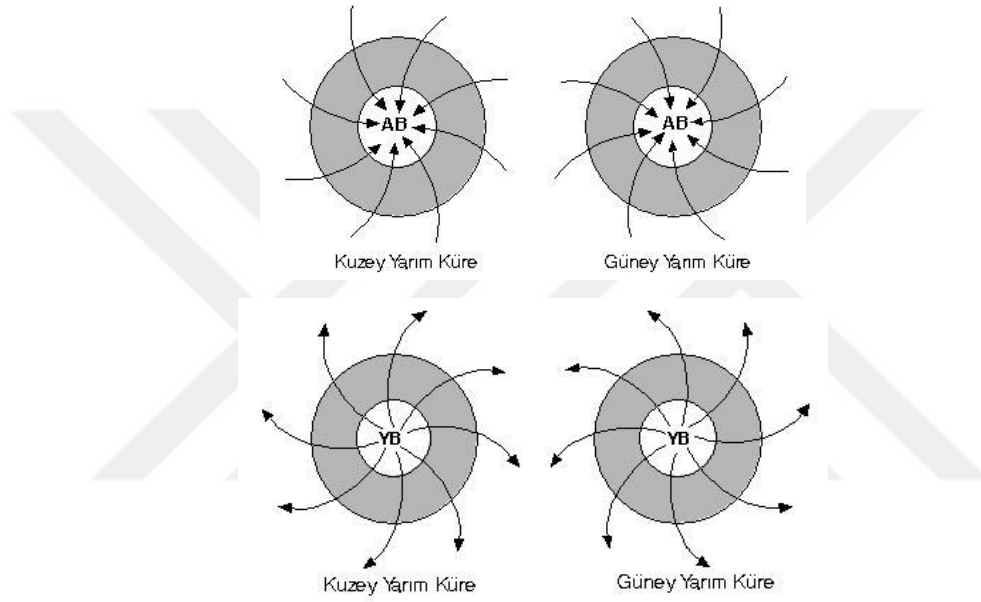
Tüm kentin hava değişimini sağlamak için gerekli olan hava devinimi sistemi yok ise kent içinde bitki örtüsüyle kaplı bir alanda bulunmanın insan üzerinde rahatlatıcı bir etkisi vardır. [117] Yeşil açık alan sistemi ile mikro klima elde etmek amacıyla, hava devinimi analizleri sonucu belirlenen kentte ki baskın hava dolaşımını sağlayacak 'hava devinimi koridorları' tasarlanmalıdır.

Dolayısıyla oluşturulacak hava devinimi koridorları, kentin gelişimini yönlendirebilecek ve kente daha yaşanabilir alanlar sunabilecektir. Bu yüzden kentlerde hava deviniminin kolayca girebileceği hava koridorları bırakılmalı ve bu koridorlara hava devinimini engelleyen yapılar yapılmamalıdır. Bununla birlikte hava devinimi koridorları alan içerisindeki yaya sistemleri olarak kurgulanmalı bu yaya akışını meydan ve bulvarlara yönlendirmelidir. Nem oranını düzenlemek ve serinlik etkisi sağlamak amacıyla hava devinimi koridorları içerisinde ayrıca 'su aynaları' oluşturulabilir. Dolayısıyla hava deviniminin değeri belirlenip tasarımla birleştirilirse, doğru sonuçlar elde edilebilir ve havalandırma açısından sorunlu alanlara bu şekilde çözüm getirilebilir [106].

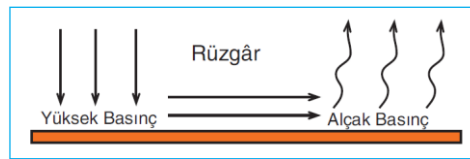
3.2.6.2. Hava Deviniminin Şiddeti, Hızı ve Bileşenleri

Hava devinimini anlayabilmemiz için öncelikle basınç ile arasındaki ilişkiyi bilmemiz gerekmektedir. Atmosferi oluşturan gazların yeryüzü üzerinde yapmış olduğu etkiye hava basıncı denir. 45°enleminde, deniz düzeyinde ve 0°C sıcaklıkta atmosferin etki ettiği

basınca normal basınç denilmekte olup bu basınç değeri 1013,3 milibara ya da 76 cm yüksekliğinde ve 1 santimetrekare genişliğindeki bir cıva sütununun ağırlığına eşdeğer olarak ölçülmektedir. Bu değerden fazla olan basınca yüksek basınç (antisiklon), düşük olan basınca ise alçak basınç (siklon) denilmektedir(Şekil 15.). Bu şekildeki oluşan alçak ve yüksek basınç alanları ise havanın devinim halinde olduğu yerler olup yüksek basınç merkezinden Alçak basınç merkezine doğru gerçekleşen yatay hava devinimi sonucunda oluşan duruma hava devinimi denilmektedir(Şekil 16.).Yüksek basıncın olduğu alanlarda alçalıcı hava devinimi oluşmaktadır. Bu durumda alçalan hava, yayılma eğilimine girer.



Şekil 15. Alçak Basınç Merkezleri ve Yüksek Basınç Merkezleri



Şekil 16. Basınç Merkezlerinin Konumu

Hava deviniminin yönü öncelikle basınç sistemlerinin birbirine göre konumlarının bir sonucu olup basınç merkezleri arasındaki basınç farkı ne kadar fazlaysa hava devinimi hızı da bir o kadar yüksek olmaktadır. Birbirine yakın olan basınç merkezleri arasında hava devinimi hızı yüksek, uzak olan merkezler arasında ise düşüktür.

Hava kirliliğini etkileyen diğer bir etmen ise hava deviniminin hızıdır. Hava deviniminin hızı basınç farkıyla doğru orantılı olup basınç farkı çok ise hava devinimi hızlı, basınç farkı az ise devinim yavaş olmaktadır. İki bölge arasındaki basınç farkının sona ermesi durumunda ise hava devinimi etkinliğini kaybeder. Şiddetli hava devinimi kirli havanın dağılmasında olumlu etkilere neden olurken yavaş olan hava devinimi ise tam tersi bir etki göstermektedir. Beaufort hava devinimi ölçeğine göre 1,6-3,3 m/sn arasında esiyorsa hafif hava devinimi olarak adlandırılmaktadır. Hava deviniminin etkileri şiddetlerine bağlı olup 3 m/sn şiddetindeki bir hava devinimi, ancak yaprakları kımıldatırken, 35 m/sn şiddetindeki bir hava devinimi ağaçları kökünden söker ve yapılarda büyük hasarlara yol açar. Eğer bir alan üzerinde biriken kirliticilerin dağılması isteniliyorsa bunun için en az 5 m/sn. ve üstü hava deviniminin olması gerekmektedir. Bununla birlikte baskın hava devinimi yönü kirlitici yoğunluğu üzerinde de etki etmektedir [18].

Hava devinimi hızı zemine yakın olan yerlerde az, yükseklerde ise fazladır. Bunun nedeni sürtünme etkisiyle hava devinimi hızının yüzeyde azalmasından dolayıdır. Yer şekillerinin engebeli olduğu arazilerde hava devinimi hızı düşük olup arazinin düz ve düze yakın olduğu yerlerde ise hava devinimi hızı oldukça yüksektir. Kent içinde ise ortalama hava devinimi hızı, kentteki ağaçlar sayesinde 5,1 m/saniyeden 3,9 m/saniyeye düşmektedir[137]. Isınarak yükselen hava, çevrenin havasını yatay hava akımı ile kente doğru çeker. Bu durum çeşitli ölçümlerle belirlenmiş olup küçük ölçekte çeşitli yapıdaki hava hacimleri için de aynı durum geçerlidir. Örneğin kent içinde yer alan adalar halindeki yeşil alanları vadi (koridor) hava deviniminin oluşmasında etkili olur. HEIGL bir kent ya da koridor rüzgârı sisteminin oluşabilmesi için ancak bölgede baskın hava devinimi hızının 3,0 m/saniyenin altına düşmesi gerektiği savını öne sürmektedir. Koridor hava devinimi türünde bir dolaşımın yayılabilmesi için oldukça önemli bir sıcaklık farkının oluşması gerekmekte olup bu koridor hava deviniminin var olabilmesi için ise 5°C'lik bir sıcaklık farkının ve 0,07 mb'lik bir basınç farkının var olması gerekir. [42].Genellikle sabah saatlerinde başlayıp öğleye doğru oluşan baskın hava devinimi ile etkisiz hale getirilen koridor rüzgârının, olumlu ya da olumsuz etkileri kente temiz kır havasının taşınması ya da kirliticilerin uzaklaştırılması ile belirginleşir.

Hava deviniminin açık alanlarda, caddelerde ve meydanlarda ölçülen değeri 0,9 -1 ,5 m/saniye iken, ağaçlarla kaplı yeşil alanlarda ve caddelerde ise bu değer 0,5 - 0,9 m/sn. de kalır. Siklonal hava hallerinde böyle bir etkinin oluşması önemlidir. Çünkü kuvvetli hava devinimi, vücudun sıcaklık kaybetmesine neden olduğu gibi aynı zamanda da uzun süre

yüksek hızlı hava devinimi derinin mekanik olarak etkilenmesine ve yorgunluk belirtilerinin oluşmasına neden olmaktadır. Yeryüzüne yakın düzeylerde var olan hava devinimi ilişkileri yapılarla ve yeşil alanlarla belirlenir bu yüzden bu tür bir hava deviniminin hızı çatı üzerinde ki devinimi hızından oldukça azdır. Canlılar için yeryüzüne yakın düzeyde hava deviniminin niteliği daha önemlidir. çatı ustu hava devinimi ise hava kirliliği ile ilişkili olarak önemlidir. Wachter, Scharrer (1970) ve Kratzer'in (1961 ve 1968) yaptıkları araştırmalara göre, kent içinde çatıların üzerinde ki hava devinimi hızı çevrede ki hava devinimi hızının 2/3 ü kadardır. Sıcak yaz aylarında, yeşil alanların ürettiği serin havadan ancak hava devinimi aracılığıyla yararlanılabilir. Hava devinimi, sık ağaçlıklı alanlarda, dar sokak ve avlularda tamamen durağan hale gelirken, çatılar üzerindeki hızına ise ancak geniş meydanlarda ve çim alanlarında ulaşabilir [42].

Hava devinimi, kent üzerinde oluşan kirli havayı uzaklara götürdüğü gibi, bazen de tam tersi yönde yani çevredeki kirli havayı kentlere taşıdığı için hava devinimi hızı, esme sayısı ve yönü, kirli havanın dağıtılmasında önemlidir[97]. Doğal koşullarda Hava devinimi hız profili, coğrafi özelliklere, bitki örtüsüne ve çevredeki yapıların toplam yoğunluğuna bağlı olarak değişkenlik göstermekte olup açık alanlarda yaklaşık 200 m. yükseklikte durağan hale gelen hava devinimi hızı, yerleşimin yoğun olduğu alanlarda ise 1000m. yüksekliğe kadar değişim gösterebilmektedir[138].

Kentlerde durağan hale gelen hava devinimi havadaki serinleme etkisinin ve kentlerde yaşayan canlıların havalanma işleminin azalmasına neden olur [54]. Havanın durağan olduğu günlerde aşırı ısınmış olan kent merkezlerindeki depresyon bölgelerini dolduran kısmi hava devinimi, atmosferde ki kirletici yoğunluğunun artmasına neden olmaktadır. Bu durum direk olarak solunum yoluyla canlıları etkilediği gibi, atmosferdeki su buharı ve yağış yoluyla hem canlıların hem de yapıların etkilenmesine neden olmaktadır.[54,96]. Kent iklimi ile ilgili yapılan çalışmalarda, ısı adası etkisini azaltabilmek için belirli bir hava devinimi hızına gereksinim olduğundan dolayı yalnızca bu hızın üzerinde olan hava devinimi, kent üzerinde biriken askıda duran toz ve ısı kubbesini dağıtmada etkili olur [25].

Hava devinimi şiddetinin yüksek olduğu özellikle bulutlu günler sıcaklık farklarını çok azaltmakta olup bu durumun aksine durgun ve bulutsuz günlerde ise sıcaklık farkları daha da belirginleşir[42]. Bölgesel olarak hava devinimi hızında oluşan değişimler yapı etrafında basınç dağılımını etkilediğinden bu basınç değişiminin olumsuz etkileri ise bacalarda ve havalandırma kanalları içinde ters hava akımlarının oluşmasına neden olur[121].

3.3. Kentsel Hava Kirliliğine Etkisi Olan Etmenlerin Değerlendirilmesi

Herhangi bir alanda yapılması düşünülen planlama çalışmaları için öncelikli olarak doğal ve yapma çevre ile ilgili kentin nitelikleri ve hava kirliliğine neden olan kirleticiler araştırılarak bölgeye ait alansal verilerin etkisi incelenmeli daha sonra alanda doğal çevre ile ilgili; bakı, eğim, yeşil ve boş alanlar, su yüzeyi ve terselmeye neden olan yeryüzü nitelikleri ile sıcaklık, basınç, bulutluluk, yağış, nem ve hava devinimi gibi iklimsel oluşumlar hakkında veriler toplanarak bir hali hazır oluşturulmalıdır.

Bunun için dış ortam hava kirliliğine etkisi olan etmenlerin iklimsel oluşumların, yeryüzü niteliklerinin kirliliğe olan etkisinin ne olduğu hakkında Tablo 17 'den faydalanılır.

Tablo 17. Kentsel Hava Kirliliğine Etkisi Olan Etmenler

Düzyey	Kentsel Hava Kirliliğine Etkisi olan Etmenler									
	Kentsel Hava Kirliliğini Etkileyen İklimsel Oluşumlar						Kentsel Hava Kirliliğini Etkileyen Yeryüzü Nitelikleri			
	Sıcaklık	Basınç Farkı	Bulutluluk	Yağış	Nem	Hava Devinimi	Bakı	Yeşil ve Boş Alan	Su Yüzeyi	Terselme (inversiyon)
Az	Çok Yakıt Çok Kirlilik	Yükselici Hava Hareketi, Kirlilik Az	Daha Sıcak Daha Az Yakıt Daha Az Kirlilik	Kirlilik Çok	Kirlilik Az	Kirlilik Çok	Az Güneşlenme Çok Yakıt Çok Kirlilik	Kirlilik Çok	Kirlilik Çok	Hava Kararsız, Kirlilik Az
Çok	Az Yakıt Az Kirlilik	Alçaltıcı Hava Hareketi, Kirlilik Çok	Daha Soğuk Daha Fazla Yakıt Daha Çok Kirlilik	Kirlilik Az	Kirlilik Çok	Kirlilik Az	Çok Güneşlenme Az Yakıt Az Kirlilik	Kirlilik Az	Kirlilik Az	Hava Kararlı, Kirlilik Çok

3.4. Kentsel Hava Kirliliğine Etkisi Olan Yapma Çevre

Yapılarda doğal havalandırma sağlanırken içeri alınacak olan havanın niteliğinin yanı sıra, yapının bulunduğu yapma ve doğal çevrenin özelliği, yapının bulunduğu konumu, biçimi, planı, cephe/duvar boşluklarındaki düzeninin hava devinimi ile olan ilişkisi

incelenmeli, doğru ve yeterli bir kent havalandırması için, alınan kararlar bu inceleme sonrasında mimari tasarımlara yansıtılmalıdır [139].

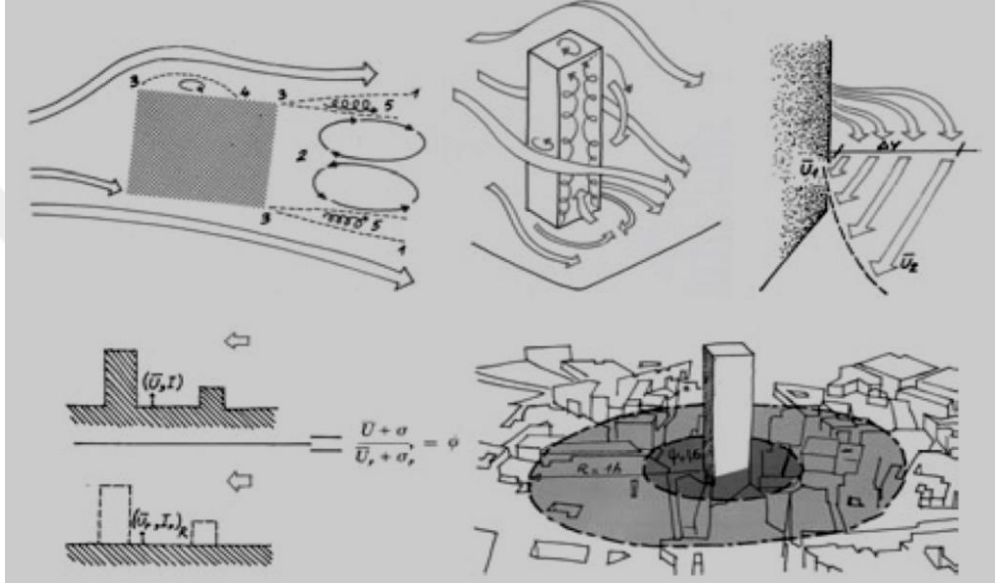
Kentsel alanlarda hava kirliliğini konu alan çalışmalar genellikle kirletici türü ve kaynağı, çalışma alanının ölçeği ve ölçüm dönemi biçiminde sınıflandırılmakta olup kentteki hava kirliliği düzeyinin, şehir planlaması disiplini ile kontrol edilebilen değişkenler olan nüfus büyüklüğü ve yoğunluğu, kentsel arazi kullanımı, ısınmada kullanılan yakıt türü, yapı yükseklikleri ve konumlanmaları, yol genişlikleri ve özellikle yeryüzü şekilleri ve iklim tipleri üzerinde de irdelenmesi gerekmektedir. Ancak hava kirliliğine neden olan etmenlerin tespit edilmesi ve mekansallaştırılması konusunun, kent planlama disiplini içerisinde hava devinimi ile de ilişkili akademik çalışmalarda ve uygulamalarda oldukça sınırlı kalındığını söylemek olasıdır [32].

3.4.1. Yapıların Boyutu, Biçimi ve Yapı Yüksekliği/Cadde Genişliği Oranı

Yapıların boyutu, yüksekliği, biçimleri, yeri, konumu ve birbirleri arasındaki uzaklığı, yerleşme ve yapı çevresinde hava akımları, yapıların ısıtma / soğutma yüklerinin ve gökyüzü görünürlülük oranının hava kirliliğine önemli düzeyde etkisi bulunmaktadır. Yapının planı, birimlerin yerleşimi, birbiriyle ve çevresiyle olan ilişkisi, yapıdaki boşluklar ve cephe tasarımı doğal iklimlendirmeyi ve hava devinimini sağlayacak nitelikte olmalıdır [140]. Yapı formunun geometrisi ve yapı formunda oluşturulan değişiklikler yüksek yapılara etkiyen hava devinimi yükünü dolayısıyla orantılı olarak hava kirliliğini etkilemektedir [141].

Genellikle yüksek yapılar, yeşil alan kullanımını artırmak, sosyal kullanım alanına, çocuk oyun alanlarına daha fazla yer ayırmak, insanlarla ulaşım araçlarını birbirinden ayırmak, ticari kullanımlı yapılarda bütün işlevler bir araya toplanacağından zamandan ve enerjiden tasarruf edilecek, çalışma verimi artacak, sessizlik ve temiz hava sağlamak için yapıldığı düşünülmektedir [142]. Ancak hatalı yer seçimi neticesinde yapılan yüksek yapılar, gölge boyu nedeniyle çevresinde yer alan var olan yapıların ışığını, hava akımını ve manzarasını keserek yörenin, çevrenin yaşanabilirliğini azaltmakta olduğundan bu durum emlak değerlerinde büyük düşüslere yol açmakta bununla birlikte kentin altyapısına önemli düzeyde yük getirmeleri, trafik, park gibi pek çok kentsel sorunu oluşturmaları, sundukları yapay yaşam ortamı ile içinde yaşayanların sağlıklarını olumsuz etkilemeleri ve insan doğasına aykırı büyüklükte olmaları nedeniyle yapı yükseklikleri, kent planlamasında önemle dikkat edilmesi gereken bir konudur. [142,143].

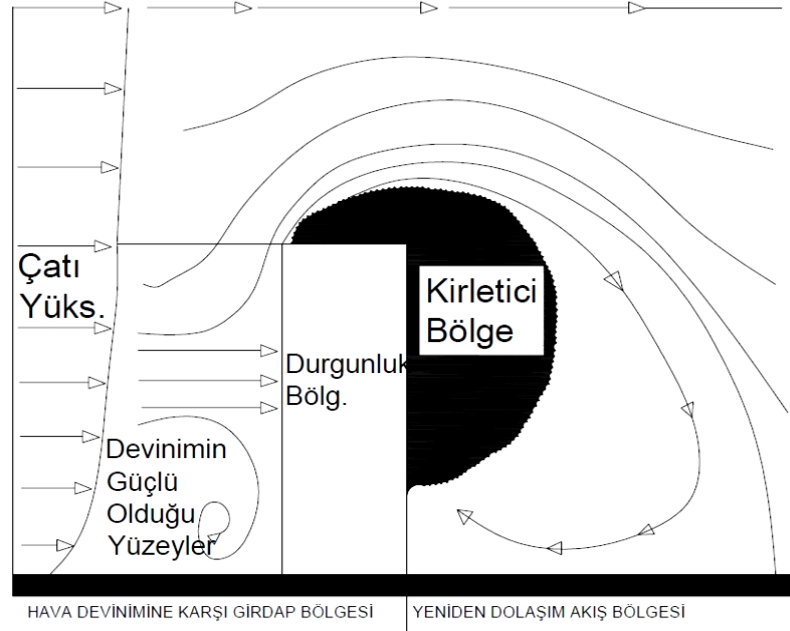
Sağlıklı bir yaşam için yapıların etkin düzeyde havalandırılabilmesi bunun için uygun nitelikte olan temiz havanın yapıya ulaşması ve yapı içinde verimli bir şekilde dolaştırılarak kirlenmiş havanın yapıdan uzaklaştırılması gerekmektedir[139]. Dolayısıyla yapı içi hava kalitesi için kent içi hava kalitesinin artırılması ve bunun için yapıların boyut, yükseklik ve biçimlerinin kent içinde hava akımının dolaşmasını engellemesini önleyecek tedbirler alınması gerekmektedir (Şekil 17.)



Şekil 17. Yapılar Çevresinde Oluşan Hava Akımları [144].

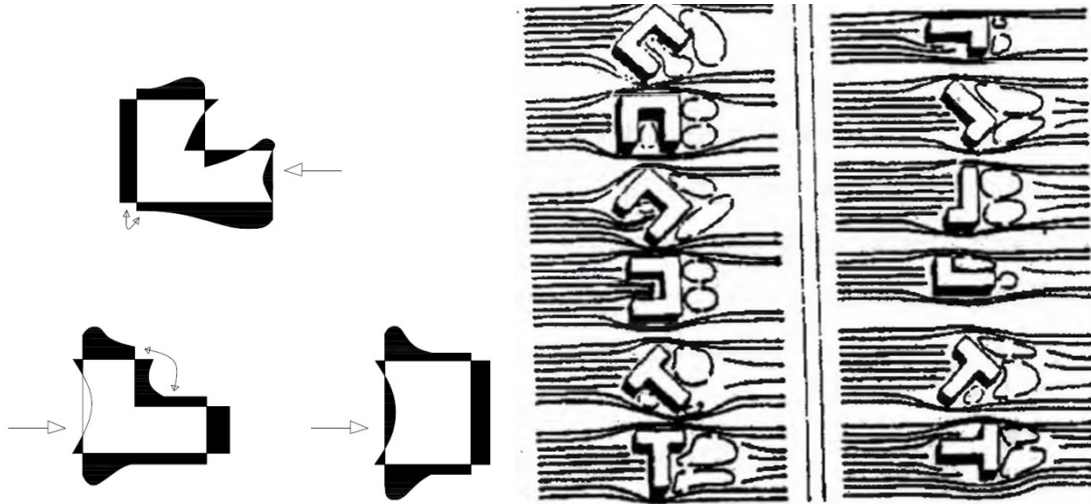
Bilindiği gibi birbirine paralel şekilde düzenli ve sürekli gelen hava akımları yapıların hava devinimine açık cephelerinde pozitif ya da itme, yan ve hava devinimi altı arka cephelerinde ise negatif ya da emme kuvveti şeklinde bir basınç etkisi oluşturmaktadır.

Şekil 18'de de görüldüğü gibi; yapıların hava devinimi üstü yüzeyine çarpan hava molekülleri yüzeye çarptığı anda hızı kesilerek durağan hale gelmekte, yapı yüzeyine sürtünerek yönünü değiştirmekte ve sonunda bu yüzeyden kopup yan yüzeyleri takip ederek yapı arkasındaki iz bölgesini oluşturmaktadır [144].



Şekil 18. Dikdörtgen Yapı Çevresindeki Hava Akışı (144 no'lu kaynaktan uyarlanmıştır).

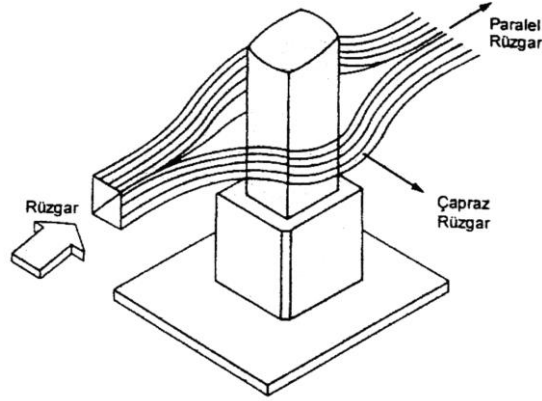
Yapı aerodinamiğinin diğer bir inceleme konusu ise, Şekil 19'da görüldüğü gibi, yapılara hava devinimi nedeniyle uygulanan kuvvetlerdir. Hava devinimi basınçları belirlenirken temel hava devinimi hızının karesi alınır, bu nedenle, devinimin hızı arttıkça basınçta katlanarak orantılı olarak artmaktadır [145].



Şekil 19. Hava Deviniminin Yapılar Üzerinde Etkileri [135, 146].

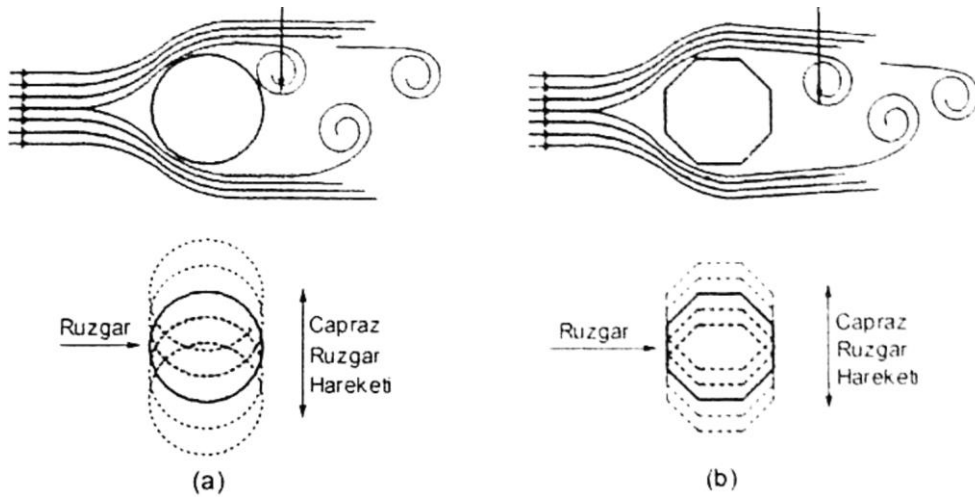
Şekil 20'de hava deviniminin basitleştirilmiş iki boyutlu akış şemasına yer verilmiştir. Genel olarak, bir kütleyle karşılaşan hava devinimi, kütle üzerinde kaldırma kuvveti ve üç dik

yönde moment oluşturur. Rüzgâr mühendisliğinde, hava devinimi üç boyutlu değil iki boyutlu varsayılır. Paralel rüzgar, hava deviniminin ta kendisi olup çapraz rüzgar ise, salınım, sarsıntı, gibi yapı ve insanlar üzerindeki olumsuz etkileri ile birlikte bir çok yüksek yapıda daha baskın olan, taşıyıcı sistemde önemli stresler oluşturan paralel rüzgara, dik konumdaki hava devinimleridir[141]. Bu yüzden çapraz rüzgar etkisi, hava devinimi tasarımı aşamasında, yüksek yapılarda yaşayanların konforu için, dikkate alınması gereken en önemli etkidir [147].



Şekil 20. Hava Deviniminin, Basitleştirilmiş, İki Boyutlu Akış Şeması [147].

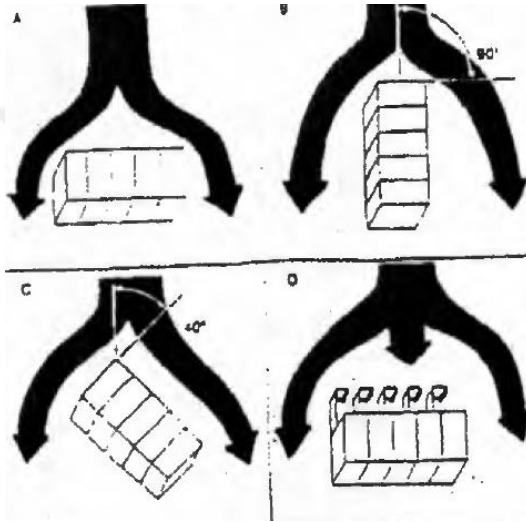
Plan formu tasarımındaki en önemli amaç, karşı yapıyı etkisi altına alan hava devinimini şaşırtmaktır.(Şekil 21.) Plan formu yuvarlak kesitli olan bir yapıya etkileyen hava devinimi, hangi yönden eserse essin, yapıya dik olacaktır. [147].



Şekil 21. Köşeli Plan Formları Dairesel Plan Formlarına Nazaran Hava Devinimi Yüküne Karşı Daha Verimlidir [147].

Yapıların geometrik şekilleri nedeni ile hava devinimi hızı ve yönü değişmekle birlikte bu değişimin özellikle yapıların hemen yakın çevresinde etkili olmakta ancak bazen bu değişim öylesine kuvvetlidir ki yapıların hemen yakınında esmekte olan baskın hava devinimi yönüne tamamen ters yönde hava akımlarının oluşumları görülebilmektedir[121].

Şekil 22'de görüldüğü gibi güneş ışınımı etkisine bağlı olarak, ısı kayıplarını önlemek için geniş güney cepheli, az parçalanmış, kuzeye karşı kapalı, sıkı yapı gövdeleri gerekli olup bununla birlikte hava devinimine açık yapı cephelerini en aza düzeyde tutmak için yapı sıralarını doğu-batı şeklinde yönlendirmek gerekmektedir[121].



Isı kaybı;

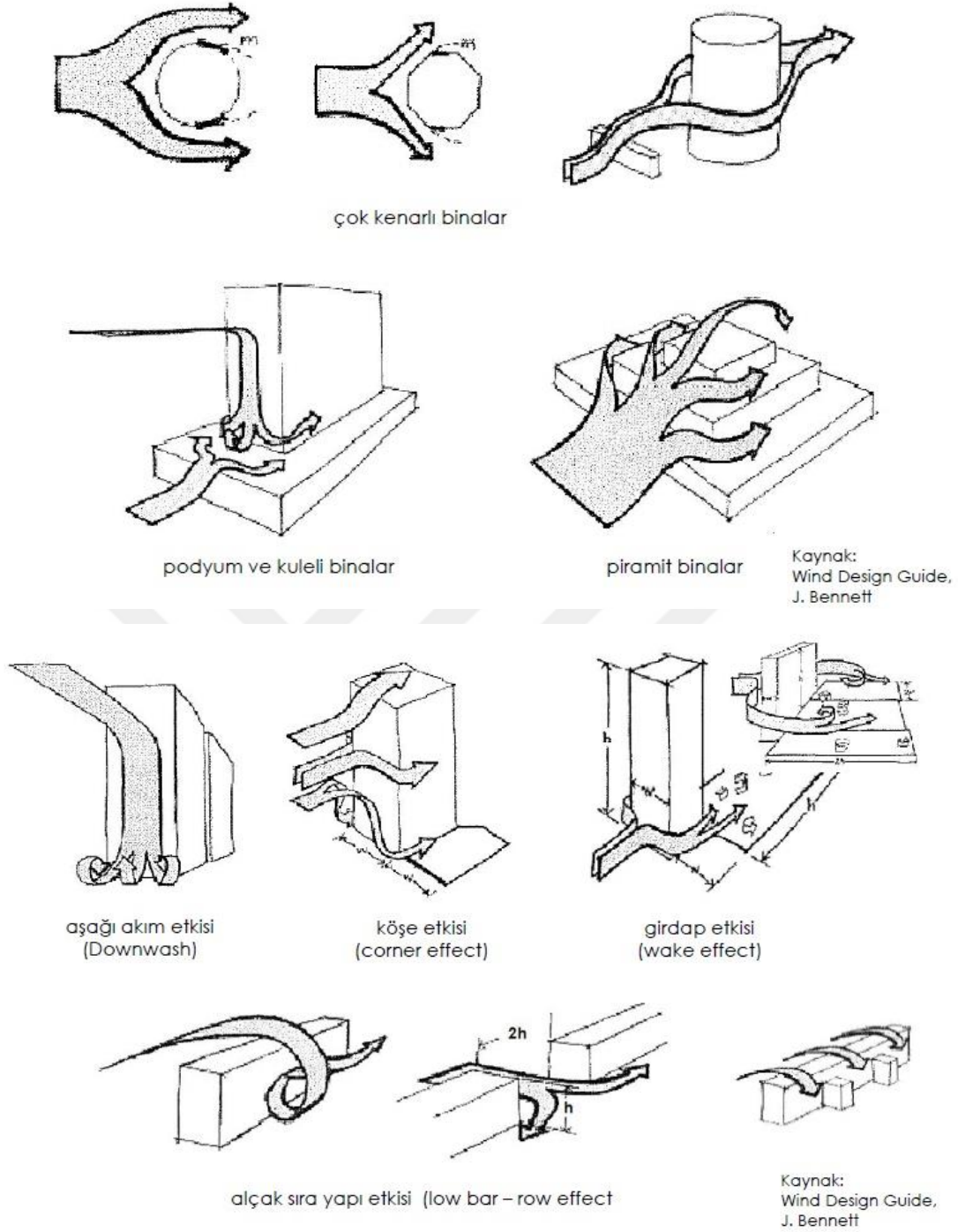
B-A 'ya göre %50 daha fazla

C-A 'ya göre %50 daha fazla

D-A 'ya göre %25 daha az

Şekil 22. Hava Devinimi Yönünde Yapıların Konumlandırılması [148].

Kentlerde yüzeysel yapıların pürüzlü olması ve ışınım sonucu ortaya çıkan değişimler, hava devinimi hızında ve yönünde değişikliklere neden olmaktadır [42]. Şekil 23'te görüldüğü gibi silindirik, elips, üçgen, dörtgen ve yapı formları olarak tanımlanan plandaki yapı uzunluğunun yapı derinliğine oranı, yapı yüksekliği, çatı türü (düz, beşik ve karma), çatı eğimi, cephe eğimi gibi yapıya ilişkin geometrik değişkenlerin yapı aerodinamiği üzerinde farklı etkileri bulunmaktadır [141].

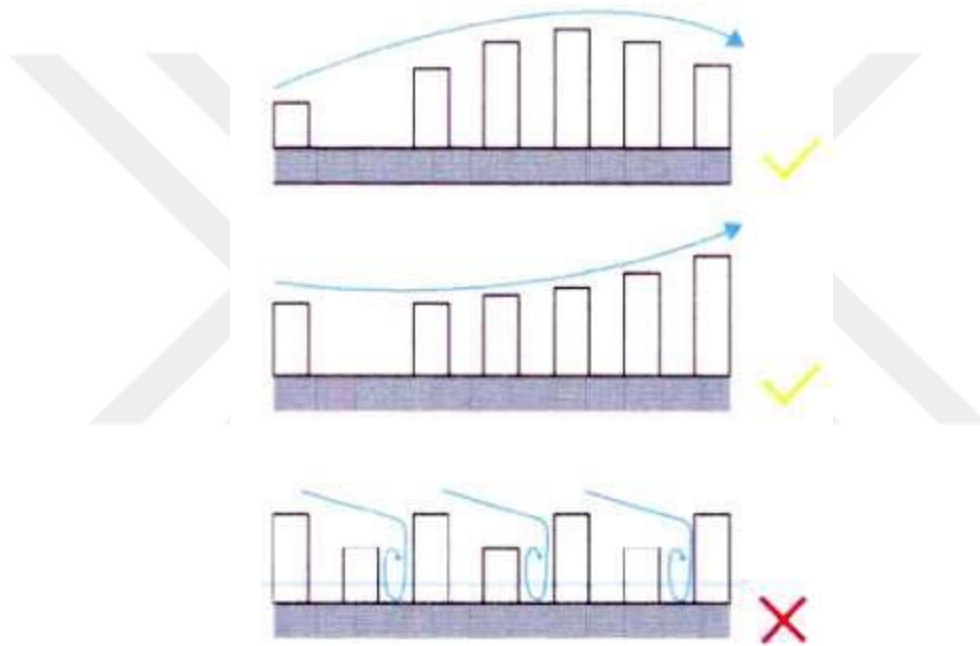


Şekil 23. Yapıların Şekli ve Tekil Yapılar Üzerinde Hava Devinimi Etkisi [135].

Hava akımları tamamen yapının biçimine bağlı olarak değişmekte olup aynı zamanda yapıların alçak ya da yüksek olması da önemli başka bir etkidir. Böylelikle yapıların çevresinde yerel basınç gradyanları oluşur ve bu durum ise var olan hava akımlarının yönlerinin değişimine neden olur [121]. Özellikle kentsel tasarım çalışmaları incelendiğinde

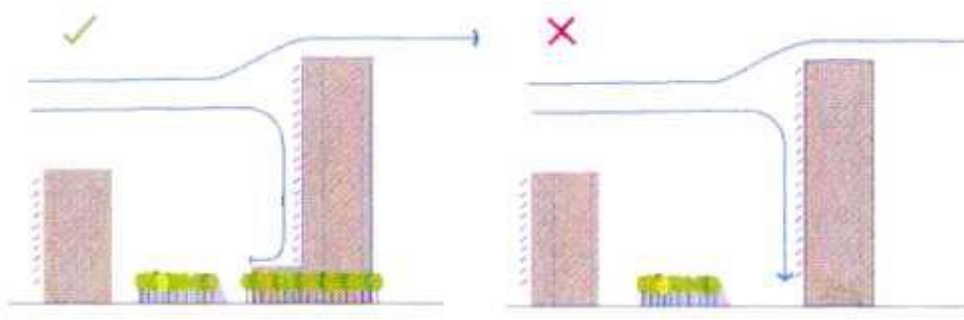
genel olarak yüksek katlı yapılar söz konusu olması nedeniyle hava deviniminin kent içi dolasımı, yükseldikçe yapılara ve kentsel açık alanlara olan etkisi önem oluşturmaktadır.

Hava devinimi ile konforlu bir dış çevre sağlanması nedeniyle yapı kütlelerinin uygun ve hatalı uygulamalarını gösteren şekil Şekil 24'deki gibi, hava deviniminin kent içinde dolaşımını esas alan kentsel tasarım çalışmaları sayesinde kentin yaşam kalitesi artırılabilir. Durağan hava devinimi, sıcak ya da soğuk mikro klimalar oluşturarak, istenmeyen kentsel alanlar oluşturması nedeniyle hava devinimi, kentin içinde hareket halinde olmalıdır, aksi halde yerleşim alanlarında hayatı olumsuz yönde etkileyen yapay mikro klimalar oluşmaktadır[106].

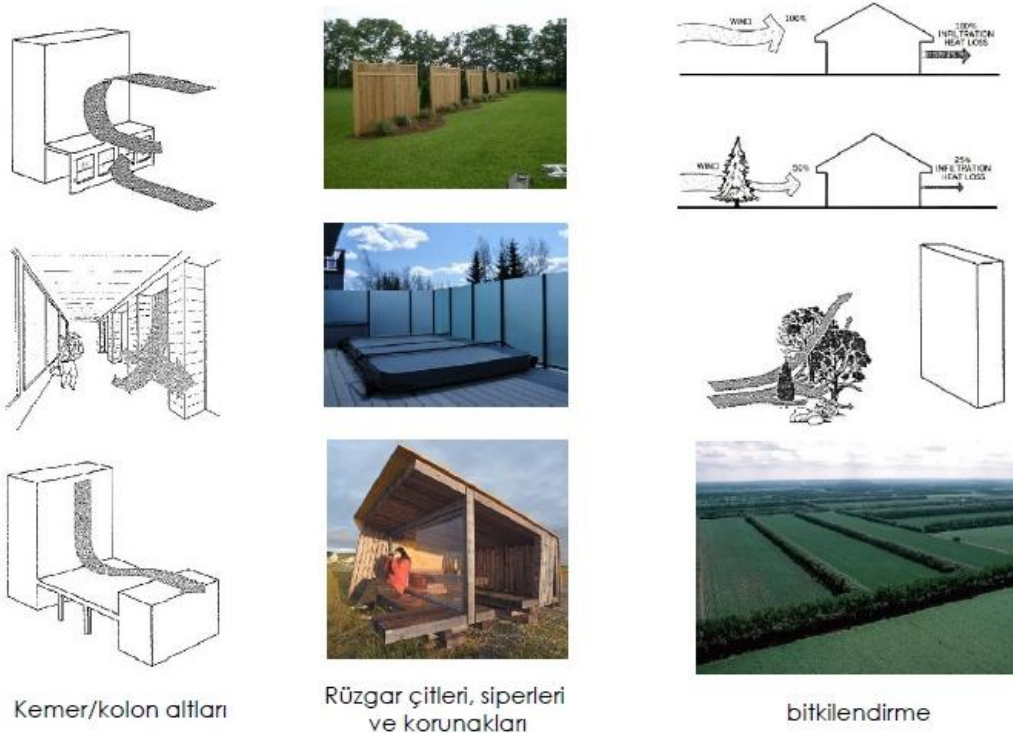


Şekil 24. Mimari Kütle Stratejileri [149].

Şekil 25 ve 26'daki gibi hava devinimi ile birlikte yapılacak mimari tasarımlar aracılığıyla korunaklı dış mekânlar oluşturulabilir. Yapısal uzantılar ve bitkisel peyzaj alanları ile kentsel alanlarda hava devinimi kalkanları yapılabilir. Yapıların köşeleri yumuşatılabilir ve yüksek katlı yapılarda tasarlanan yapı uzantıları hava devinimi yönünü değiştirmede yardımcı olabilir. Bu sayede hava devinimi yönlendirilerek, insan düzeyine inmeden istenilen hıza ve yöne getirilebilir [149].



Şekil 25. Hava Deviminin Aşağı Akış Hızını Yavaşlatmak İçin Oluşturulan Kalkan [149].



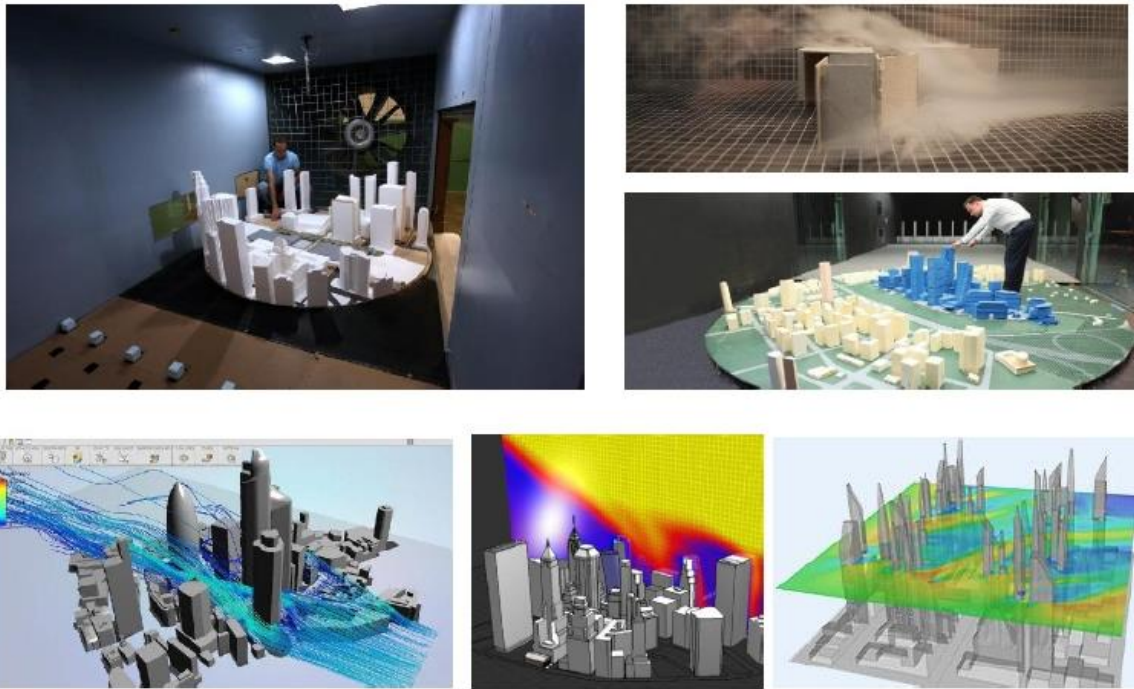
Şekil 26. Tasarım stratejileri / Düzenleyici önlemler[135].

Yapı aerodinamiğinin ana konusu, yapıya etki eden hava devinimi yükleri ve basınç dağılımlarının belirlenmesidir. Bu nedenle, yapı çevresindeki hava akış şekillerinin belirlenmesi, kentsel alanlarda hava devinimi çevre koşullarının yaklaşık olarak değerlendirilmesinde önemli rol oluşturmaktadır[150]. Aerodinamik rüzgâr tüneli testleri ise, yüksek yapılara etkileyen hava devinimini ve tasarım ilkelerini belirlemek için en çok kullanılan testlerdendir.

Bir yapı üzerindeki, hava devinimi etkilerini tasarlamak için, aerodinamik veri ile yapının uygulanacağı alanın iklimsel verilerinin sentezlenmesi gerekmektedir [151]. Bu yüzden yapıların aerodinamiği hakkında hava deviniminden olumsuz etkilenen yapıların yerine hava deviniminin olumsuz etkisini azaltarak bu devinim ile uyumlu yapıların

tasarlanması gerekmektedir. Yükseklik arttıkça hava devinimi hızının da artması nedeniyle yüksek yapıların formlarındaki farklılıklar yapıların aerodinamiğini etkilemektedir [141].

Mimarisi, yapısal özellikleri ya da konumu nedeniyle farklı yükseklikte ki yapıların hava devinimi davranışının ortaya konulması için genelde Şekil 27 de görüldüğü gibi rüzgar tüneli deneyleri gerekmektedir[152]. Bu durum titreşim ve yapının taşıyıcı tepkileri nedeniyle yüksek yapıların aerodinamiği bakımından önemli bir tasarım niceliklerini oluşturmaktadır [141]. Dolayısıyla kentte ki baskın hava devinimi yönü dikkate alınmadan dolaşımını engelleyecek şekilde yapılan yüksek yapılar kirliliğin dağılmasında olumsuz etken oluşturmaktadır [3].

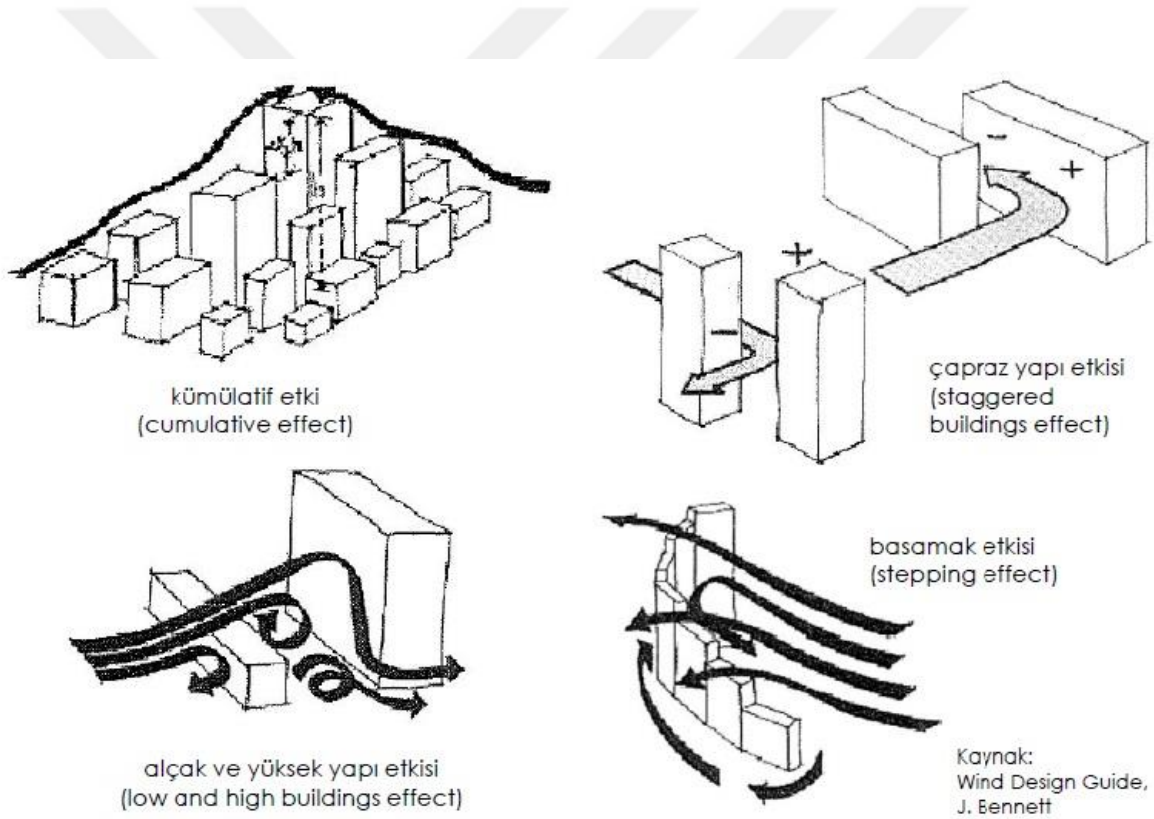


Şekil 27. Rüzgar Tüneli Simülasyonları [135].

Hava devinimi hızının yapı yüksekliği ile orantılı olarak artması yapıların ısı kayıpları oluşturması nedeniyle yapıların birbirlerine göre konumları, iklim kontrolünü kolaylaştırıcı ya da zorlaştırıcı, enerji tüketimini ise azaltıcı ya da artırıcı nitelik taşımaktadır[108]. Bunun için yapılması gereken, yapıları kalkan olarak kullanıp, hava deviniminin kentsel açık alanlarda egemen olarak gezmesi yerine hem yapıların doğal iklimlendirilebilir hem de hava deviniminin istenilen konuma getirilebilir şekilde kontrolünü sağlamak olmalıdır. Dolayısıyla kent planlaması yapılırken bu amaçla hava devinimi koridorları oluşturulabilir ve kentsel gelişim bu koridorlar etrafında şekillenebilir[106].

Yapı yüksekliği ile orantılı artan hava devinimi etkisi özellikle doğal salınım periyodu 1 saniyenin üzerinde olan yapılarda devinimden kaynaklı salınımların etkisi hissedilebilir bir hale gelebilmektedir[138]. Şekil 28 'de görüldüğü gibi yapı yüksekliğinin ve yoğunluğunun artması, baskın hava deviniminin sürtünme nedeniyle hızını azaltarak özellikle sıcak devre olarak bilinen yaz mevsiminde devinimin soğutucu gücünü azaltmakta ve ısı emilimini artırmakla birlikte, hava akımını engellemesi nedeniyle de sıcaklık artışına neden olmaktadır.

Bu sorunun engellenmesinde uygulanacak yöntem, iklim modellemelerine dayalı olarak yapı formları ve farklı yükseklik kompozisyonları ile aralarındaki geometrik ilişkinin hava akımını sağlayacak şekilde düzenlenmesi ile olmalıdır [153,154]. Bu nedenle kent planlaması yapılırken büyüklü küçüklü yapıların iç içe bulunduğu yapılar yerine az katlı ve aynı boyutlarda yapıların inşa edilmesi gerekmektedir [25].



Şekil 28. Yapı grubu üzerinde hava devinimi etkisi [135].

Son 20 yılda yapılan araştırmalar yapıların hava devinimi yönüne dik doğrultuda ve burulma salınımlarının, hava devinimi ile aynı yöndeki salınımlar kadar önemli olduğunu göstermektedir. Başka bir ifade ile gerek ivme ve deplasman hesabında, gerekse eşdeğer yük hesabında hava devinimi hızının ve yönünün değişkenliği, yapının geometrisi, dinamik

davranışı ve çevre yapıların etkilerinin de göz önünde bulundurulması gerekmekte olduğu anlaşılmaktadır[138].Örneğin Kütahya'da hava kirliliğinin etkilerini artıran en önemli etmenlerden biri de kent merkezinde yapılan yapıların genel olarak 7-10 katlı olması nedeniyle hava akımlarını azaltmasıdır [3].

Yüksek basınç şartları altında hava, dolaşım bakımından oldukça zayıftır, durağan bir özellik gösterir. Bu durum kentlerde yüksek yapıların varlığıyla daha da belirginleşir. Kirleticiler hava dolaşımı ile uzaklaştırılmadığından kent alanlarında önemli düzeyde zararlı etkiler ortaya çıkarır [25]. Yapı dış yüzey kaplamalarının tasarımında yapı yüzeyinde oluşabilecek basınç ve emme düzeylerinin de bilinmesi gerekmektedir [138].

Tablo 4.1'deki temel hava deviniminden korunma yöntemleri dikkate alınarak yapılar konumlandırılırken baskın hava devinimi yönüne, güneş ve iklim verilerine ve hava devinim ilkelerine göre değerlendirilmeli bununla birlikte imar planlarında yörenin doğal koşulları göz önüne alındığı yapılaşma yoluna gidilmesi gerekmektedir[140].

3.4.2. Yapıların Yeri, Konumu ve Birbirleri Arasındaki Uzaklığı

İklimsel etkilerle ilişkili, yapma çevre incelendiğinde yer, yapı aralıkları, yönlendiriliş durumu, yapı formu, yapı kabuğu optik ve termofiziksel özellikleri gibi tasarım nicelikleri üstünde durulması gerektiği anlaşılır [146].

Yer, iklim kontrolünde ve çevre kirliliğinin engellenmesinde etkili olan bir tasarım olması nedeniyle yapının yeri, konumu, tasarımı doğrudan etkileyen etmenler olduğu kadar çevresel veriler de tasarımın yönlendirici unsurlardır. Bununla birlikte arazi biçimi, baskın hava devinimi yönü, dış ortamın sıcaklığı, zemin yapısı, bitki dokusu gibi fiziksel çevreyi oluşturan ölçütlere uygun tasarım yapmak yapının çevreye uyumunu ve enerji kontrolü konusunda olumlu sonuçlar vermektedir[108].

İç avlular çevresinde konumlandırılmış yapıların hava devinimi sürtünmelerini ve hızlarını düşürücü etkilerinden dolayı tercih edilmesi gerekliliği açıktır. Yüksek konut bloklarından güneş ışınlarını engellemesi nedenleriyle sakınılmalıdır.Dış mekanlar soğuk hava deviniminden korunmuş, güneşlenmeyi kolaylaştırıcı ve gölgeyi azaltıcı avlular olarak güneye bakar şekilde tasarlanması daha doğru bir çözüm oluşturmakla birlikte termal konfor ve havalanma bakımından da dış mekanlar arasında bağlantılar mutlaka düşünülmelidir.

Güneşlenme nedeniyle yapılar arası yaklaşma uzaklıkları için belirli mesafeler bırakılması gereklidir. Yapı yüksekliği (Y) ile cadde genişliği (G) oranının kuzeyden güneye yönelimli

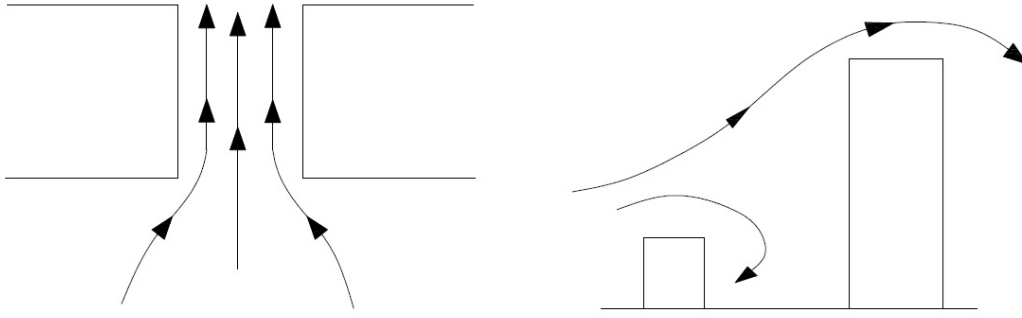
alanlarda $(Y/G)1/1.5=0.6$ olması en uygun değer olarak belirlenmesinde güneş ışınlarının 30 derecelik bir açı ile tüm yapılara gelmesini sağlayacak şekilde hesaplanmıştır. [155].

Yeri seçiminde iklim özelliklerine dikkat edilmesi gerekmektedir. Örneğin sıcak rutubetli bir bölgede; hava devinimi etkisine açık olabilecek bir yer seçimi, sıcak kuru bir bölgede; hava deviniminin zemin sıcaklığını getirebileceği nedeniyle, hava deviniminin rutubetli bir yerden geçecek şekilde yönlendirilmesine olanak oluşturacak bir yer seçimi, ılıman bölgelerde; yaz ve kış sıcaklık farkı çok olmaması nedeniyle, rutubetli yerlerden uzak bir yer seçimi, Soğuk bölgelerde ise; hava deviniminin olmadığı, "devinimin etkilerine kapalı" bir yer seçimi gerekir[134]. Kısaca yer seçimi; kuru alanlarda vadilere yayılarak, rutubetli alanlarda tepelere yerleşerek, ılımlı alanlarda yamaçlara, soğuk bölgelerde ise vadilere yerleşmek ile doğru olacağı düşünülmektedir [121].

Yıllık ortalama sıfır net enerji tüketen ve sıfır karbon salınımı yapan yapılarda yapılar arası mesafe, yapıların birbirlerine göre konumlarının, dış bitki örtüsü ve engel yüzeylerinin özelliklerinin dikkate alınması gereklidir [156]. Her yapı bulunduğu ortamın öz yapısal özellikleri ile birlikte ekolojik özellikleri ile birlikte ele alınmalı ve fiziksel, sistemsel ve kalıcı bütünleşme sağlanmalıdır. [101].

Yerleşme düzeni ile ilgili kararlarda; en sıcak ve en az sıcak devre ilişkileri, doğru yönlendirme ile yapıların soğukta ısı kazanması, sıcakta ısı fazlalığından korunması ve uygun hava devinimi sağlanmasının gerçekleştirilmesi gibi ölçütler önem kazanır. Yapı aralıklar tasarlanırken güneşin doğuş ve batış saatleri dışında kalan ara saatler, yönü, arazi eğimi, yerleşme yoğunluğu bakımından dikkate alınması gerekmektedir [121]. Bununla birlikte yapılar arası uzaklık, cephelerin birbirlerinin güneş ısınımı kazançlarını ve yararlı hava devinimi etkilerini engellemeyecek şekilde belirlenmesi gerekmektedir [157]. Yapıların birbirlerine göre durumlarında hava devinimi etkisi yapıların yükseklikleri ve yapı biçimleri arasındaki ilişkiye göre değişmektedir[108].

Şekil 29'daki gibi farklı yükseklikteki yapılar hava devinimi doğrultusunda alçaktan yükseğe doğru sıralanması durumunda hava tabakasının, iki blok arasındaki alana girmeden ötelenmesine neden olabilir [29].

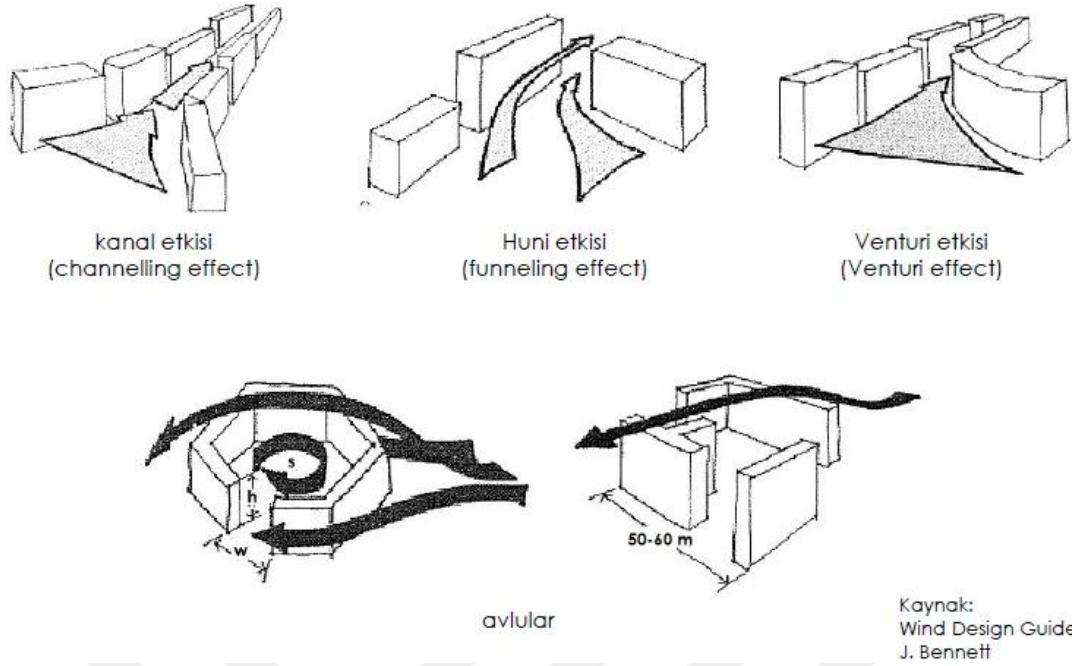


Şekil 29. Yapıların Yatay ve Düşey Düzlemde Bir Araya Gelişinde Hava Devinimi Hızının Artırılması ve Öteleme Durumu [29].

Hava devinimi ve güneşten yararlanma ve korunma isteklerine bağlı olarak yerleşme yoğunluğu iklim bölgelerine göre farklılık göstermekte olup yapılarda iklimsel uygun koşulların sağlanmasında yönlendiriliş önemli bir niceliktir.—Güneş ışınımının ısıtıcı etkisinden ısıtma ve iklimlendirme amaçlı yararlanma ya da kaçınma, yapılar arasındaki açık alanların ölçülerinin bir işlevidir [121,157]. Cepheler; yapıların aralarındaki uzaklıklarına, yüksekliklerine ve konumlarına bağlı olarak, birbirlerine göre güneş ışınımı ve hava devinimi engelleri olarak işlev görebilirler.

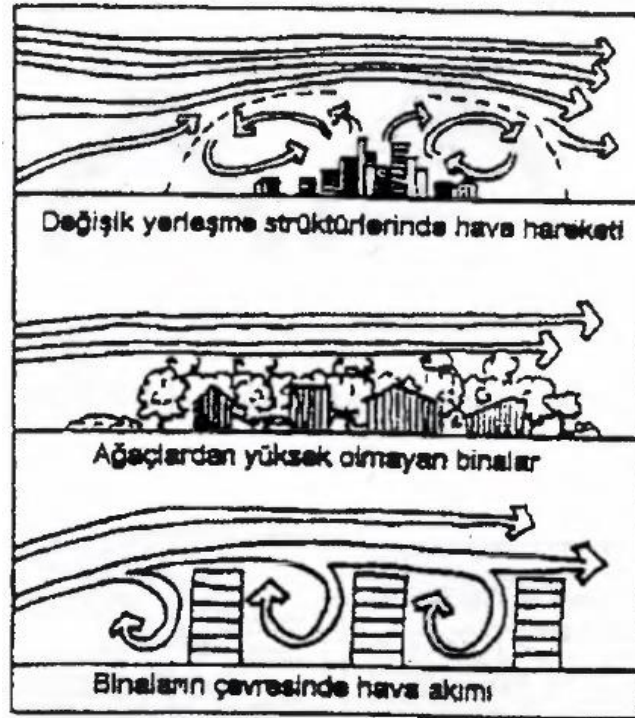
Kentsel meskûn açık alanda yer alan yapılar, açık kırsal alandaki topografya etkisini göstermekte olup açık kırsal alanda oluşan akım tipleri ile kentsel alandaki akım tipinde farklılaşma olmakta, hava devinimi ya da hava hareketleri düzensiz, türbülanslı, girdaplı duruma geçmektedir. Açık kırsal bölgelerde oluşan dağ ve vadi hava devinimleri gibi kentsel açık alanlar arasında, alanların ölçü, konum ve biçimlerine bağlı olarak hava akımları oluşmasının nedeni açık alanları oluşturan yüzeylerin farklı zamanlarda ve miktarlarda güneş ışınımı alarak ısınması ya da soğumasıdır [29].

Şekil 30'da açıklandığı gibi yapıların hava devinimi doğrultusunda bir kanal meydana getirecek şekilde yerleşimi nedeniyle Venturi etkisi oluşmakta dolayısıyla bu bölgede hız artışları oluşabilmektedir. Yapılar kontrollü hava devinimine göre dar ya da geniş açıklıklar bırakacak şekilde konumlandırılarak açık alanda hava devinimi hızının Venturi olayı oluşturularak artmasına ya da azalmasına hizmet edebilir [29].



Şekil 30. Yapıların Konumu, Biçimlenişi ve Hız Ayarlaması [135].

Şekil 31'de, yapı yüzeyinde biriken ısı kazancını, hava devinimi ters orantıda etkilediğinden, bu durumdan yararlanmak ya da korunmak için engelin arkasında oluşan iz bölgesinde ki hız dağılımını dikkate alınarak baskın hava devinimi doğrultusundaki yapılar arası uzaklıklar belirlenmelidir[121].



Şekil 31. Değişik Yerleşme Strüktürlerine Göre Hava Hareketi[148].

3.4.3. Yerleşme ve Yapı Çevresinde Hava Akımları

Bir yerin yalnız göl kenarında ya da dağlık alanda yer alması, bu yerin sağlığa uygun iklim olduğunu göstermez. Bu nedenle güneşlenme süresi, hava devinimi durumu, bağıl nem ve sis sıklığı, bakı ve etkili olabilecek diğer mekânsal koşulların da göz önünde bulundurulması gerekir[42]. Örneğin Anadolu'da arazi konumu olarak bir havza kenarında ya da ortasında yer alan birçok yerleşim merkezinden Ankara, Erzurum, Kayseri, Malatya ve Diyarbakır, Gaziantep gibi birçok büyük kentlerimizde ileri derecede hava kirliliği görülmektedir [57].

Batıda ise endüstri devriminden sonra, kent planlamasında, Avrupa'da 1870'te Nuremberg kentinde konutların her odasında doğal aydınlatma şartını zorunlu tutan, 1874'te yapılardaki ışık ve hava yeterliliğinin sağlığı korumak için gerekli olduğunu anlatan İsveç yasalarında, 1900'lerde Viyana'da fabrikalardan çıkan dumanı kent dışına taşımak amacıyla, kent ve bölge planlamasında baskın hava devinimi önemli düzeyde dikkate alınmıştır [144]. Genel anlamda kent planlama süreçlerinde, plancuların, iklimsel koşulların ve hava deviniminin öneminden haber olduğu ancak planlama sistemine bu verileri çok sınırlı düzeyde dâhil ettikleri, yerel yönetimlerin hava kirliliğini algılama biçimlerinin hala sınırlı düzeyde olduğu ve planlamada hava devinimini ihmal ettikleri görülmektedir.

Kent planlaması yönünden göz önünde bulundurulması gereken şey, kentte çeşitli nedenlerle oluşan iklimsel verilere bağlı olarak etkinlikleri ve boyutları değişen alan düzenleme biçimlerinden oluşan pek çok sıcak adaların varlığıdır. Bu nedenle hava devinimi yönünde oluşturacağı değişimi bulmak oldukça güçtür. Bunun nedeni ise, kentin mekânsal düzenlemesine ek olarak bölgesel etmenlerin de bulunmasıdır [42].

Baskın hava devinimi yönü dikkate alınarak tasarlanan yapılar ve yeşil alanlar kent iklimine önemli katkıda bulunur. Bu nedenle yapı adalarının, baskın hava deviniminin kente girişine engel oluşturmayacak şekilde konum ve yükseklikte planlanması ayrıca yeşil alanların serin havasını kentin içine getirebilecek hava devinimi koridorlarının oluşturulması gerekmektedir. Aşırı yapılanma ise hava deviniminin yönünü olumsuz şekilde etkileyerek bitki örtüsüne zarar vermektedir [117].

Yapı yakın çevresinde az katlı meskûn alanlarda önerilen sert, yumuşak, doğal ya da yapay öğeler buldukları açık alanlarda ve yapı içi alanlarda hava devinimini kontrol etmeye yarar. Yüksek yapılar ve düşeyde yoğunlaşmış yerleşim alanlarında yapı etrafında etek ve köşe girdaplanmalarını denetlemek amacı ile bu tür öğeler tasarlanmaktadır. Özellikle bir boyutu fazla büyük olan yüksek yapı ya da yatayda devam eden devamlı yapı blokları olması

durumunda yapı etrafında en az yapı yüksekliği en fazla yapı yüksekliğinin 5 – 7 katı uzaklıkta bu etkiler görülmektedir. Az katlı ve yoğunluğun az olduğu yerleşme içinde yapı etrafında yetiştirilen bitkilerin konumları, gövde biçimlenişleri, yükseklikleri, yaprak yoğunlukları havanın hızını ve yönünü değiştirebilmektedir [29].

Kentler hava devinimine kapalı ya da baskın hava devinimi yönünde dik bir yerleşim oluşturduğunda, kirli havanın uzaklaştırılması konusunda olumsuz durumlarla karşılaşabilmektedir [129]. Yüksek katlı yapıların yapılmaya başlaması ve bitişik şekilde yapı nizamı yapılması, cadde ve sokakların baskın hava devinimi yönü dikkate alınmadan yapılmış olması gibi plânlamada görülen hatalar hava akımını önlemekte ve çevre kirliliğinin etkisini daha da artırmaktadır. Bu olayın etkisi ise, hava kirliliğinin fazla olduğu, soğuk kış mevsiminde daha fazla hissedilmektedir.

Yüksek yoğunluğun olduğu ancak yüksek ve düşük katlı yapıların bir arada bulunduğu alanlar havalandırma açısından daha olumludur ancak aynı yüksekliğe sahip düşük yoğunluklu yapı alanları bu bakımdan olumsuz sonuçlar oluşturmaktadır [155].

Göç ile gelen kontrolsüz nüfusunda önemli bir kısmı daha çok kentin verimli tarım arazileri üzerine evlerini yaparak yatay yönde, kentin plansız bir şekilde gelişmesine ve kentteki hava akımının kesilmesine neden olmaktadır [102]. Bu nedenle örneğin Osmaniye 'de göçle gelen nüfusu kontrol altına almak amacıyla kent etrafında yapılacak olan yeni toplu konut alanlarının kentin kuzey ve kuzey-doğu (Dumlu) bölgesine doğru kaydırılarak, baskın hava devinimini arkasına alacak şekilde kurulması ve cadde ve sokakların olabildiğince baskın hava devinimi yönünde oluşturulması, dolaşıma engel olacak yüksek yapılara izin verilmemesi gerekmektedir [26].

İstanbul kentinin, coğrafi yapısı nedeniyle doğal havalandırma koridorlarının bulunması iklimsel açıdan önemli bir avantajdır. Ancak bu olanaklara karşı, sürekli artan yoğun, yüksek yapılaşmalar nedeniyle bu doğal hava koridorların olumlu etkileri de günden güne azaltılmaktadır. Kentin çoğunlukla kuzeyinde yer alan var olan yeşil dokusu ve orman alanları, İstanbul'un temiz hava oluşumunu sağlayan kirli havayı temizleyen akciğerleri olup bununla kent iklimini de düzenlemektedir. Ayrıca Boğazlar, haliçler, lagünler ve vadiler deniz ve ormanları bağlayan kanallar olup, kenti serinleten ve kirli havayı temizleyen etken doğal kaynaklardır [45].

Birmingham kentinde yüksek kirlilik yoğunlukları soğuk dönemlerde, Atina'da ise sıcak mevsim dönemlerinde gözlenmiştir. Birmingham kentinde baskın hava deviniminin kirlitici maddeleri taşımada etkili olduğu görülmüştür. Buna göre, kentsel meskûn alanlarda,

yer seçim kararları ve mevsimsel koşullar hava kalitesinin belirlenmesinde öne çıkan iki etmen anlaşılmaktadır [158].

3.4.4. Yapıların Isıtma/Soğutma Yükleri

Yapı kabuğu güneş ışınımına karşı yutuculuk, geçirgenlik, yansıtıcılık gibi optik ve termofiziksel özellikleri bulunmakta olup bu ve ve ısı geçişine ilişkin özellikleri; cephe kabuğunun birim alanından, dış hava sıcaklığı ve güneş ısınımı etkisiyle, kazanılan ve kaybedilen ısı düzeylerinin belirleyicileridir [121,157].

Yapıların yönlendiriliş durumuna göre, yapıyı çevreleyen cephe kabuğunun dış yüzeyindeki güneş ışınımı etkisi ve buna bağlı olarak kabuğun birim alanından geçen ısı düzeyleri farklılık gösterir[146]. Özellikle iç mekânların olası olduğu kadar az ısı kazanmasının istendiği yılın en sıcak dönemlerinde, yapı dış cephelerinde hava deviniminin taşınım olayı üzerindeki zorlayıcı etkisinden ve hava devinimi basıncı nedeniyle havalandırma açıklıklarından dosdoğru iç mekâna alınan hava kütesinin ısı kazancı ya da ısı kaybı etkisi olacaktır[29].

Yapıların geometrisinin ve yapı malzemesinin kent sıcaklığını artırması nedeniyle kentleri birer ısıyı emen kara cisim olarak değerlendirmek olasıdır. Çünkü kentsel yapılar doğal ortamlara göre daha çok ısıyı emmektedir. Koyu renkteki yapı malzemeleri ile emme düzeyi doğru orantılı olarak artmaktadır[25]. Açık arazilerde güneş radyasyonu, yansımaya dağılırken kentlerde yüksek yapılar aracılığıyla bu yansıyan güneş radyasyonu tutulur [159].

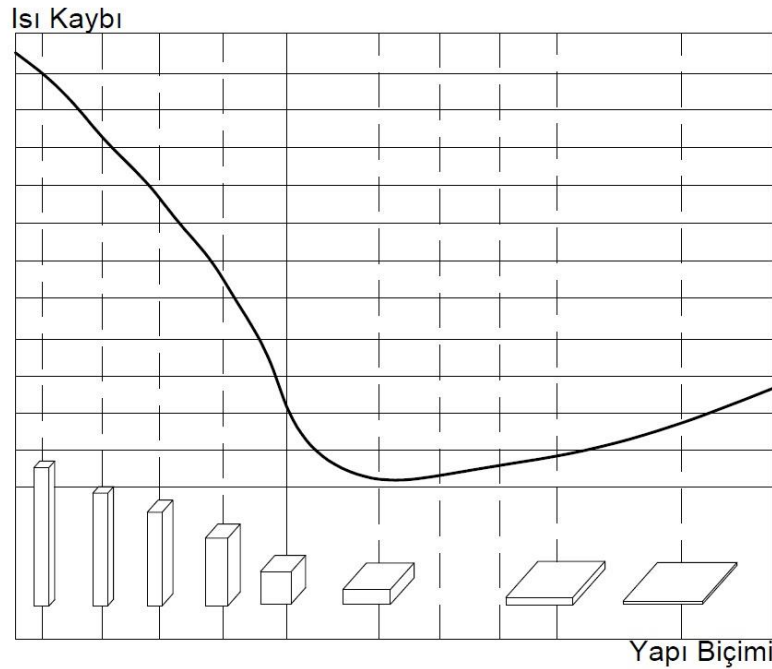
Enerji etkin peyzaj tasarımında bitkilerin, çok önemli bir potansiyeli bulunmakta olup iyi tasarlanmış bir peyzaj sayesinde, yapının ısıtma-soğutma giderleri önemli düzeyde azaltılabilmektedir. Eski yapılar yeni yapılardan daha fazla sorun barındırması nedeniyle yalnızca yeni yapıları değil var olan yapıları da çevreci tasarım kapsamında değerlendirmek doğru olacaktır. Bu nedenle daha iyi bir mekân tasarımı ve kullanımı için, yalıtımın ve yapıların doğal ışıktan daha çok yararlanmasını sağlamak, ısıtma ve soğutma sistemlerindeki enerji tüketimini azaltmak, yapı içindeki havanın nitelik olarak iyileştirilmesi, mevsim geçişlerinde doğal havalandırma sistemlerinin daha iyi çalışır hale getirilmesi şeklinde çevreci çözümleri gerektirmektedir.

Beton ve asfalt yüzeylerin kentsel alanlarda çokluğu nedeniyle hava devinimi dolaylı olarak önemli ölçüde etkilenmektedir. Bu yüzeyler gündüz güneşten gelen ışınları emerek gece süresince bu enerjiyi dışarıya vermekte olup açığa çıkan bu enerji ile özellikle gece ölçülen en düşük sıcaklık değerlerinde ciddi bir artışlara neden olmaktadır. Kent yüzeyini

kaplayan beton ve asfalt kaldırımlar ile yollar, tuğla, briket ve beton gibi malzemelerden yapılan yapılar, termal özellikleri nedeniyle gündüz önemli düzeyde güneş ışığını emerek gece uzun dalgalı ışınım olarak havaya bırakır ve bu nedenle gece hava sıcaklığında artış olmaktadır. [117].

Yapılan araştırmalara göre sıcaklık beton yüzeyinde 43° C, asfalt üzerinde 59°C ve cim üzerinde ise 39 °C olarak ölçülmüştür [160]. Bu durum sera gazı üretimini artırarak kentteki yapıların oluşturduğu büyük sıcaklık depolama kapasitesi ve gölgelenmeler nedeniyle kenti yavaş yavaş ısıtır. Öğle saatlerinde ise tekrar kent çevreden daha sıcak olmakta Bu saatlerde sıcaklık farkı hava deviniminin frenlenmesi olayı ile daha belirgin hale gelmektedir [117]. Kalb (1962, s. 9 1 -9 9) araştırmalarında sıcaklık farklılıklarının yapı yoğunluğuna ve birbirleri arasındaki uzaklığın azalmasına bağlı olarak değiştiğini, hatta küçük alanlarda bu bağıntının etkisinin doğrudan hissedildiğini belirtmektedir.

Şekil 32'te de görüldüğü gibi en uygun yapı formunun belirlenmesi konusunda yapılan çeşitli teorik ve deneysel araştırmalar sonucunda, kare taban alanlı ve aynı hacim düzeyinde fakat farklı kütle oranlarında ki yapılar için yükseklik arttıkça ısı kayıplarının artabildiği kanıtlanmıştır.



Şekil 32. Yapı Formu ile Isı Kaybı Arasındaki İlişki [148 no'lu kaynaktan uyarlanmıştır].

3.4.5. Gökyüzü Görünürlük Oranının Hava Kirliliğine Etkisi

Değerlendirmelerde kullanılacak en önemli ölçüt yapı yüksekliği (Y) ile cadde genişliği (G) arasındaki oran (Y/G) olup bu oran güneş ışınlarının zemine ulaşma düzeyini ifade edecektir. Y/G oranının sıfır olduğu durumlarda güneş ışınlarının ısıtıcı etkisi ya tamamen yansıtıldığı ya da emilerek daha sonra gökyüzüne bırakıldığı anlamında olup benzer şekilde bu oranın "1" olduğu alanlarda ise güneş ışınları zemine yakın bir yerde sönümlenmekteyken (absorbe edilmekteyken), daha yüksek olduğu alanlarda zeminden çok yüksekte tutulduğu anlamına gelmektedir. Kısaca yapı yüksekliğinin cadde genişliğine oranı ne kadar yüksek olursa, kentsel çevrenin ısınma etkisi de bu kadar az olmaktadır. İdeal Y/G oranının kışın sıcak, yazın serin kentsel alanlar için 0.4-0.6 arasında olması gerektiği düşünülmektedir.

Ancak Avrupa şehirlerinde Y/G oranı 0.75-1.7, Amerikan Şehirlerinde ise Y/G:1.15-3.3 değerleri arasında bir oran olup bu durum uygun değerlerin üzerinde olduklarını göstermektedir. Bunun nedeni ise kent merkezi gibi arazi fiyatlarının çok yüksek olduğu yoğun yapılaşmanın olduğu alanlarında 0.4 ve 0.6 gibi düşük değerleri tutturmak olası olamamaktadır. Bu nedenle bölgede yeni yapılacak inşaatlarda ya da (meskun) yerleşim alanların yıkılıp yeniden yapıldığı alanlarda yapı yüksekliğinin cadde genişliğine oranını "1" değeri civarında tutmak ve ilave mimari çözüm üretmek gerekmektedir.

Kentin geometrisi ile alakalı olarak bahsedilmesi gereken diğer bir kavram ise "Gökyüzü Görünürlük Oranı" dır. Bu kavram kentsel iklimle doğrudan ilişkili olup cadde orta noktasından gökyüzüne bakıldığında gözün görebildiği tüm açık alanı ifade etmektedir.

Bina hacimleri ise kent geometrisini belirleyen diğer bir önemli etmen olup yapı yüzeyleri ne kadar geniş olursa kent iklimine etkisi o kadar fazla olmaktadır. Duvar ve çatı yüzeylerinin daha az olduğu kompakt formulu bu tür yapılar güneşlenme ve havalanma açısından daha olumlu bir çevre oluşturmaktadır [155].

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

VAR OLAN YA DA YENİ TASARLANACAK KENTLERDE HAVA KİRLİLİĞİNİ ÖNLEYECEK/AZALTACAK YÖNTEM İÇİN VERİLERİN TOPLANMASI /DEĞERLENDİRİLMESİ

Var olan ya da yeni üretilecek kent planlarında kirli havanın etkisinin analiz edilebilmesi için öncelikle bölgenin genel bir fizibilitesi yapılmalıdır.

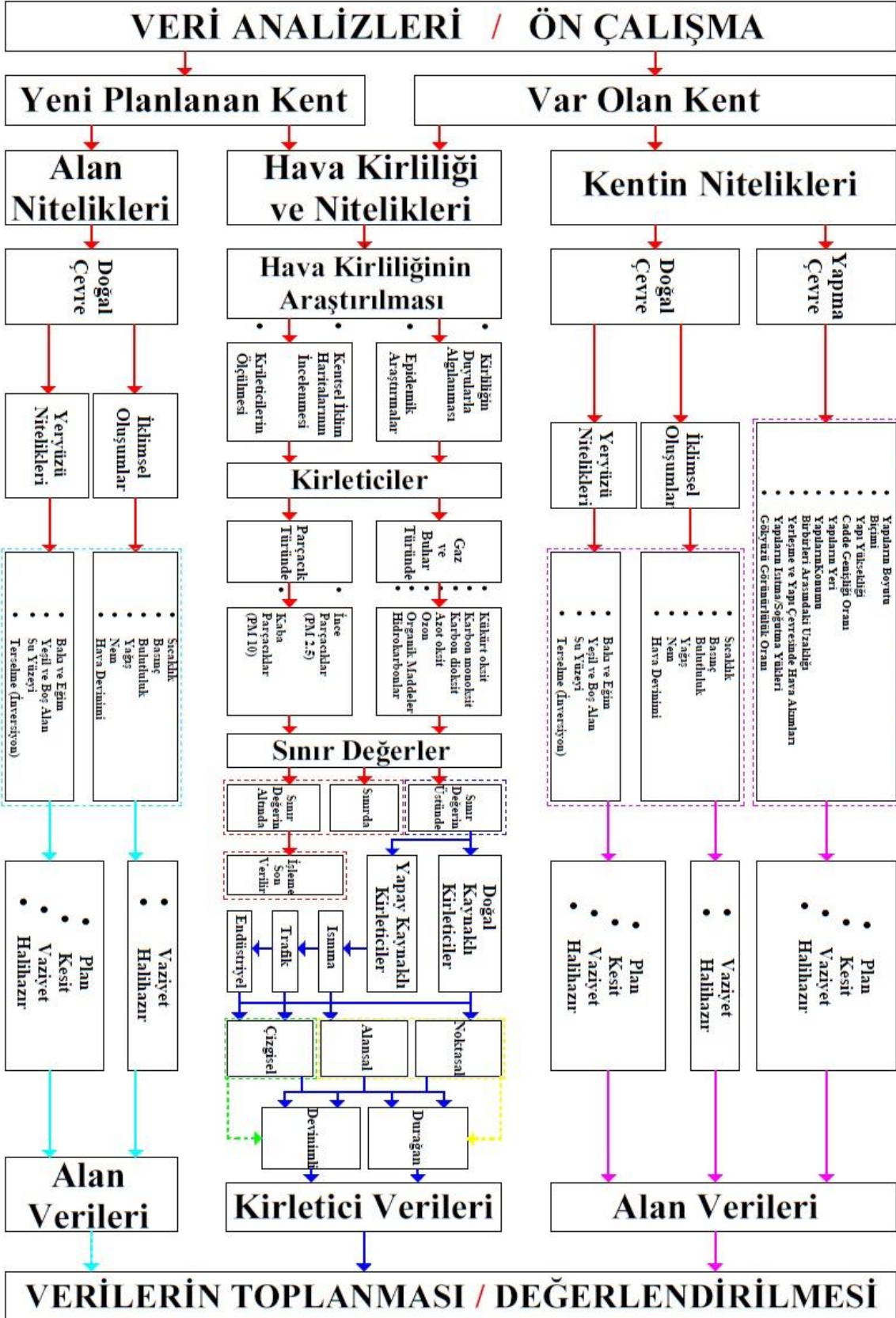
Eğer var olan ya da yeni planlanacak bir alandaki hava kirliliği değerlerinin saptanması isteniyorsa;

- Doğal ve yapma çevre ile ilgili kentin nitelikleri ve hava kirliliğine neden olan kirleticiler araştırılarak bölgeye ait alansal verilerin etkisi incelenir.
- Alanda doğal çevre ile ilgili; bakı, eğim, yeşil ve boş alanlar, su yüzeyi ve terselmeye neden olan yeryüzü nitelikleri ile sıcaklık, basınç, bulutluluk, yağış, nem ve hava devinimi gibi iklimsel oluşumlar hakkında veriler toplanarak bir hali hazır oluşturulur. (Tablo 17).
- Yine alana ait yapma çevre ile ilgili var olan yapıların boyutu, biçimi, yapının yüksekliği, yeri, konumu, birbirleri arasındaki uzaklığı, çevresindeki hava akımları, ısıtma ya da soğutma yükleri, gökyüzü görünürlülük ve cadde genişliği oranı ile ilgili bulgular elde edilerek planlar ve kesitler üzerinden alan verileri toplanır.
- Aynı zamanda hava kirliliğine neden olabilecek kirleticiler için araştırma yapılması gerekmektedir. Bu kirleticiler rahatsız edici düzeylerde olduğunda duyarlarla rahatça algılanabildiği gibi aynı şekilde epidemik araştırmalar ile kirleticilerin canlı sağlığına olumsuz etkileri üzerinden bölgede oluşturduğu hastalıklar takip edilerek de kirletici türleri saptanabilir(Tabo 2.).
- Ayrıca bu alan ile ilgili kentsel iklim haritalarından ve çeşitli ölçüm istasyonlarından toplanarak hava kirliliği ölçüm değerlerinden faydanılarak

bölgede bulunan gaz ve buhar türünde ya da parçacık türünde hangi kirletici türleri olduğu belirlenir.

- Bahsedilen ölçüm teknikleri sonucunda alanda belirlenen kirletici türleri ve değerlerinin sınır düzeylerine bakılır.
- Sınır düzeyi üzerine çıkan ve risk oluşturan kirletici türleri belirlenir (Tablo 15).
- Belirlenen bu kirletici ya da kirleticilerin doğal kaynaklı mı yapay kaynaklı mı olduğu araştırılır (Tablo 12).
- Hava kirliliği kaynağı belirlendikten sonra bu kaynağın ısınma, trafik ya da endüstriyel kaynaklı bir kirletici mi olduğu bunların noktasal, çizgisel, alansal, durağan ya da devinimli bir kirletici türü olup olmadığı saptanarak kirletici verileri toplanır.(Tablo 16.)

Bu durumda hava kirliliği ile ilgili bulguların detaylı analiz edilmesi ve doğru verilerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda var olan ya da yeni planlanacak kentlerde hava kirliliğini önleyecek ya da azaltacak bu veri toplama modeli ile sorunun çözümüne ilişkin, kentteki hava kirliliğini azaltmayı hedefleyen tasarımcıya yol gösterecek ana modelin ilk adımı oluşturulmuştur.



Şekil 33 . Var olan ya da Yeni Planlanacak Kentlerde Hava Kirliliğini Onleyecek ya da Azaltacak Yöntem İçin Verilerin Toplanması ya da Değerlendirilmesi Hakkında Uygulanabilecek Veri Modeli Önerisi

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç

Hava kirliliğine neden olan kirleticilerin oluşmasında; kentin arazi ve iklimsel koşullarından başka kentler planlanırken iklim haritaları ile kentte var olan kirleticilerin ve alansal verilerin dikkate alınmadan yanlış yapılanması sonucunda; plansız kentleşme ve endüstrileşme, yapılarda oluşan ısı kaybı, iklimsel olaylar, kent dokusunun çevresine ve doğal ortamına uygun olmaması, kentteki baskın hava deviniminin kent içine alınamaması gibi nedenler yer almaktadır.

Ayrıca hızla artan nüfus ve bu nüfusun belirli noktalarda aşırı yığılması kirlenme olayını daha da etkili hale getirebilmekte bununla birlikte artan konut, daha çok yakıt ve daha çok kirlilik oluşturmaktadır. Yapıların hava devinimine müsaade etmeyecek ve kirletici gazların yoğunlaşmasına neden olacak şekilde düzensiz ve topografya ile uyumsuz konumlandırılması, dolayısıyla yapıların yeri, konumu, biçimi, birbirleri arasındaki mesafe önemli olmakla birlikte endüstri alanları için hatalı yer seçimi ve bu endüstri kuruluşlarının konumlandıkları yerlerin fiziki coğrafya koşulları (özellikle yeryüzü şekilleri ve iklim koşulları) gibi etkenler hava niteliğinin düşmesinde hızlandırıcı rol oynamaktadır.

Dünya genelinde birçok ülke, hava kirliliğinin neden olduğu olumsuzlukların azaltılabilmesi için çeşitli önlemler almakta ve hava niteliğini artırmak amacıyla; azotoksit, karbon dioksit, karbon monoksit, parçacık madde ve kükürt oksit gibi kirleticilerin çeşitli yöntemlerle atmosferdeki sınır değerlerinin üstüne çıkmasını engellemeye çalışmaktadır.

Kentsel hava kirliliğinin iyileştirilmesi için iki yöntem vardır. Bunlardan birincisi kirliliği kaynağında yok etmek, bir diğeri ise kirliliği çeşitli yöntemler ile azaltmaktır. İlk öneri ancak kanun koyucu tarafından yapılabilecek bir yöntem olup bu anlamda alınan kararların uygulanması ancak iyi bir denetim ile mümkün olabileceği düşünülmektedir. İkinci öneri ise bu çalışmada da ele alınan, çeşitli tekniklerle kirliliği azaltmaya yönelik tasarımcının dâhil olduğu yöntemdir.

Bunun için bu çalışma; kentsel hava kirliliği ile, sınır değerlerini aşarak hava kirliliğine neden olan kirleticiler ile, doğru planlama ölçütleri ile, var olan ya da yeni tasarlanacak kentler ile, hava kirliliğini önleyecek/azaltacak yöntem ile, verilerin toplanması /değerlendirilmesi ile, epidemik araştırmalar ve kirleticilerin ölçümü ile, kentsel iklim

haritaları ile, kirleticilerin sınır değerleri ile, kentsel hava kirliliğinin kaynakları ile ,noktasal, çizgisel, alansal nitelikte kirleticiler ve durağan ya da devinimli hava kirleticileri ile, kentsel hava kirliliğini etkileyen yeryüzü nitelikleri, iklimsel oluşumlar ve yapma çevre ile sınırlandırılmıştır.

Yapılan araştırmalar sonucunda Türkiye’de her geçen yıl daha da önemli bir sorun haline gelen hava kirliliği ile alakalı, kent planları yapılırken ya da var olan planlarda yapılacak olan tadilatlarda öncelikli olarak ele alınması gereken konunun hava kirliliğine neden olan kirleticilerin ve alana ait doğru verilerin saptanarak oluşturulacak olan modelin ilk adımı olan veri toplama aşaması ile tasarımcıya yol gösterecek bir rehber oluşturulması gerektiği düşünölmüştür.

Eğer bir bölgede hava kirliliğinin önlenmesi ya da etkisinin azaltılması isteniliyorsa;

İlgili alanda yapılması düşünölen planlama çalışmaları için öncelikli olarak doğal ve yapma çevre ile ilgili kentin nitelikleri ve hava kirliliğine neden olan kirleticiler araştırılarak bölgeye ait alansal verilerin etkisi incelenmeli daha sonra alanda doğal çevre ile ilgili; bakı, eğim, yeşil ve boş alanlar, su yüzeyi ve terselmeye neden olan yeryüzü nitelikleri ile sıcaklık, basınç, bulutluluk, yağış, nem ve hava devinimi gibi iklimsel oluşumlar hakkında veriler toplanarak bir hali hazır oluşturulmalıdır.

Yine alana ait yapma çevre ile ilgili var olan yapıların boyutu, biçimi, yapının yüksekliği, yeri, konumu, birbirleri arasındaki uzaklığı, çevresindeki hava akımları, ısıtma ya da soğutma yükleri, gökyüzü görünürlölük ve cadde genişliği oranı ile ilgili bulgular elde edilerek planlar ve kesitler üzerinden alan verileri toplanmalı bununla birlikte hava kirliliğine neden olabilecek kirleticiler için ön araştırma yapılmalıdır. Bu kirleticiler rahatsız edici düzeylerde olduğunda duyularla rahatça algılanabildiği gibi aynı şekilde epidemik araştırmalar ile kirleticilerin canlı sağlığına olumsuz etkileri üzerinden bölgede oluşturduğu hastalıklar takip edilerek de kirletici türleri saptanmalı bununla beraber bu alan ile ilgili kentsel iklim haritalarından ve çeşitli ölçüm istasyonlarından toplanarak hava kirliliği ölçüm değerlerinden faydalanılarak bölgede bulunan gaz ve buhar türünde ya da parçacık türünde hangi kirletici türleri olduğu belirlenmelidir.

Bahsedilen ölçüm teknikleri sonucunda alanda belirlenen kirletici türleri ve değerlerinin sınır düzeylerine bakılarak sınırın üzerine çıkan ve risk oluşturan kirletici türleri belirlenmeli bu kirletici ya da kirleticilerin doğal kaynaklı mı yapay kaynaklı mı olduğu araştırılmalıdır. Hava kirliliği kaynağı belirlendikten sonra bu kaynağın ısınma, trafik ya da endüstriyel kaynaklı bir kirletici mi olduğu bunların noktasal, çizgisel, alansal, durağan ya da devinimli bir kirletici türü olup olmadığı saptanarak kirletici verileri toplanmalıdır.

Bu sayede yeteri kadar önemsenmeyen herhangi bir alana ait kirlilik verilerinin, planlama aşamasında göz önünde bulundurulması için hava kirlilik verileri ile planlama arasındaki ilişkiye dikkat çekmek, konuyla ilgili gerekli bilinçlendirmeyi sağlamak, tasarımcılara var olan ya da yeni üretilecek planlama alanlarında hava kirliliği riskine karşı nasıl bir yol izlenmesi gerektiği ile ilgili alanda yapılan çeşitli çalışmalar sonucunda elde edilen doğru veriler yardımıyla kentteki hava kirliliğini azaltacak bir modelin ilk adımı olan verilerin toplanması aşaması ile tasarımcıya yol gösterilmiştir.

5.2. Öneriler

Yönetimlerin, bireylerin ve kurumların uygulaması gerekli aşağıdaki öneriler; hava kirliliğinin azaltılabilmesi ve sağlıklı bir kent için ön adımları oluşturacaktır.

- Farklı meslek disiplinlerinin kentle ilgili konulara katılması, bilgi ve deneyimlerini birleştirmesi, sağlıklı ve yaşanılabilir kent tasarımını kolaylaştıracaktır.
- Kentleşme nedeniyle oluşacak olumsuz etkileri en düşük düzeyde tutmak için plancuların planlama karar ve yöntemlerinde kullanabileceği kent iklim öğeleriyle ilgili mekânsal bilgi içeren araçlar; kent iklim haritaları, kentsel termal konfor haritaları, kentsel hava kirliliği haritaları ve kent iklim öğeleri modelleme ve simülasyon haritaları olduğundan bu haritaların Türkiye’de de planlama pratiğine aktarımı sağlanarak; kentlerde iklimsel özelliklere duyarlı planlama yöntem ve eylemleri oluşturulmalıdır. Bu nedenle iklimsel veriler ile planlama pratiğini birleştiren ve bunun uygulanmasını sağlayan yerel politika ve yerel idarelere ihtiyaç bulunmaktadır.
- Kentler için alt ve üst yapısının bir arada bulunduğu, kentle ilgili tüm verilerin yer aldığı Coğrafi Bilgi Sisteminin oluşturulması son derece ihtiyaç olup bu CBS sisteminin kullanılabilmesi için öncelikle Büyükşehir Belediye sınırlarını kapsayan alanın tamamının halihazır haritalarının güncelleştirilmesi gereklidir. Sağlıklı bir veri tabanı ile kentin gelişimi ve değişimi rahatlıkla izlenebilecek, ihtiyaçlar doğrultusunda çözüm üretimi kolaylaşacak, kentlerin aksayan yönleri, Coğrafi Bilgi Sistemi ile daha net görülebilecek sorun gidermede ki süreç kısalacaktır .
- Yeni gelişme alanlarının kirlilikten korunmasını sağlamak ve var olan yerleşim alanlarında kirliliklerinin ortadan kaldırılması için yüksek düzeyde kirlilik oluşturan arazi kullanımlarının gözden geçirilmesi gereklidir.

- Hava kirliliği ölçüm istasyonlarının sayıları artırılarak kentin hava kirliliği haritası oluşturulmalı ve yeni imar planlamalarının bu hava kirliliği haritası ile uyum içerisinde olması sağlanmalıdır.
- Sorumluluğu Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ve yerel yönetimlere ait olan bu konu hakkında bakanlığın yayınlamış olduğu yasa ile bu kirleticilerin ölçülmesi, değerlendirilmesi ve önlemler alınması zorunlu hale gelmiştir. Türkiye 'de kabul edilen sınır değerlerin Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği sınır değerlerin üstünde olmaması için gerekli yasal düzenlemeler oluşturulmalıdır.
- İnsan sağlığına zarar veren ve akciğer hastalıklarına neden olan ince parçacık gibi kirleticiler için yasalarla kısıtlılık getirilmelidir.
- Kentin çevresine yapılacak yapıların, hava devinimi koridoru oluşturacak şekilde ve kirleticileri kentten uzaklaştıracak şekilde kurulmasına ayrıca özen gösterilmesi gerekmektedir.
- Kış aylarında soğuk hava deviniminin konut kümelerine girmesini engellemek ya da azaltmak ve hızını düşürmek için kuzeyden güneye doğru farklı yükseklik ve uzunlukta yapı kullanımı tercih edilmelidir. Güney bölgelerde ise düşük yoğunlukta yaz hava devinimine paralel tasarımlar tercih edilmesi daha doğru bir çözüm olacaktır
- Hava kalitesi ile ilgili kontrol yöntemlerinin geliştirilmesi için; özellikle yeni yerleşim bölgelerinde baskın hava devinimi yönü düşünülerek konutlaşmaya gidilmelidir. Taşıt ve ısınma nedeniyle oluşan kirlenmenin atmosferde dağılımı için yapılar arasında hava dolaşımı sağlayıcı bir yapılaşmaya dikkat edilmeli ve yeni yerleşim merkezlerinde merkezi ısıtmayı yönlendirici ve zorunlu kılıcı tedbirler alınmalıdır.
- Endüstri alanlarını yerleşim bölgelerinden yeşil alanlar ile ayırmak için, toz süzülmesi amacı ile ağaçlık alanlar olanaklı olduğu ölçüde konutlara yakın bir konumda düşünülmelidir (bu uzaklık en fazla ağaç boylarının 25 -30 katı kadar olmalıdır) ,böylece konutlar hava devinimi kalkanındaki koruma etkisinden yararlanabilecektir.

KAYNAKÇA

- [1] Uçar, A. (1996). *Şanlıurfa 'da hava kirliliği ve kontrolü*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Harran Üniversitesi, FBE, Şanlıurfa.
- [2] İncecik, S. (1994). *Hava kirliliği*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi matbaası, İstanbul.
- [3] Keser, N. (2002). Kütahya'da hava kirliliğine etki eden topografik ve iklimik faktörler. *Marmara Coğrafya Dergisi*, Sayı: 5, 69-98
- [4] Yücel, M. (1995). *Çevre sorunları*, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, (302) ,Adana
- [5] Balanlı, A., ve Tuna Taygun, G. (2005), Yaşam döngüsü süreçlerinde yapı ürünü-çevre etkileşimi . *Megaron YTÜ Mim. Fak. e-Dergisi*, 1(1), 15-20
- [6] Tünay,O. ve Alp,K. (1996). *Hava kirlenmesi kontrolü* ,Mega Ajans,İstanbul Ticaret Odası
- [7] İbret ,Ü., ve Aydınözü, D. (2009), Şehirleşmede yanlış yer seçiminin hava kirliliği üzerine olan etkisine bir örnek: Kastamonu şehri. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü ,*Coğrafya Dergisi*,Sayı 18, 71-88, İstanbul.
- [8] Çiftci, Ç., Dursun, S., Levend, S. ve Kunt, F. (2013). Topoğrafik yapı, iklim şartları ve kentleşmenin Konya'da hava kirliliğine etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(1), 19-24.
- [9] Garipağaoğlu, N. (2003). Türkiye'de hava kirliliği sorununun coğrafi bölgelere göre dağılımı.*Doğu Coğrafya Dergisi*, 8(9).
- [10] Denhez, F.(2007).*Küresel ısınma atlası*, NTV yayınları, İstanbul.
- [11] NCAR, (1989) ,Information Office Pres Clipping.

- [12] Eriksen , W. (1964b). *Das Stadtklima , seine Stellung in der Klimatologie und Beitrage zu einer voittenungsklimatologischen Betrachtungsweise*. Erdkunde Bd. XVII,H. 4
- [13] USDA Forest Service, (1990). *Benefits of Urban Trees Urban and Community Forestry: Improving Our Quality of Life*, Reproduced by permission from the Southern Region Southern Group of State Foresters Cooperative Extension Service Forestry Report R8-FR 17 April 1990.
- [14] Kunt, F. (2014). *Bulanık mantık ve yapay sinir ağırları yöntemleri kullanılarak Konya il merkezi hava kirliliği modellenmesi*, Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya
- [15] Daylan, E. ve İncecik, S. (2002). İstanbul’da coğrafi bilgi sistemleri ile hava kalitesinin incelenmesi. *İTÜ Dergisi, Mühendislik, 1 (2)*, 51-62. 14 Nisan 2010, http://itudergi.itu.edu.tr/index.php/itudergisi_d/article/view/823/747.
- [16] Mönkkönen, R.U., Srinivasan, D., Srinivasan, D., Koponen, I.K., Lehtinen, K.E.J. and Hämeri, K. (2004). Relationship and variations of aerosol number and PM10 mass concentrations in a highly polluted urban environment-New Delhi, India. *Atmospheric Environment, 38 (3)*, 425–433.
- [17] Özdemir, Ş. (1997). *Temel ekoloji bilgisi ve çevre sorunları*. Abant İzzet Baysal Üniversitesi, s :235, Ankara.
- [18] Karbuz, İ. (2016). *Tekirdağ’da hava kirliliğine coğrafi bakış* . Namık Kemal Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü .International Journal of Social Science , 369-370
- [19] Ünal, I. (1994) .*Çevre, islam ve insan*, Gençlik Yay., İstanbul, 15-20.
- [20] Bazoğlu., (2017). *Hava kirliliği raporu 2016* . TMMOB Çevre Mühendisleri Odası,
- [21] Öztan, Y. (2002). *Peyzaj Günleri Toplantı Notları, İmrahor Vadisi Etkinlikleri*, Erişim Tarihi 07.06.2007.

- [22] Yılmaz,T. ve Memluk.,Y. (2008). Vadilerde rüzgâr ve güneş hareketlerine bağlı planlama ve tasarım olanakları, Ankara büyükesat vadisi örneği. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 21(2), 193–204
- [23] Öztan,Y. (1970). *Ankara havasının kirlenme nedenleri ve alınması gereken yeşil saha tedbirleri* . Ankara Üniversitesi Basımevi: Ankara.
- [24] Parlak ,B. (2010). *Hava kirliliğinin İstanbul'da bulunan botter apartmanının cephesine olan etkileri*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. İzmir İleri Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Fakültesi Mimari Restorasyon Bölümü. İzmir.
- [25] Kum,G. ve Kılıç,S. (2013). Kentleşmenin sıcaklık ve yağış parametreleri üzerine etkisi: Gaziantep örneği. *Sosyal Bilimler Dergisi* , 3(6).
- [26] Sezen, I. (2002). *Erzurum kenti hava kirliliği sorunun çözümünde peyzaj mimarlığı açısından alınması gereken önlemler*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi, FBE, Erzurum.
- [27] Darçın, P. (2008). *Yapı içi hava kirliliğinin giderilmesinde doğal havalandırma ilkeleri*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE, İstanbul
- [28] Darçın, P. ve Balanlı, A. (2010), *An Examination of Building Ventilation Methods in Terms of Environment and Natural Ventilation* .Ecological Agenda International Conference on New Perspectives in Eco-Technologies and Eco-Economy Proceedings Book,Ecological Agenda International Conference on New Perspectives in Eco-Technologies and Eco-Economy, pp: 118 - 131. YTÜ. Mayıs.
- [29] Ok, V. (2008), *Sağlıklı kentler için pasif iklimlendirme ve bina aerodinamiği* , VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi-Sempozyum Bildirisi.
- [30] Balık,H. ve Yüksel,Ü.D. (2014). Planlama sürecine iklim verilerinin entegrasyonu. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* .7 (2), 01-06.
- [31] Başaran,İ. (2007). Sağlıklı Kentler Kavramının Gelişiminde Sağlıklı Kentler Projesi.Dokuz Eylül Üniversitesi,*Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. 9(3),

- [32] Özcan,N.S.(2016). *Kentsel hava kirliliğini etkileyen ve kent planlama ile kontrol edilebilen fiziksel faktörlerin mekânsal istatistik yöntemleri ile incelenmesi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, FBE, İzmir.
- [33] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2011). *Çevre Sağlığı.Hava Kirliliği*. Ankara
- [34] Yücel, M. (1995). *Çevre sorunları*. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü. Genel Yayın No: 109. Ofset Atölyesi. Adana.
- [35] Peavy, H.S. (1985), *Environmental Engineering*. McGraw-Hill, USA.
- [36] Tuna, T. (1981). *Etrafımızdaki hava*, Yay İlim Teknik Serisi, Aşkın Ofset,İstanbul, s:143
- [37] Daessler, H., G. (1986). *Einfluss von Luftverunreinigungen auf die Vegetation. Ursachen- Wirkungen- Gegenmaßnahmen*. Veb Gustav Fischer Verlag.
- [38] Özdemir, F. (2008). *Türkiye genelinde kükürt dioksit ve partiküler madde kirlilik dağılımlarının analizi* .Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [39] İncecik, S. ve İm, U. (2013). Mega kentlerde hava kalitesi ve İstanbul örneği. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, Sayı: 2
- [40] Sever ,R. (2008). Malatya'daki hava kirliliğine coğrafi bakış, *Doğu Coğrafya Dergisi* 20, Atatürk Üniversitesi, Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi, Sosyal Bilimler ABD.
- [41] Diken, (2016). Dünya çökerken: Hava kirliliği obezite, diyabet ve kalp hastalıklarına da yol açıyor. <http://www.diken.com.tr>.
- [42] Aslanboğa, İ. (1980). Kent planlaması açısından yeşil alanların kent iklimini ve kent iyileştirme yetenekleri. | *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 30(2).
- [43] Hava Kalite İndeksi . 19 haziran 2018, <http://www.havaizleme.gov.tr/hava.html>

- [44] Ren, C., ve Ng, E. (2010), *Review of Worldwide Urban Climatic Map Studies Around the World*, The Chinese University of Hong Kong-Workshop on Urban Climatic for Design and Planning,
- [45] Şimşek, Ç. K. ve Şengezer, B. (2012). İstanbul Metropoliten Alanında Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi . *Megaron* 7 (2), 116-128.
- [46] Dursun, D., Yavaş, M. ve Güller, C. (2016). *Kış kenti Erzurum'da iklim, planlama ve yerel yönetim politikalarının etkileşim düzeyi*. *Planning*, 26(2),
- [47] Ren, C. (2015). A Review of the Historical Development of Urban Climatic Map Study, *The Urban Climatic Map* ,105- 133, New York: Routledge.
- [48] Ng, E. and Ren, C. (2015). A Methodology for Sustainable Urban Planning, , *The Urban Climatic Map* .New York: Routledge
- [49] Briggs, D.J., Collins, S. Elliott, P. Fischer, P. Kingham, Lebret, S. Pryl, E. K. Reeuwijk, H .H. Smallbone, K. Veen, A.V.D., (2010) *Mapping Urban Air Pollution Using GIS: A Regression based Approach*, *International Journal of Geographical Information Science*
- [50] Tanaka, T. ve Moriyama, M. (2011) *Application of GIS to Make, (2005), 'Urban Environmental Climate Map' For Urban Planning*, Kobe University, Kobe, Japan (www.ams.confex.com/ams/pdfpapers/79052.pdf -2011)
- [51] Tanaka, T. Yamashita, T. Takebayashi, H. Moriyama, M.(2011).*Urban Environmental Climate Map for Community Planning*, Kobe University, Kobe, Japan <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc05/papers/pap1156.pdf>,(2011),
- [52] Acero, J., Kupski, S., Arrizabalaga, J., & Katzschner, L.(2015). *Urban Climate Multi-Scale Modelling in Bilbao (Spain): A Review*, *Procedia Engineering* (115), 3-11.
- [53] Eliasson, I. (2000). The Use of Climate Knowledge in Urban Planning, *Landscape and Urban Planning* 48, 31-44.
- [54] Barış, M. E. (2005), *Kent Planlaması, Kent Ekosistemi ve Ağaçlar* ,Planlama, Ankara ,Nisan

- [55] Aydınlar, B., Güven, H. ve Kirksekiz, S. (2009). Hava kirliliği nedir, ölçüm ve hava kalite modelleme yöntemleri nelerdir. *Hava Kirliliği ve Modellemesi Dergisi* .Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü.
- [56] Bayram, A. *Hava kalitesi ölçümleri*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü ,(Erişim tarihi :28 Haziran 2018)
- [57] Şahin, C. (1989). Hava kirliliği ve hava kirliliğini etkileyen doğal çevre faktörleri. *Atatürk Kültür Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Coğrafya Araştırmaları Dergisi I* (1), 194-208.
- [58] TED Karabük Koleji Coğrafya.(2010).*Atmosfer ve özellikleri* .[http://tedcoğrafya.blogspot.com/2010/08/ygs-atmosfer-ve özellikleri.html](http://tedcoğrafya.blogspot.com/2010/08/ygs-atmosfer-ve-ozellikleri.html).
- [59] Hecq, P., Van Aalst, R., Barnes, R., Bauman, R., Edwards, L., Van den Hout, D., Hauer, A., DeFreitas, C.C.L., van Leeuwen, R., Rea, J., Rudolf, W. ve De Saeger, E. (1997), *SO2 position paper*, November
- [60] Godish, T. and Fu, J. S. (1997). *Air quality*. CRC Press.
- [61] *Sahakk-I*.(20 Şubat 2018). Hava kirliliği ve kirleticiler. http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/hava_kirliligi_ve_kirleticiler_rapor1.pdf
- [62] İlhan, A. İ., Dündar, C., Öz, N., ve Kılınç, H. (2011). *Hava kirliliği ve asit yağmurlarının çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri*, Ankara: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.
- [63] Çevre ve Orman Bakanlığı (2008) , *Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği*,Resmi gazete, Sayı : 26898
- [64] Asit.gen.tr.(08 temmuz 2018).<https://www.asit.gen.tr/asit-yagmurlarinin-olumu.html>.
- [65] Dicle Üniversitesi.(2011).*Hava kirliliği dönem 3*. <https://www.dicle.edu.tr/Contents/a7ec6c62-2550-451f-a74a-37ed341f16dd.pdf>,

- [66] Garipağaoğlu, N. (2011). *Türkiye ortam sorunları coğrafyası*. İstanbul: Yeditepe Yayıncılık.
- [67] Akalan, I. (1983). *Gaz kirleticilerin salınma ve doğal süreçlerle tem izlenmesi*. Teksir.
- [68] Çiçek, İ., Türkoğlu, N. ve Gürgen, G. (2004)., Ankara'da hava kirliliğinin istatistiksel analizi, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(2), 1-18.
- [69] Semenderoğlu, A. (1992). *Tarih boyunca çevre ve insan*, Ekoloji Sayı 3
- [70] Güler Ç. Çevre sağlığı. In: Bertan M, Güler Ç (eds)., (1997), *Halk sağlığı temel bilgiler kitabı*, Ankara: Özışık Ofset : 225-263
- [71] ASHRAE, (2003), *ASHRAE Handbook CD, 2001 Fundamentals*, Chapter 9: Indoor Environmental Health, Atlanta, USA
- [72] Ayberk, S. ve Çetin, Ş. (2006). *Azot oksit emisyonları ve çevresel açıdan değerlendirilmesi*. Kocaeli Üniversitesi-İzmit.
- [73] Çetin, Ş. (2006). *Kocaeli İl'inde NOx emisyon dağılımlarının modellenmesi*. Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- [74] Gülap, A.G., Kurtuluş, Z., Ersoy, Z.N. ve Gençdal, S. (2012). *NOx ve SOx Ölçüm Metodları*. Hava Kirliliği Ölçme Teknikleri Dersi. Çevre Mühendisliği
- [75] Çevre Online. (20 Şubat 2018). *Hava kirliliği*. <http://cevreonline.com/hava-kirliligi/>.
- [76] Kültür Sanat ve Çevre Formu. (15 Mayıs 2013). *Organik kirleticiler*. <https://www.onemforum.org/ekoloji-ve-cevre/421773-organik-kirleticiler.html>.
- [77] Özbeyaz, A., Tufaner, F. ve Demirci, Y. (2016). *Partikül madde ile ilişkili görüntüleri kullanarak hava kirliliği tahminine ait bir model tasarımı*. 1st International Mediterranean Science and Engineering Congress. Çukurova University, October, 26-28.

- [78] HİS.(28 temmuz 2016).*Hava Kirliliği ve Partikül Madde*.
<http://knowgeee.blogspot.com.tr/2016/07/hava-kirliligi-ve-hava-kirliligi.html>
- [79] Atlı A.(2002). *Hava kirliliği dağılımının belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [80] Tosun, E. (2017). *Türkiye'nin 2009-2016 yılları arasındaki hava kalitesi verilerinin değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi ,Fen Bilimleri Enstitüsü
- [81] Seinfeld J. H, Pandis SN. (2006). *Atmospheric chemistry and physics, from air pollution to climate change*. 2nd edition, John Wiley and Sons Inc., New Jersey.
- [82] Ertürk, F. (2002). *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ders Notları*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul
- [83] Temiz Hava Hakkı Platformu (2016). *Türkiye'de Hava Kirliliği: Kara Raportemizhavaplatformu.org*.
- [84] TMMOB çevre mühendisleri odası.(2017). *hava kirliliği raporu 2017*.
http://cmo.org.tr/resimler/ekler/2145efce8f89f52_ek.pdf
- [85] Türkeş, M. (1996). Kent ve Bölge Planlamasında Topografyaya Bağlı Yerel Rüzgarlar. *Ank. Üniv. Türk. Coğ. Araşt. ve Uyg. Merk. Derg*, (5), 213-228.
- [86] Coşkun, A. (2008). *Şehir atmosferinde taşıt emisyonlarından kaynaklanan hava kirliliğinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- [87] Boubel, R.W, Fox, D.L, Turner, D.B. ve Stern, A.C. (Eds.) (1994). *Fundamentals of air pollution*. ABD: Academic Press.
- [88] Çobanoğlu Z. (2000). *Hava kirliliği*. Ankara: Özkan Matbaacılık, 2000:2-154
- [89] Nedir.org, (2013). *Hava kirliliğine neden olan gazlar nedir*. Çevre Orman Bakanlığı Çevre Durum Raporu. <http://hava-kirliligine-neden-olan-gazlar.nedir.org/> .

- [90] Başar, P., Okyay, P., Ergin, F., Coşan, S. ve Yıldız, A. (2005). Aydın ili kent merkezinde hava kirliliği/1997-2004., *ADÜ Tıp Fakültesi Dergisi* 2005; 6(3) : 11 – 15
- [91] EROL, O.(1999). *Genel klimatoloji*.Genişletilmiş 5.Baskı, Çantay Kitabevi: İstanbul.
- [92] Harrison,R., Smith,D.J.T, Piou, C.A. and Castro, L.M. (1997). Comparative receptor modeling study of airborne particulate pollutants in Birmingham (United Kingdom), Coimbra (Portugal) and Lahore (Pakistan). *Atmospheric Environment*,31 (20), 3309-3321
- [93] ECOSOC. (2011). *The Impact of Global Challenges and Trends on Humanitarian Response: A Look at Migration Urbanization and Population Growth*, Humanitarian Affairs Segment, 19 July Geneva.
- [94] Müezzinoğlu, A.(2000).*Hava kirliliği ve kontrolü esasları*.Dokuz Eylül Yayınları, İzmir
- [95] *Hava kalitesi değerlendirme sınır değerleri.*(28 haziran 2018), <https://cevrekoruma.ibb.gov.tr/Dokumanlar/hava/limitdegerler.pdf>
- [96] Sungur, K. A. ve Gönençgil, B. (1997). *Çeşitli iklim elemanlarının hava kirliliği üzerine etkileri* , Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi, 6.
- [97] Yıldırım, U. ve Korkmaz, H. (1998). Kahramanmaraş'ta coğrafi faktörlerin hava kirliliğine etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi*, (33),İstanbul
- [98] *Konya – Isparta Planlama Bölgesi 1/100.000 Ölçekli Çevre Düzeni Planı Araştırma Raporu.*(23.08.2007). <http://www.utta.com.tr/TR/belge/1-53/konya---isparta-planlama-bolgesi-1100000-olcekli-cevre-.html>
- [99] Menges, H.O., Ertek_N, C. and Sonmete, M.H. (2006). Evaluation of global solar radiation models for Konya, Turkey. *Energy Conversion and Management*, 47 (3149–3173). doi:10.1016/j.enconman. 2006.02.015

- [100] Shao, J. (1990-1991). Solar radiation in urban areas and building design. *Energy and Buildings*. Volume 15, Issues 3-4,(407-415).
- [101] Akıanoğlu, F. (2009). *Geleneksel yerleşmelerin sũrdũrũlebilirliđi ve ekolojik tasarımı: konya-sille rneği*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Tũrkiye.
- [102] Tıraş, M. (2008). Osmaniye’de kentsel arazi kullanımından kaynaklanan mekânsal sorunlar .*Doğu Coğrafya Dergisi*, (19)
- [103] Dirik, H. ve Ata, C. (2005). Kent ormancılığının kapsamı, yararları, planlanması ve teknik esasları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakũltesi Dergisi*, 55(1)
- [104] Demiralp, S. (2009). *Kentsel miras, mekân kalitesi ve kentsel tasarım komisyonu raporu*, Bayındırlık ve İşkan Bakanlığı / Kentleşme şurası, Ankara.
- [105] Derman, B., Derman D.T. (2002). İzmir Bũyũkřehir Belediyesi İzmir liman bölgesi için kentsel tasarım uluslararası fikir yarışması - 2.dũl açıklama raporu - mimari konsept. *Ege Mimarlık Dergisi*, 2001/4, 2002/1 (40-41. sayı), İzmir.
- [106] Coşgun, S. (2013). Kentsel tasarım kapsamında kentsel peyzaj tasarımı ve Diyarbakır Karapınar rneğinde irdelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitũsũ Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yũksek Lisans Tezi
- [107] Shashua-Bar, L. ve Hoffman M.E. (2000). *Vegetation as a Climatic Component in the Design of an Urban Street - An Empirical Model for Predicting the Cooling Effect of Urban Green Areas with Trees*, *Energy and Buildings*, Sayı 31
- [108] zũer, M. O. (2012). Binalarda enerji korunumunu sağlayan fiziksel evre ltleri. *Beyskent Üniversitesi Fen ve Mũhendislik Bilimleri Dergisi*, 5(1-2).
- [109] Dembner, S. (1993). La foresterie urbaine il Beijing. *La foresterie urbaine et periurbaine*.Unasyuva, 173, Vol. 44, pp.13 -18.

- [110] Caballero, D. (1993). La foresterie urbaine il Mexico. *La foresterie urbaine et periurbaine*. Unasyuva. 173, Vol. 44, pp. 28 -32.
- [111] Engin, N. (1989).*Hava kirlenmesi*. İktisat Fakültesi Mecmuası, 47(1-4).
- [112] Akpınar, N. (1995). Ilıman bölge iklimleri için enerji etkin peyzaj planlama. *Tabiat ve İnsan Dergisi*, Sayı: 3, 8-14, Ankara.
- [113] Bernatzky, A. (1982). *The Contribution of Trees and Green Spaces to a Town Climate. The Impact of Climate on Planning and Building*, Elsevier Sequoia S.A., s. 301-311, The Netherlands.
- [114] Toros H. (2000). *İstanbul'da asit yağışları, kaynakları ve etkileri*,Doktora Tezi, İTÜ, 2000.
- [115] Ceyhan N., Şevik H. ve Pekerşen Ş. (1995), Konya ili hava kalitesi yönetimi ve kirlilik raporu. *Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü III. Ulusal Sempozyum.*, 11-13 Eylül, Ankara.
- [116] Karpuzcu, M. (1991). *Çevre kirlenmesi ve kontrolü* ,Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, s.318, İstanbul.
- [117] Gümüş,A.,E.(2005).*Meteorolojik parametreler ışığında ankara iklimindeki farklılıkların peyzaj mimarlığı açısından incelenmesi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara
- [118] Çiçek, İ. (2005) .Ankara'da şehir ve kırsal sıcaklık farklarındaki değişiklikler (1970-2002). Fırat Üniversitesi, *Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2), Elazığ.
- [119] Emmanuel, M.R. (2005). *An Urban Approach to Climate Sensitive Design: Strategies for the Tropics*, Spon Press Taylor&Francis Group, ISBN 0-415-33409-8

- [120] Jackson, T.L., Feddema, J.J., Oleson, K.W., Bonan, G.B. and Bauer, J.T. (2010). Parameterization of Urban Characteristics for Global Climate Modeling. *Annals of the Association of American Geographers*, 100(4), 848-865
- [121] Erçin,Ç.,(2005). *Mimarlıkta iklim faktörü ve bu faktöre bağlı olarak konut alanlarında fiziksel yerleşme yoğunluğunun belirlenmesi için ilkeler*. Yakın Doğu Üniversitesi Fen Ve Sosyal Bilimler Enstitüsü, Fen ve Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Lefkoşa
- [122] Zeren, L. (1962). *Türkiye'nin tipik iklim bölgelerinde en sıcak ve en az sıcak devre tayini*, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Yak. Yayını, Sayı 3, İstanbul,
- [123] Ezber, Y., ŞEN,Ö.,L. ve Karaca, M. (2006). *Investigation of Urbanization Effects on Climate in Istanbul: Using Statistical and Dynamical Techniques*, Istanbul Technical University, Eurasia Institute of Earth Sciences, Maslak
- [124] Bahtiyar,S.(21.03.2018). *Rüzgarlar ve yönleri*. <https://salibahtiyar.tr.gg/R-Ue-ZGARLAR.htm>.
- [125] Erinç,S.(1996). *Klimatoloji ve metotları*.(Genişletilmiş 4.Baskı).Alfa Basım.Yay.Dağıtım:İstanbul.
- [126] Karpuzcu, M.(1996). *Çevre kirlenmesi ve kontrolü*.(5.Baskı). Kubbealti Neşriyatı.No:28: İstanbul.
- [127] Güney, E.(2002). *Türkiye Çevre sorunları, doğal ve kültürel ortam bozulması*. (2.Baskı). Çantay Kitabevi:İstanbul.
- [128] TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Mersin İl Temsilciliği,(2007).*Mersin'in kentleşme, şehircilik, altyapı sorunları ve çözüm önerileri*. TMMOB Mersin İl Koordinasyon Kurulu.Mersin
- [129] Alkan, A. (2015). Bitlis şehrinin çevre sorunları ve alınması gereken önlemler. *Doğu Coğrafya Dergisi*. (33).

- [130] Givoni, B.(1998), *Climate Considerations in Building and Urban Design*, Copyright Van Nostrand Reinhold.
- [131] Goulding, J.R. Lewis, J.O. and Steemers, T.C. (1992). *Energy Conscious Design: A Primer For Architects*, Batsford Ltd., London.
- [132] Eriksen , W. (1964a). *Beitrage zum Stadtklima von Kiel*, Schr. d. Geograph. Inst.d. Uni Kiel XXII,
- [133] Oğuz, E.(1988). *Genel klmatoloji*. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü. İstanbul.
- [134] Şen, N.(1967).*Yapı strüktürüne biçimleniş ve kabuk olarak iklim etkisi*. İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi.İstanbul.
- [135] Ofluoğlu, S. (2015). *Performansa dayalı mimari tasarı*. Autodesk Yapı Tasarımı Atölyesi 5
- [136] Yılmaz, Z. (2005). Akıllı binalar ve yenilenebilir enerji. VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi. 23-26 Kasım. İzmir.
- [137] Fisch, I. (1966). *Zur hygienischen Bedeutung von Grunanlagen fur das Klima in Grossstadtgebieten*. Med.-Fak. Humboldt Universitat Berlin.
- [138] Özgür, K. U. R. Ç., Kayışoğlu, B., Shojaee, S. N., & Oğuz, U. Z. O. L. (2012). Yüksek Binalarda Rüzgar Etkilerinin Rüzgar Tüneli Deneyleleriyle Tespiti. *Teknik Dergi*, 23(114).
- [139] Balanlı, A. ve Darçın, P. (2012). Yapılarda Doğal Havalandırmanın Sağlanmasına Yönelik İlkeler. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*. sayı:128
- [140] Dikmen, M. ve Limoncu, S. (2016). *Investigation on natural ventilation provided through facades on high rise residential buildings over examples*. *Megaron* ,11(4), 539.

- [141] Paltun,S. ve Diğerleri. (2015). *Binaların aerodinamik biçimsel yapısının irdelenmesi: bina formu ve rüzgar ilişkisi*, 2. Uluslararası Sürdürülebilir Yapı Sempozyumu
- [142] Duru, B. (2001). *Gökdelenler ve kent*. Prof. Dr. Cevat Geray'a Armağan, Ankara:Mülkiyeliler Birliği Yayınları,
- [143] Paul D. Spreiregen Aia,(1965) *Urban Design: The Architecture of Towns and Cities*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1965, s.175; Weiss, a.g.y.
- [144] □Makina Müh. Odası İstanbul Şubesi. (2010). *Sağlıklı kentler için pasif iklimlendirme ve bina aerodinamiği*, <http://www.mmoistanbul.org/yayin/tesisat/103/4/>
- [145] Whole Building Design Guide, (2010). *Wind Safety of The Building Envelope*,http://www.wbdg.org/resources/env_wind.php
- [146] Berköz, E., (1983). *Güneş ışınlı ve yapı dizayını*, Profesörlük Tezi. İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul,
- [147] Semizoğlu, R. (2009). *Rüzgar türbinlerinin gökdelen mimarisine etkisinin tipolojik incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 23
- [148] Anon.,(1979).*Energy Conservation Design Resource Handbook*. The Resource Architectural Institute of Canada, Ottawa
- [149] Arup, U.D. (2008). *Nordhavnen Environmental Sustainability*, Arup Urban Design Studyo, pp8-14, London.
- [150] Braun A., Awruch A., (2009),*Aerodynamic and Aeroelastic Analyses on the CAARC Standard Tall Building Model Using Numerical Simulation*,Computers and Structures, Porto Alegra Brazil,
- [151] Kayışoğlu,B.(2011).*Yüksek binalarda rüzgar etkilerinin rüzgar tüneli deneyleriyle tespit*”, *Yüksek Lisans Tezi*.Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,
- [152] İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı İmar Müdürlüğü.(2009).*İstanbul Yüksek Yapılar Rüzgar Yönetmeliği*, İstanbul

- [153] Santamouris, M. (2001). *Energy and Climate in the Urban Built Environment*, James&James (Science Publishers),ISBN 1-873936-90-7.
- [154] Hough, M. (1984). *City Form and Natural Process*. Cromm Helm, London.
- [155] Dursun, D., Yılmaz, S., Yılmaz, H., Irmak, M. A., Demir, M. ve Yavaş, M. (2015). *hava kirliliğinde ekolojik koridor senaryoları: Erzurum Kenti* , Erzurum : Atatürk Üniversitesi Yayınları
- [156] Kutlu , R. (2012). Enerjisini Etkin Kullanan Bir Bina Yapıyoruz.İKÜ Sanat ve Tasarım Fakültesi, *Eko Yapı Dergisi*
- [157] Manioğlu, Y. D. D. G. ve Oral, G. K. (2010). *Ekolojik yaklaşımda iklimle dengeli cephe tasarımı*. 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, İzmir.
- [155] Vardoulakis,S. ve Kassomenos, P. (2008). Sources and factors affecting PM10 levels in two European cities: Implications for local air quality management. *Atmospheric Environmen*, 42 (17), 3949–3963. 5 Haziran 2008,
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231006012301>.
- [159] Pinto, J. P., Stevens, R.K., Willis, R.D., Kellogg, R., Mamane, Y., Novak, J. ve diğer.(1998). Czech Air Quality Monitoring and Receptor Modeling Study. *Environmental Science and Technology*, 32 (7), 843-854.
- [160] Linke , F .De Rudder, B. (1940) . *Das klima der Grossstadt*, in : Biologie der Grossstadt, s. 75 - 90, Leipzig.