

**KARABÜK'TE DOĞALGAZ KULLANIMININ
HAVA KİRLİLİĞİNİN AZALTILMASINA ETKİSİ**

**2013
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

Firdes ÖZER

**KARABÜK'TE DOĞALGAZ KULLANIMININ
HAVA KİRLİLİĞİNİN AZALTILMASINA ETKİSİ**

Firdes ÖZER

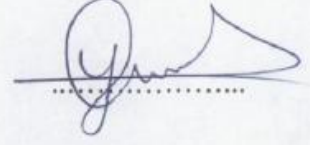
**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır.**

**KARABÜK
Ocak 2013**

Firdes ÖZER tarafından hazırlanan “KARABÜK’TE DOĞALGAZ KULLANIMININ HAVA KİRLİLİĞİNİN AZALTILMASINA ETKİSİ ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Yusuf ÇAY

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.17/ 01/ 2013

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Yusuf ÇAY (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Yaşar YETİŞKEN (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Engin GEDİK (KBÜ)



..... /...../2013

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Firdes ÖZER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KARABÜK’TE DOĞALGAZ KULLANIMININ HAVA KİRLİLİĞİNİN AZALTILMASINA ETKİSİ

Firdes ÖZER

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Yusuf ÇAY

Ocak 2013, 70 sayfa

Günümüzde hava kirliliğinin en önemli nedenlerinden biri, fosil kökenli yakıtlardır. Bu çalışmada, Karabük ilinin doğalgaz kullanmaya başlamadan önceki ve doğalgaza geçiş ile hava kirlilik parametreleri (SO₂ ve PM₁₀) incelenmiştir. Doğalgaz kullanımının hava kalitesine etkisi araştırılmıştır. Karabük ilinde ısınma ihtiyacını karşılamak için 2009 yılı sonu itibari ile doğalgaza geçilmiştir. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’nde (HKDYY) belirtilen, (SO₂) için 250 µg/m³ değerinin hiçbir dönemde aşılmadığı görülmüştür. PM₁₀ için yönetmelikte belirtilen 200 µg/m³ değerinin 2007-2008 kış sezonunda aşılarak 224 µg/m³’e ulaştığı tespit edilmiştir. 2009 ve 2010 yıllarında doğalgaz kullanımına geçiş ile birlikte bu değerde giderek düşüş gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Hava kirliliği, doğalgaz, SO₂, PM₁₀ .

Bilim Kodu : 914.1.054

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

REDUCE THE IMPACT OF AIR POLLUTION ON THE USE OF NATURAL GAS IN KARABUK

Firdes ÖZER

**Karabuk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering**

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Yusuf ÇAY

January 2013, 70 pages

At the present day, one of the most important causes of air pollution is fossil fuels. In this study, parameters of air pollution (SO₂ and PM₁₀) were investigated before starting use of natural gas and with the transition to natural gas in Karabük. Effects of natural gas using on air quality were investigated. To meet of heating needs in city, was passed to natural gas by the end of 2009. It was observed that value of 250 µg/m³ for SO₂, which was stated in the Air Quality Assessment and Management Regulation (AQAMR), was not exceeded in any winter seasons. It has been identified that value of 200 µg/m³ for PM₁₀, which is specified in the regulation, has been exceeded and reached to 224 µg/m³ in the winter season of 2007-2008. At the end of 2010, with the transition to natural gas usage, a decline has been observed again in this value.

Keywords : Air pollution, natural gas, SO₂, PM₁₀ .

Science Code : 914.1.054

TEŐEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yűrűtűlmesinde ve oluőumunda ilgi ve desteęini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrűbelerinden yararlandıęım, yűnlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ıőıęında őekillendiren deęerli hocam Doç. Dr. Yusuf ÇAY'a sonsuz teőekkűrlerimi sunarım.

Çalıőmanın yapım aőamasında, tezin yazımı ve sonuçlarının yorumlanmasında gűrűőlerinden yararlandıęım, deęerli zamanlarını ayıran sayın Esra OęUZKAęAN ve Abdulaziz YILDIZ'a teőekkűrű bir borç bilirim.

Sevgili eőim Aziz ŐZER'e maddi ve manevi hiçbir yardımı esirgemedен yanımda olduęu için tűm kalbimle teőekkűr ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	7
DOĞALGAZ	7
2.1. LİTARETÜR ARAŞTIRMASI.....	7
2.2. DOĞALGAZIN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ	9
2.2.1. Doğalgazın Yapısı	9
2.2.2. Bir Enerji Kaynağı Olarak Doğalgaz.....	10
2.3. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE DOĞALGAZ	12
2.3.1. Doğalgazın Tarihçesi	12
2.3.2. Dünya'da Doğalgaz Rezervleri ve Coğrafi Dağılışı.....	13
2.3.3. Dünya'da Doğalgaz Üretimi, Tüketimi ve Ticareti	16
2.3.4. Türkiye'deki Doğalgaz Boru Hattı Taşımacılığı.....	18
BÖLÜM 3.	20
HAVA KİRLİLİĞİ.....	20
3.1. HAVA KİRLİLİĞİ VE ATMOSFER	20
3.1.1. Atmosfer.....	20
3.1.2. Hava Kirliliği ve Çevre.....	21

	<u>Sayfa</u>
3.1.3. Atmosferin Bileşimi	22
3.2. HAVA KİRLİTİCİLERİ	23
3.2.1. Kirletici Gazlar.....	24
3.2.1.1. Kükürtdioksit (SO ₂).....	24
3.2.1.2. Karbonmonoksit (CO).....	25
3.2.1.3. Karbondioksit (CO ₂).....	25
3.2.1.4. Metan (CH ₄).....	25
3.2.1.5. Azotoksitler (NO _x).....	26
3.2.1.6. Kloroflorokarbon Gazları (CFC-H).....	26
3.2.1.7. Hidrokarbonlar.....	27
3.2.1.8. Ozon (O ₃).....	27
3.2.1.9. Su Buharı.....	28
3.2.2. Kirletici Tozlar (Toz Emisyonlar).....	29
3.2.2.1. Partikül Maddeler (PM)	29
3.3. HAVA KİRLİLİĞİNİN NEDENLERİ	30
3.3.1. Isınmadan Doğan Hava Kirliliği	30
3.3.2. Sanayileşmeden Doğan Hava Kirliliği	31
3.3.3. Motorlu Taşıtların Neden Olduğu Hava Kirliliği	32
3.3.4. Doğal Kaynaklardan Doğan Hava Kirliliği.....	33
3.3.4.1. Nüfus ve Şehir Merkezinin Yapılanma Durumu.....	33
3.3.4.2. Atmosferik ve Meteorolojik Koşulların Etkisi.....	33
3.3.4.3. Şehirlerde Yeşil Alanların Azalması.....	34
3.4. HAVA KİRLİLİĞİNİN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	35
BÖLÜM 4.	38
KARABÜK’TE DOĞALGAZ	38
4.1. KARABÜK İLİ GENEL DURUMU	38
4.1.1. Karabük’ün Coğrafi Konumu ve İklim Özellikleri.....	38
4.1.2. Karabük’ün Sosyal Yapısı.....	40
4.1.3. Karabük’te Hava Kirliliği	41
4.1.4. Karabük’te Doğalgaz Kullanımı	41

	<u>Sayfa</u>
4.1.5. Karabük'te Doğalgaz Ticareti ve Doğalgazın Son Kullanıcıya Sunumu	42
4.1.6. KARGAZ Doğalgaz Tüketim Miktarlarından Bazı Veriler.....	43
BÖLÜM 5	45
METERYAL VE METOD	45
BÖLÜM 6.	61
SONUÇ VE ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	70

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Karabük Demir Çelik Fabrikası ile ilgili genel bir görünüş	3
Şekil 1.2. Safranbolu ilçesine ilk doğalgaz verme töreni	5
Şekil 2.1. Doğalgaz	9
Şekil 2.2. Dünya doğalgaz rezervlerinin coğrafi dağılışı(triyon m ³)	14
Şekil 3.1. Hava kirliliği ve atmosferimiz	20
Şekil 3.2. Hava kirliliği kaynakları ve kirletici türleri	23
Şekil 3.3. Partikül maddelerin boyutlarının karşılaştırılması.....	28
Şekil 4.1. Karabük ili genel görünüşü.....	39
Şekil 4.2. Karabük Demir Çelik Fabrikası	40
Şekil 4.3. KARGAZ RMS-A istasyonu	42
Şekil 4.4. Karabük halkı 2009 yılında doğalgaz kullanmaya başladı	44
Şekil 5.1. KARDEMİR hava kalitesi izleme istasyonları	48
Şekil 5.2. KARDEMİR hava kalitesi ölçüm laboratuvarı iç görünüm	48
Şekil 5.3. Hava kalitesi ölçüm istasyonu cihazları.....	49
Şekil 5.4. Kış sezonu için aylara göre SO ₂ [µg/m ³] değerleri.	53
Şekil 5.5. Kış sezonu için aylara göre PM ₁₀ [µg/m ³] değerleri.....	53
Şekil 5.6. SO ₂ [µg/m ³]’nin yıllara göre ortalama değerleri	54
Şekil 5.7. PM ₁₀ [µg/m ³]’nin yıllara göre ortalama değerleri.....	54
Şekil 5.8. 2006-2012 yılları arasında PM ₁₀ [µg/m ³] değerlerinin değişimi	55
Şekil 5.9. 2006-2012 yılları arasında SO ₂ [µg/m ³] değerlerinin değişimi	55
Şekil 5.10. 2006-2007 kış ayları SO ₂ [µg/m ³] ve PM ₁₀ [µg/m ³] değerlerindeki değişim	56
Şekil 5.11. 2007-2008 kış ayları SO ₂ [µg/m ³] ve PM ₁₀ [µg/m ³] değerlerindeki değişim	56
Şekil 5.12. 2008-2009 kış ayları SO ₂ [µg/m ³] ve PM ₁₀ [µg/m ³] değerlerindeki değişim.	57
Şekil 5.13. 2009-2010 kış ayları SO ₂ [µg/m ³] ve PM ₁₀ [µg/m ³] değerlerindeki değişim	57
Şekil 5.14. 2010-2011 kış ayları SO ₂ [µg/m ³] ve PM ₁₀ [µg/m ³] değerlerindeki değişim	58

	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.15. 2011-2012 kış ayları SO ₂ [µg/m ³] ve PM ₁₀ [µg/m ³] değerlerindeki değişim	58
Şekil 5.16. 2012 kış ayları SO ₂ [µg/m ³] ve PM ₁₀ [µg/m ³] değerlerindeki değişim	59

ÇİZELGELER

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Doğalgazın diğer yakıtlarla karşılaştırılması	9
Çizelge 2.2. Doğalgaz rezervlerinin coğrafi dağılışı(trilyon m ³)	15
Çizelge 2.3. Uluslar arası doğalgaz ticareti(milyon m ³)	17
Çizelge 2.4. Türkiye'deki doğalgaz boru hatları	19
Çizelge 3.1. Atmosferde 25 km yüksekliğe kadar bulunan gazların miktarları	22
Çizelge 4.1. Abone tüketim miktarları	43
Çizelge 4.2. Serbest tüketici miktarları	43
Çizelge 4.3. Çelik ve polietilen hat uzunlukları	43
Çizelge 4.4. Çelik ve polietilen vana sayıları	43
Çizelge 4.5. Servis hattı uzunlukları	43
Çizelge 4.6. Sayaç sayıları	43
Çizelge 4.7. Karabük ilinde doğalgaz abone durumunun gösterilmesi	44
Çizelge 5.1. Parametrelerin ölçüm yöntemleri, ölçüm ve kalibrasyon aralıkları	47
Çizelge 5.2. SO ₂ ve PM ₁₀ için geçiş dönemi uzun vadeli ve kısa vadeli sınır değerleri uyarı eşikleri	50
Çizelge 5.3. 2006-2012 yılları arasında ölçülen SO ₂ (µg/m ³) değerleri.....	51
Çizelge 5.4. 2006-2012 yılları arasında ölçülen PM ₁₀ (µg/m ³) değerleri	52

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

°C	: Santigrad derece
C	: Karbon
CO	: Karbon Monoksit
CO ₂	: Karbondioksit
CH ₄	: Metan
HCL	: Hidroklorik asit
HC	: Hidrokarbon
H ₂	: Hidrojen
He	: Helyum
H ₂ S	: Hidrojen Sülfür
H ₂ SO ₄	: Sülfürik Asit
m	: Metre
NO ₂	: Azotdioksit
NO _x	: Azotoksit
N ₂	: Azot
O ₃	: Ozon
PM ₁₀	: Partikül Madde
PAN	: Peroksi asitil nitrat
ppm	: Art Per Million, milyonda bir parçacık/partikül
SO ₂	: Kükürtdioksit
yy	: Yüzyıl

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BP	: British Petroleum
BM	: Birleşmiş Milletler
ÇEDAŞ	: Çorum Elektrik ve Doğalgaz Dağıtım A.Ş.
D.Ç.	: Demir Çelik
DİE	: Devlet İstatistik Enstitüsü
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
KARDEMİR	: Karabük Demir Çelik A.Ş
KARGAZ	: Karabük Gaz Dağıtım Şirketi
KVS	: Kısa Vadeli Sınır Değerler
LNG	: Sıvılaştırılmış Doğalgaz
OPEC	: Petrol ihraç eden ülkeler örgütü
TOBB	: Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği
UVS	: Uzun Vadeli Sınır Değerler

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İlk çağlardan beri insanlar çeşitli yöntemler ile dış şartlardan, özellikle soğuktan korunma çareleri aramışlardır. Önceleri ısınabilmek için gerekli olan enerjiyi açık havada ateş yakarak karşılayan insanlar medeniyetin ilerlemesine paralel olarak yeni ısınma teknikleri geliştirmişlerdir. Kapalı alanların ısıtılması amacıyla soba kullanımı ilk defa Çin ve Rusya'da gerçekleşmesine rağmen ilk tuğlalı sobalar 15.yy 'da Danimarka'da ve kalorifer kazanlarının basit ilk örnekleri olan dökme demirli sobaların kullanımı ise 16.yy 'in ortalarında Amerika kıtasına dayanmaktadır. Ülkemizde ise Tazminat Devrine kadar ısınma aracı mangal ve ocaklardır. Bu devirde Rusya ile olan ikili ilişkilerin sonucu olarak sobaların Türk halkı tarafından kullanımı başlamıştır. Merkezi ısıtmaya geçiş ise cumhuriyetin ilanından sonra başlamış ve 1950'li yıllardan itibaren yaygınlaşmıştır [1].

İnsanların ihtiyaçlarının karşılanmasında ve gelişmenin sağlıklı olarak sürdürülmesinde gerekli olan enerji, özellikle sanayi, konut ve ulaştırma gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Bu sektörlerdeki gelişen teknoloji, insanların enerji talebini artırmış ve bununla birlikte enerji sorunu gündeme gelmeye başlamıştır [2].

Teknolojik ilerlemenin bir göstergesi olan enerji talebindeki artış dünyamızı hava kirliliği sorunlarıyla karşı karşıya bırakmaktadır. Hava kirliliği canlıların yaşamlarını direkt olarak etkileyen önemli bir tehlikedir. Hava kirliliğinin oluşmasında en büyük etken tüketilen enerjidir. Bu sebeple enerji ihtiyacının rasgele karşılanmasından daha çok kullanılacak enerji kaynağının kirlilik oluşturmeyen kaynaklardan sağlanması önem kazanmaktadır. Bu nedenle sahip olunan enerji kaynaklarının her alanda bilinçli bir şekilde kullanılması vazgeçilmez bir gerekliliktir. Dünyada fosil yakıtlardan petrol ve kömürün kullanımı doğalgaza göre daha eski olup; yanma sonucu meydana gelen kirlilikler uzun yıllardan beri bilinmektedir. Gerek fiziksel

özelliklerinin yanma için oldukça elverişli olması ve gerekse kimyasal bileşiminde toksisite yaratacak maddelerin bulunmaması doğalgaz kullanımının en önemli tercih sebebidir [2]. Doğalgazın ısıtma tesisatında yakıt olarak kullanılması birçok yönden avantaj sağlamaktadır. Ancak günümüzde Türkiye’de doğalgazın ulaştığı büyük şehirlerimizde en büyük beklenti doğalgazın hava kirliliğini önlemesidir. Büyük şehirlerimizde özellikle ısınmadan kaynaklanan hava kirliliği öylesine boyutlara ulaşmıştır ki, acil çözüm olarak alınabilecek ilk pratik önlem doğalgaza dönüşümün gerçekleştirilmesidir [3].

Hava da tıpkı su ve toprak gibi kirlenebilen bir ortamdır. Bir insan günlerce aç susuz yaşayabileceği halde nefes almadan birkaç dakikadan fazla yaşayamaz. Bu nedenle hava, içindeki tüm doğal bileşenleri ile yaşam için en kutsal bir haktır [4].

Çeşitli nedenlerle, hava kirliliğinin artması bazı tedbirlerin gündeme gelmesine yol açmıştır. Bu açıdan, özellikle büyük metropollerde kükürt içerikli kömür ve fuel-oil yerine gerçekten çevreyi kirletmeyen doğalgaz bir alternatif enerji kaynağı olarak kullanılmaya başlanmış, rüzgardan veya güneşten enerji üretme çalışmaları hız kazanmıştır. Ülkemizde de yoğun kentleşmeyle ortaya çıkmış bulunan hava kirliliğini gidermede doğalgazdan faydalanma yoluna gidilmiş, bu konuda olumlu sonuçlara ulaşılmıştır [5].

Hava kirliliği modern hayatın getirdiği en önemli sorunlardan birisidir. Hava kirliliği genel anlamda çevre kirliliği 19.yy’dan itibaren hızlı bir gelişme gösteren sanayileşme ile birlikte gündeme gelmeye başlamıştır. Hava kirliliği olgusu sosyal, teknik ve ekonomik boyutları ile çok karmaşık bir yapı göstermekte ve her ülke kendi yapısına uygun teknik ve yapısal düzenlemelere gitmektedir. Bu düzenlemelerde hava kirliliği, çevre sağlığı yönünden zararsız sınırlar içerisinde tutulmaya çalışılmaktadır [5,6].

Ülkemizde, özellikle büyük şehirlerimizin önemli ölçüde etkilendiği hava kirliliğine; düzensiz ve hızlı kentleşme, düşük kaliteli yakıt kullanımı, taşıt trafiğinin yoğunlaşması, sanayi bölgelerinin şehirlerle iç içe olması, endüstriyel gaz atıkları için filtre sisteminin benimsenmemiş olması gibi etkenler neden olmaktadır. Şehirleşmenin

neden olduğu hava kirliliği özellikle ısıtma sistemleri, yakma tekniği ve yakıt kalitesinden kaynaklanmakta diğer yandan nüfus patlaması, yanlış yerleşim, aşırı taşıt gibi etkenler bu kirliliği hızlandırmaktadır [7].

Endüstrinin gelişmesine orantılı olarak atmosfere normalin dışında zararlı gazlar karışmıştır (Şekil 1.1). Özellikle endüstrinin yoğun olduğu bölgeler ve civarında zararlı maddelerin arttığı gözlenmiştir. Atmosferdeki bu karışımlar, doğal dengede ve ekolojik sistemde etkilerini göstermiş insan, hayvan ve ormanların zarar görmesine sebep olmuştur [8].



Şekil 1.1. Karabük Demir Çelik Fabrikası ile ilgili genel bir görünüş.

Ülkemizde tüketilen toplam enerjinin konut sektöründe kullanımı Avrupa Birliği (AB) ülkelerine göre daha fazladır [9]. AB ülkelerine kıyasla tükettiğimiz enerjinin daha büyük bir bölümünü konutların ısıtılmasında kullanmamıza karşın, konutlarımızda kullanılan yakıtın kalitesi yakma sistemlerinin tasarımı ve yakıtın kükürt içeriği açısından ülkemiz kömürleri, ısıtma sistemlerinde oldukça yüksek emisyon oluşumuna neden olmaktadır [10].

Katı, sıvı ve gaz yakıt yakan kalorifer kazanlarının üretiminde kapasite ve ısı veriminin esas alınması yoluyla çevre kirliliğinin azaltılması, enerji tasarrufu sağlanması, ısı verimi yüksek kazanların araştırılarak geliştirilmesi ve üretimlerinin sağlanması amacıyla Başbakanlık Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu tarafından 1983 yılında “Kalorifer Kazanları Verim Yönetmeliği” çıkarılmıştır [11]. Ayrıca 2

Kasım 1986 tarihinde yayınlanan ‘‘Hava Kalitesinin Kontrolü Yönetmeliği’’ ile yakma sistemlerine emisyon sınırlamaları getirilmiştir [12]. Bu yönetmelik 1 Nisan 2005 tarihinde yenilenen ‘‘Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği’’ adıyla günümüz şartlarına uyarlanarak genişletilmiştir [13].

Karadeniz Bölgesi’nin batısında yer alan Karabük, kuzeyde Bartın, kuzeydoğu ve doğuda Kastamonu, güneydoğuda Çankırı, güneybatıda Bolu, batıda Zonguldak illeriyle komşudur. Karabük vadiler ve platolardan oluşmaktadır. Deniz seviyesinden yüksekliği 270 m olmasına rağmen 2000 m’yi bulan tepe ve yaylalar mevcuttur. Kısmen Karadeniz ikliminin özellikleri görülen Karabük, kıydan içeride kaldığı için Karadeniz’in nemli havasından yeterince yararlanamamakta, karasal iklim özellikleri daha ağır basmaktadır. Ancak, İç Anadolu’da olduğu gibi şiddetli kış soğukları ile kurak yaz sıcakları görülmez. En çok yağış ilkbahar ve kış aylarındadır. Karadeniz ikliminden karasal iklime geçiş sahasındaki Karabük’te geçiş tipi iklim etkili olmaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık 13.20°C’dir. En soğuk ay olan Ocak’ta ortalama 2.60°C, en sıcak ay olan Temmuz’da 23.10°C, sıcaklık vardır. Ortalama yıllık amplitüd ise 20.50°C’dir. şu ana kadar ölçülen en yüksek sıcaklık 11 Ağustos 1970’de 44.10°C’dir. En düşük sıcaklık ise 25 Ocak 1974’de -15.10°C olarak ölçülmüştür. Temmuz ve Ağustos en az yağış alan aylardır. İlkbahar ve yaz aylarında sağanak yağışlar görülmektedir [14,15].

Karabük, karasal iklimi ve sert kış şartlarından dolayı ısınmak amaçlı en az 6 ay yakıt kullanmakta ve şehrin topoğrafik ve meteorolojik yapısı da bu kirleticilerin seyrelmesini güçleştirmektedir. Kirliliğin büyük bölümü D.Ç Fabrikası, Haddehaneler ve konutlarda kullanılan yakıtlardan kaynaklanmaktadır. Ayrıca son yıllarda ısınmada kullanılan yakıtların kalitesizliğinden dolayı özellikle kış aylarında Karabük’de hava kirliliği artmaktadır. Geçmiş yıllarda Karabük bu özelliği ile Türkiye’de 1. derecede hava kirliliği olan iller listesinde yer alıyordu [16].

Bu yoğun hava kirliliğinin önüne geçmek amacı ile 2007 yılı Ağustos ayı itibari ile Karabük ilinde doğalgaz alt yapı çalışmaları başlanmış ve 2009 yılı sonu itibari ile ısınma amaçlı doğalgaz kullanımına kademeli olarak geçiş başlamıştır. Enerji Piyasası düzenleme kurulu (EPDK) tarafından Kastamonu - Karabük - Çankırı

Doğalgaz Dağıtım Bölgesi ihalesi 16 Haziran 2005 tarihinde yapılmıştır. İhaleyi 0,069 cent/kwh “Birim Hizmet Amortisman Bedeli “karşılığı ÇEDAŞ kazanmıştır. Kastamonu –Karabük –Çankırı Doğalgaz Dağıtım Bölgesinde KARGAZ Doğalgaz Dağıtım San. Ve Tic. A.Ş olarak yapılanmaya gidilmiş, EPDK’nın 09/02/2006 tarih ve DAG 656/01/116 numaralı lisans ile Çankırı, Kastamonu, Karabük illeri ve 5 ilçede (Korgun, Gerede, Safranbolu, Tosya, Seydiler) 30 yıl süreyle Doğalgaz Dağıtım Lisansı alınmıştır [17].

Çeşitli katmanlar arasında uçucu eleman veya karışım olarak çıkan doğalgazın başlıca bileşenlerini başta metan (CH_4) ve pentan (C_2H_6) olmak üzere Propan, bütan ve ağır hidrokarbonlar ile N_2 , CO_2 , H_2S ve O_2 gibi gazlar oluşturur. Ancak dünyanın birçok doğalgaz yatağında yapılan çalışmalar metanın temel kimyasal bileşen olduğunu ortaya koyar. Doğalgaz yatakları birbiri ile mukayese edildiğinde kimyasal yönden farklı bileşimde oldukları anlaşılmaktadır. Ancak hava kirliliğinde büyük rol oynayan kükürt ve kükürt dioksit gibi unsurları içermez [18].

Doğalgaz çevreyi kirletmeyen bir yakıttır. Çevreyi kirleten 3 ana faktör [SO_2], [PM] ve [is] doğalgaz dumanı içerisinde bulunmamaktadır (Şekil 1.2). Doğalgazın en önemli özelliklerinden birisi zehirsiz olmasıdır. Doğalgazın solunması halinde zehirleyici ve öldürücü etkisi yoktur. Ancak ortamda çok fazla birikmiş ise solunum yapılacak oksijen azaldığından dolayı boğulma tehlikesi vardır. Yanma ürünü gazlar ortama yayılırsa, diğer yakıtlarda olduğu gibi içerisindeki CO nedeniyle zehirlenme yapabilir [19].



Şekil 1.2. Safranbolu ilçesine ilk doğalgaz verme töreni.

Yapılan bu çalışmada doğalgazın genel özellikleri anlatılarak dünyadaki durumu hakkında bilgi verilmiştir. Türkiye’de ise birincil enerji kaynakları üretim ve tüketiminde doğalgazın durumu incelenmiştir. Yakıcı, insan faktörü, atmosfer, hava kirliliği ve kirliliğin nedenleri incelenmiştir. Kirlilik artışının insan sağlığına verebileceği zararlar ve bu zararlardan korunmak için değerlerin olabileceği maksimum sınırlar vurgulanmıştır. Karabük’ün genel durumu ve şehir merkezi, KARGAZ, KARDEMİR ve Karabük’teki Hava Kalitesi İzleme İstasyonları hakkında bilgiler verilmiştir. Doğalgaz kullanımının Karabük’teki hava kirliliği üzerine etkilerinin SO₂ ve PM₁₀ ölçüm değerleri bakımından incelenmesi amaçlanmıştır. 2006-2009 yılları “Karabük’te Doğalgaz Kullanımından Önceki Dönem” ve 2009-2012 yılları “Karabük’te Doğalgaz Kullanımından Sonraki Dönem” olarak belirlenmiş, bu dönemlere ait SO₂ ve PM₁₀ ölçüm değerleri değişimi grafik ve tablolar halinde incelenmiştir.

BÖLÜM 2

DOĞALGAZ

2.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Hava kirliliği ile ilgili verilerin değerlendirilmesi yönünde yapılan çalışmalardan bir tanesi Köse tarafından yayınlanmış olmaktadır. Bu çalışmada kış sezonu boyunca, Kütahya'da ki meteorolojik parametreler ile bazı hava kirlleticilerin oluşumu arasındaki ilişki incelenmiştir. 1991-2001 yılları arasında günlük olarak şehir merkezinde ölçülen (PM) ve (SO₂) hava kirlleticileri ile meteorolojik faktörler arasındaki istatistiksel ilişki araştırılarak bir gün önceki konsantrasyonlar ve sıcaklık, rüzgâr hızı gibi meteorolojik parametreler bağımsız değişkenler olarak kabul edilerek bir gün sonraya ait hava kirliliğinin seviye tahmini için çoklu regreasyon modelleri önerilmiştir [20].

Çelik ve Kadı tarafından yayınlanmış olan çalışmada Karabük'te 1998'den 2001'e kadar 24 saatlik devamlı ölçümlerle (SO₂) ve (PM) konsantrasyonunun rüzgâr hızı, bağıl nem ve hava sıcaklığı arasındaki ilişki araştırılmıştır. Hava kirliliği ve meteorolojik faktörlerin arasındaki ilişki istatistiksel yönden analiz edilmiştir. Analizin sonuçları, meteorolojik faktörler ve Karabük Şehri'nde ki (PM) konsantrasyonu arasındaki ilişkilerin bazı yıllar için orta ve zayıf olduğunu göstermektedir [21].

Erzurum'da 1990 ve 2007 yılları arasında kış aylarında toplam asılı partiküller madde konsantrasyonu ile rüzgâr hızı ve yönü, sıcaklık, hava basıncı, yağış, bağıl nem geçmiş iki günün toplam asılı partiküller madde konsantrasyonu ölçümleri, gün ışığı süresi ve miktarı gibi meteorolojik parametreler arasındaki ilişki Aktan ve Bayraktar tarafından araştırılmıştır. Bu çalışmada kış mevsiminin her ayında toplam asılı partiküller madde konsantrasyonu seviyesinin stokastik davranışını kavramak için karma otoregresif yapıda yapay sinir ağı modelleri geliştirilmiştir. Toplam asılı

partiküller madde konsantrasyonunu en çok etkileyen faktörler, bir gün önceki toplam asılı partiküller madde konsantrasyonu seviyesi, beklenen sıcaklık, rüzgâr hızı, hava basıncı ve yağış olarak belirlenmiştir [22].

Trabzon kent merkezinde bazı meteorolojik faktörlerin hava kirliliği üzerindeki etkisi ile ilgili olarak yapılmış olan çalışmada Demirci ve Çuhadaroğlu; Kasım 1994 Nisan 1995 arası sabit istasyon verileri kullanılarak istatistiksel bir inceleme yapmıştır. Bu çalışmadan elde edilen bulgular; Trabzon kent merkezinde (PM) ve (SO₂) gibi hava kirleticiler ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişkilerin genel olarak zayıf düzeyde olduğunu göstermektedir [23].

Demirci ve Çuhadaroğlu tarafından yayınlanmış olan istatistiksel çalışmada Trabzon kent merkezinde (SO₂) ve (PM) gibi hava kirleticilerin, rüzgâr yönü ile olan ilişkisi üzerine incelemeler yapılmıştır. Bu çalışma Kasım 1994 - Aralık 1997 dönemleri için hava kirleticilerin sadece Kuzey Doğu yönünden esen rüzgârdan azaltıcı yönde azda olsa etkilendiği göstermektedir [24].

Nepal'in Kathmandu Vadisi'nde Mart 2003-Aralık 2005 dönemleri arasında sıcaklık, yağış miktarı, nem, atmosferik basınç, rüzgâr yönü ve hızı gibi meteorolojik şartların, PM₁₀ konsantrasyonuna etkisi ile ilgili olarak Giri bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma (PM₁₀) konsantrasyonun yağış ve nem ile negatif, rüzgâr hızı ve atmosferik basınç ile ise pozitif bir ilişkisi olduğunu göstermektedir [25].

Asrarı tarafından İran'ın başkenti Tahran'da 1995'den 2002'ye kadar olan (SO₂) ölçümleri ile bir hava kalitesi analizi yapılmıştır. Bu çalışmanın ana amacı meteorolojik faktörlerin kirletici konsantrasyon üzerindeki etkilerini göstermektir. Meteorolojik parametreler ve kirletici konsantrasyon arasındaki ilişki lineer regresyon denklemi ile ifade edilmiştir [26].

Trabzon kent merkezi için hava kirliliği ile meteorolojik koşullar arasındaki ilişkinin 2006-2011 arası verilerine dayalı olarak incelenmesi ilgili olarak yapılmış olan çalışmada Akyürek; Trabzon kent merkezinde 2006-2007, 2007-2008, 2008-2009, 2009-2010, 2010-2011 ısıtma sezonları (Kasım-Nisan) süresince yapılmış olan hava

kirletici ölçümlerinden (SO₂) ve partikül madde konsantrasyonları ile meteorolojik parametrelerinden basınç, sıcaklık, bağıl nem, yağış, rüzgâr hızı ve yönü arasındaki ilişki için istatistiksel bir inceleme yapmıştır [27].

Keçebaş, Gedik ve Kayfeci tarafından yayınlanmış olan çalışmada Afyon merkezde bulunan meskenlerde kullanılan yakıtlara göre atmosfere salınan emisyonlar belirlenir. Jeotermal enerji ve doğalgazın ısıtma amaçlı kullanımına dikkat çekilir. Ayrıca çalışma Afyon'da kullanılan kaynaklara sahip diğer şehirlerimize örnek oluşturması için jeotermal enerji ve doğalgaz kullanımının hava kirliliğini önlemedeki katkısını güncel rakamlarla ortaya koymaktadır [28, 29].

2.2. DOĞALGAZIN YAPISI VE ÖZELLİKLERİ

2.2.1. Doğalgazın Yapısı

Fosil yakıtlar grubundan hidrokarbon kökenli bir enerji kaynağı olan doğalgazın oluşumu konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Ancak yaygın görüş, diğer yakıtlar gibi doğalgazın da milyonlarca yıl önce yaşamış bitki ve hayvan atıklarının yeraltında yüksek sıcaklık ve basınç etkisi ile kimyasal değişime uğramasıyla oluştuğu, yani organik kökenli olduğudur. Doğalgaz; gözenekli kayaçların boşluklarına sıkışmış olarak veya serbest halde bulunan renksiz kokusuz ve hafif bir gazdır (Şekil 2.1). Genellikle petrol sahalarında bulunur. Bileşimi metan, etan, propan, karbondioksit, oksijen, nitrojen, hidrojen sülfür gibi gazlar içermektedir. Ancak pek çok doğalgaz alanında yapılan çalışmalar, metanın temel kimyasal bileşen olduğunu ortaya koymuştur [30].



Şekil 2.1. Doğalgaz.

2.2.2. Bir Enerji Kaynağı Olarak Doğalgaz

Doğalgaz gaz halindeki parafin, karbon, hidrojen karışımından meydana gelir ve yüzdeleri de doğalgazın kaynağına göre değişir. Doğalgaz esas olarak metan (CH_4) ve daha az oranda etan (C_2H_6) ve propan (C_3H_8) gibi hidrokarbonlardan meydana gelir. Ayrıca bileşiminde azot (N_2), karbondioksit (CO_2), Hidrojen Sülfür (H_2S) ile Helyum (He) gazları da bulunabilir. Doğalgaz renksiz kokusuz bir gazdır. Doğalgaz ekonomiktir ve özellikle yoğuşmalı kazan (veya duvar tipi yoğuşmalı kazan) ile kullanıldığında kömür ve fuel oil'e göre çok daha ekonomik ısıtma imkanı sağlar (Çizelge 2.1). Kazan verimlerindeki artışlar dikkate alındığında doğalgazın diğer yakıtlara göre en az %10 mertebesinde yakıt ekonomisi sağladığı söylenebilir. İlave olarak temizlik, depolaması yakıt hazırlama ve kül atma maliyetleri göz önüne alınırsa, doğalgaz yakılmasının işletme maliyetlerinde önemli kazançlar sağladığı söylenebilir. Doğalgaz temiz bir yakıttır, doğalgazın temiz bir yakıt olması kazan bakım ve işletmesi açısından önemli bir avantaj sağlar. Fuel oil veya kömür yakılması halinde kalorifer kazanı ısıtma yüzeyleri üzerinde biriken kül ve kurum tabakası hem yüzeyleri aşındırır hem de ısı geçişini engelleyerek kazan verimini düşürür. Bu yüzden kazan boruları haftada en az iki kere temizlenmek zorundadır. Buna karşın doğalgaz kullanımında böyle bir sorun yoktur [31].

Dünyada bilinen doğalgaz rezervleri 100 trilyon m^3 mertebesinde olup, en yüksek rezerv %35 ile eski Sovyet Birliği topraklarında bulunmaktadır. Bunu %34 payla Ortadoğu takip etmektedir. Türkiye'de de sınırlı miktarda doğalgaz çıkmakta ve kullanıma sunulmaktadır. Türkiye doğalgazı esas olarak Rusya ve İran'dan boru hatlarıyla, Cezayir ve Nijerya'dan sıvılaştırılmış (LNG) olarak deniz yoluyla satın almaktadır. Ayrıca Azerbaycan ve Türkmenistan ile doğalgaz temini için antlaşmalar yapılmıştır [32].

Kimyasal özellikleri dolayısıyla oda sıcaklığında ve atmosferik basınç altında tamamen gaz halinde bulunan doğalgaz, fosil enerji kaynakları arasında pek çok üstün özelliği ile ön plana çıkmaktadır. Örneğin nispeten zehirsiz bir gazdır, solunması halinde aşırı olumsuz bir etki yapmaz. Havadan daha hafif olup, atmosferde yükselme eğiliminden dolayı gaz kaçağı durumunda havalandırma

bacalarından kolaylıkla dışarı atılabilmektedir. Diğer fosil yakıtlara göre en üstün özelliklerinden biri de tam yanmaya bağlı olarak maksimum enerji sağlamasıdır. Ayrıca kullanımı kolay ve ekonomik olup, fazla bir iş gücü ve mesai gerektirmemektedir [33].

Çizelge 2.1. Doğalgazın diğer yakıtlarla karşılaştırılması [31].

	KÖMÜR	FUEL-OİL	DOĞALGAZ
Karbon Oranı (%)	77,4	84,58	73,98
Hidrojen Oranı (%)	1,4	10,90	24,57
Kükürt Oranı (%)	1,0	4,0	
Kül Oranı (%)	8,0		--
Nem Oranı (%)	7,0	--	
Isıl Değeri [(kj/kg),(kcal/kg)]	29.600 (7.080)	39.220 (9.380)	49.085 (11.780)
Baca Gazındaki SO ₂ Oranı (ppm)	1,644	5,5	--
Hava Fazlalığı	1,4 - 2,0	1,2 – 1,3	1,05 – 1,1

Doğalgazın diğer fosil yakıtlara göre en zayıf yönü ise stoklama güçlüğüdür [34]. Saklanması ve depolanması maliyetli olup, çıkarıldıktan sonra tüketim bölgelerine kısa sürede arz edilmesi çok daha ekonomiktir. Bununla birlikte tankerlerle veya boru hatlarıyla uzak bölgelere taşınabilir. Bu nitelikleri, özellikle de boru hatlarıyla kolay taşınabilmesi doğalgaz kullanımının tüm dünyada yaygınlaşmasında etkili olmuştur [35]. Belirtilen özelliklerinden dolayı doğalgaz günümüzde ısınmada ve elektrik üretiminde yoğun bir şekilde kullanılır hale gelmiştir. Nitekim dünya birincil enerji tüketimindeki payı %22, elektrik enerjisi üretimindeki payı ise %17 düzeyindedir. Ayrıca hammadde kaynağı olarak sanayide yoğun bir şekilde kullanılmaktadır [30].

2.3. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE DOĞALGAZ

2.3.1. Doğalgazın Tarihçesi

Doğalgaz, tarihî çağlardan beri bilinen ve kullanılan bir enerji kaynağıdır. Nitekim eski Yunan ve Mısır toplumlarında yanan gaz veya kutsal ateş olarak nitelendirilen doğalgaz, M.S. 221-263 yıllarında Çin'de (Shu Han Krallığı Dönemi) tuz kurutma işlerinde kullanılmıştır. XVII. Yüzyılda İtalyanlar tarafından aydınlatma ve ısıtma amaçlı kullanıldığı görülmektedir. Üretim sektöründe ilk doğalgaz kullanımı ise 1815 yılında ABD'de Charleston (Batı Virginia) bölgesindeki bir tuz madeni civarında gerçekleşmiştir. İlk ticari gaz işletmeciliği bundan beş yıl sonra, 1820'de W. Hart tarafından New York'ta yapılmıştır. Yine boru hatları ile ilk kez taşınması işlemi ise 1883 yılında ABD'de gerçekleştirilmiştir [30].

Bununla birlikte doğalgaz mevcut ekonomik önemini henüz yakın tarihte kazanmıştır. Nitekim tarihçiler geçmişte petrol arayanların doğalgazla karşılaştıklarında sevinmediklerini, tam tersine hayal kırıklığı yaşadıklarını nakletmektedir. Bunun başlıca nedenleri gazın pazara ulaştırılması için ciddi altyapı yatırımı gerektirmesi ve pazarlamasında karşılaşılan güçlüklerdir. Dolayısıyla dünya genelinde çok büyük doğalgaz rezervleri yıllarca üretime açılmamış, daha ziyade petrol tercih edilmiştir [30]. Ancak zamanla koşullar değişmiştir. Günümüzde pek çok ülkenin ekonomisi hızla büyümektedir. Dünya genelinde nüfus çoğalmakta, yaşam standartları ve refah seviyesi yükselmekte, buna paralel olarak enerji tüketimi artmaktadır. Bu durum enerji üretiminde petrol, kömür ve su gücü gibi klasik enerji kaynaklarının yanında, alternatif arayışları beraberinde getirmiştir. Özellikle sanayileşmiş ülkeler iklim değişimi ve çevre sorunlarının da etkisiyle petrol ve kömür gibi kirleticiliği ve sera etkisi özelliği yüksek olan yakıtlara alternatif olarak, doğalgaza çok daha fazla önemle eğilimindedirler [36]. Kuşkusuz bunda 1970'lerde başlayan petrol krizinden sonra petrol fiyatlarında meydana gelen aşırı yükselme ve fiyat dalgalanmalarının da payı vardır. Ayrıca bu yönüde boru hattı taşımacılığı ve çevrim santralleri gibi doğalgazın kullanımını kolaylaştıran ve yaygınlaştıran teknolojilerin gelişmesi ve ucuzlaması da etkili olmuştur. Denilebilir ki doğalgazın tarih sahnesine çıkışı 1970'lerdeki petrol krizi ile başlamış, üretim, tüketim ve

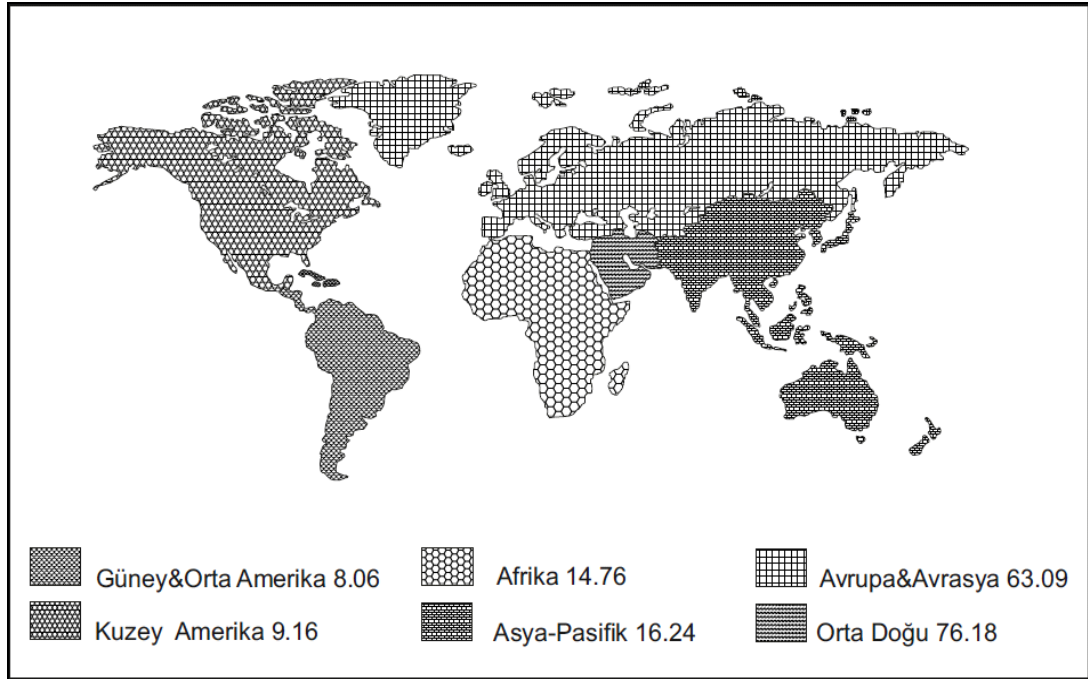
ticaretindeki hızlı artışa paralel olarak kısa sürede güçlü bir enerji aktörü haline dönüşmüştür [37].

2.3.2. Dünya Doğalgaz Rezervleri ve Coğrafi Dağılışı

Dünyada doğalgaz rezervleri oldukça dengesiz bir dağılım göstermektedir. Nitekim bilinen rezervlerin büyük bir bölümü başta Rusya Federasyonu olmak üzere eski Sovyet cumhuriyetlerinde ve bazı Ortadoğu ülkelerinde yoğunlaşmaktadır. Dünya doğalgaz rezervi toplamı 2009 yılı itibarıyla 187,5 trilyon m³ olup, bunun 76.2 trilyon m³'ü (%40.6) başını İran ve Katar'ın çektiği Ortadoğu ülkelerine aittir. Ortadoğu'yu 63.89 trilyon m³ (%33,7) ile Avrupa-Avrasya (Avrupa kıtasıyla merkezî ve Kuzey Asya'yı içine alan bölge) izlemektedir. Bu bölgede rezerv bakımından üstünlük çok belirgin bir şekilde Rusya Federasyonu'na aittir. Ortadoğu ve Avrupa-Avrasya bölgelerinin rezervleri toplamı oransal olarak % 75'i bulmaktadır (Çizelge 2.2, Şekil 2.2) [30].

Boru hattı taşımacılığının başlaması, dünyada yaşanan petrol krizleri sonucunda petrole bağımlılığın azaltılmak istenmesi ve gelişen teknolojiyle beraber artan enerji ihtiyacı sonucunda doğalgaz kullanımı hızla yaygınlaşmıştır. Nitekim 1989-2009 dönemine ait rezervler incelendiğinde dünya toplam kanıtlanmış doğalgaz rezervinin giderek arttığı görülür. 1989 yılında 122.4 trilyon m³ olan dünya kanıtlanmış doğalgaz rezervi 1999 yılında 148.6 trilyon m³'e, 2009 yılında ise 187.5 trilyon m³'e ulaşmıştır. Yani 20 yıllık dönemdeki rezerv artışı yaklaşık %50 kadardır (Çizelge 2.2). Muhtemelen yakın gelecekte yeni rezervler keşfedilecek, ayrıca üretimi fazla maliyet gerektirdiği için şimdilik üzerinde pek durulmayan gaz hidratlar da işletmeye açılacaktır. Bu durum, yeni rezervler ve alternatifler petrol ve kömür gibi fosil yakıtlara göre doğalgazı çok daha güvenilir ve avantajlı hale getirmektedir [30]. Doğalgaz rezervlerinin coğrafi dağılışı incelendiğinde 1989 yılı istatistiklerinin bazı yönlerden dikkat çekici olduğu görülür. Şöyle ki, dünya sıralamasında ilkler arasında yer alması gereken Rusya Federasyonu, Türkmenistan, Özbekistan, Kazakistan ve Azerbaycan'a ait veriler (Çizelge 2.2'de n/a ile gösterilmektedir) bulunmamaktadır. Dolayısıyla gerek bu ülkeler, gerekse o dönemin öteki Sovyet cumhuriyetlerine ait istatistiklerin tamamı "Diğer ülkeler" başlığı altında toplu olarak verilmiştir. Bu

durum 1999 istatistiklerinde düzeltilmiş, böylece genel toplam içerisindeki “Diğer ülkeler” in payı düşmüştür. BP’nin 2009 yılı istatistiklerine göre dünya rezerv sıralamasında Rusya Federasyonu birinci (%23.7), İran ikinci (%15.8), Katar üçüncü (%13.5), Türkmenistan dördüncü (%4.3), Suudi Arabistan beşincidir (%4.2). Bu beş ülkenin rezervlerinin toplamı dünya rezervlerinin %60’ını aşmaktadır. Kuşkusuz bu durum jeopolitik ve jeoekonomik bakımdan önemli sonuçlar doğurmaktadır. Nitekim son yıllarda Avrasya kavramının güçlü bir jeopolitik olgu olarak yeniden canlanmasın ve büyük güç mücadelelerine sahne olmasının en önemli nedenlerinden biri de budur. Bu çerçevede Hazar Havzası ve yakın çevresi zengin doğalgaz rezervlerinin de etkisiyle bazı stratejistler tarafından Avrasya’nın kalbi (Mackinder’ in Avrasya’yı dünyanın kalbi olarak nitelendirmesinden hareketle) olarak nitelendirilmektedir [38].



Şekil 2.2. Dünya doğalgaz rezervlerinin coğrafi dağılışı (Trilyon m³) [30].

Çizelge 2.2. Doğalgaz rezervlerinin coğrafi dağılışı (trilyon m³) [30].

Ülkeler	1989	%	1999	%	2009	%
Rusya	n/a ¹	n/a ¹	42.44	28.6	44.38	23.7
İran	17.0	13.9	25.0	16.8	29.61	15.8
Katar	4.62	3.8	11.16	7.5	25.37	13.5
Türkmenistan	n/a ¹	n/a ¹	2.59	1.7	8.1	4.3
Suudi Arabistan	5.22	4.3	6.15	4.1	7.92	4.2
B.A.E	5.65	4.6	6.0	4.0	6.43	3.4
ABD	4.73	3.9	4.74	3.2	6.93	3.7
Cezayir	3.25	2.7	4.52	3.0	4.5	2.4
Venezüella	2.99	2.4	4.15	2.8	5.67	3.0
Nijerya	2.83	2.3	3.51	2.4	5.25	2.8
Irak	3.12	2.5	3.29	2.2	3.17	1.7
Endonezya	2.65	2.2	2.62	1.8	3.18	1.7
Avustralya	0.96	0.8	1.99	1.3	3.08	1.6
Çin	1.02	0.8	1.37	0.9	2.46	1.3
Malezya	1.61	1.3	2.48	1.7	2.38	1.3
Mısır	0.35	0.3	1.22	0.8	2.19	1.2
Norveç	1.73	1.4	1.25	0.8	2.05	1.1
Özbekistan	n/a ¹	n/a ¹	1.58	1.1	1.68	0.9
Kazakistan	n/a ¹	n/a ¹	1.78	1.2	1.82	1.0
Libya	1.22	1.0	1.32	0.9	1.54	0.8
Azerbaycan	n/a ¹	n/a ¹	1.23	0.8	1.31	0.7
Diğer ülkeler	63.45	51.8	16.16	10.9	18.47	9.9
Dünya toplamı	122.4	100.0	148.55	100.0	187.49	100.0

¹ : (n/a: veri yoktur).

2.3.3. Dünyada Doğalgaz Üretimi, Tüketimi ve Ticareti

BP'nin 2009 yılı bölgesel üretim verilerine göre dünya genelinde yıllık 3 trilyon m³ kadar (2987 milyar m³) doğalgaz üretilmektedir. Sıralamada Avrupa-Avrasya bölgesi 973 milyar m³ ile birinci (%32.5), Kuzey Amerika 813 milyar m³ ile ikinci (%27.4), Asya-Pasifik 434.8 milyar m³ ile üçüncü (%14.6) sırayı alır. Rezerv bakımından birinci sırada bulunan Ortadoğu ise 407.2 milyar m³ üretimi ile ancak dördüncü sırayı (%13.6) almaktadır. Bunun en önemli nedeni doğalgazın Ortadoğu'da yakın zamana kadar çok fazla önemsenmemesidir. Ancak bu tablonun giderek değiştiği görülmektedir. Nitekim 1989-2009 döneminde dünya doğalgaz üretiminde Kuzey Amerika'nın payı düşerken, Ortadoğu'nun payı %5.3'den %13.6'ya çıkmıştır. Doğalgaz, stoklanması güç ve yüksek maliyetler gerektiren bir yakıttır. Genellikle üretildikten sonra kısa bir süre zarfında tüketilmekte olup, bu nedenle yıllık üretim ve tüketim miktarları arasında büyük bir fark görülmez. Burada dikkat çeken asıl konu, üretim ve tüketim sıralaması arasındaki büyük farklılıktır. Örneğin üretimde Norveç dışında fazla pay sahibi olmayan AB ülkeleri, Japonya ve Güney Kore, tüketimde belirgin bir şekilde pay sahibidir. İstatistiksel veriler bu tablonun gelecekte daha da belirginleşeceğini göstermektedir. Diğer yandan gelişmekte olan ve ekonomileri hızla büyüyen Çin, Türkiye, Malezya ve Endonezya gibi ülkeler yeni doğalgaz tüketicileri olarak sıralamadaki yerlerini almışlardır. Ayrıca Ortadoğu'da da doğalgaz tüketimi hızla artmaktadır [30].

Dünyada doğalgazın üretildiği ve tüketildiği bölgeler giderek farklılaşmakta ve tüketim hızla yaygınlaşmaktadır. Bu durum doğalgazı önemli bir dış ticaret maddesi haline getirmiştir. Çok sayıda ikili ve çoklu uluslararası antlaşma yapılmakta, dünya borsalarında alınıp satılmaktadır. Nitekim 2009 yılı dünya doğalgaz üretiminin 876.54 milyon m³'ü, yani % 30 kadarı dış ticarete konu olmuştur (Çizelge 2.3). Kuşkusuz bu oran oldukça yüksektir. İhracatta Rusya Federasyonu'nun (% 20.9) çok belirgin bir üstünlüğü söz konusudur. Bu ülkeyi Norveç (% 11.25), Kanada (% 10.52), Katar (% 7.78) ve Cezayir (% 6.01) izler. İthalatta ise ABD (% 12.8), Almanya (% 10.13) ve Japonya'nın (% 7.91) büyük bir ağırlığı vardır. Türkiye, 33.18 milyon m³ (% 3.78) ithalatıyla önemli bir alıcıdır. AB'nin doğal gaz tüketiminin AB içi üretimle karşılama oranı 2000 yılında % 11.9 iken, 2030 yılında

bu oranın % 5.9'a düşeceği öngörülmektedir. Bu durum doğal gaz açısından Birliğin ithalat bağımlılığın daha da artacağı anlamına gelir [30].

Toplam dünya doğalgaz ihracatının % 92 kadarını sadece 20 ülke gerçekleştirmektedir. Benzer bir durum ithalat için de geçerli olup, toplam dünya ithalatının % 85 kadarı 20 ülke tarafından yapılmaktadır (Çizelge 2.3). Bu tablonun bir sonucu olarak başını Rusya Federasyonu'nun çektiği doğalgaz zengini ülkeler piyasa koşullarını belirlemek amacıyla kendi aralarında işbirliği arayışına girmişlerdir. Nitekim petrolde olduğu gibi gazda da OPEC benzeri uluslararası bir örgüt kurma çabası söz konusudur [39].

Çizelge 2.3. Uluslararası doğalgaz ticareti (milyon m³).

İHRACAT				İTHALAT			
Ülke	LNG	Boru Hattı	Toplam	Ülke	LNG	Boru hattı	Toplam
Rusya	6.61	176.48	183.09	ABD	12.80	93.03	105.83
Norveç	3.17	95.72	98.89	Almanya	-	88.82	88.82
Kanada	-	92.24	92.24	Japonya	85.90	-	85.90
Katar	49.44	18.75	68.19	İtalya	2.90	66.41	69.31
Cezayir	20.90	31.77	52.67	Fransa	13.7	35.09	49.06
Hollanda	-	49.67	49.67	İngiltere	10.24	30.88	41.12
Endonezya	26.00	9.67	35.67	İspanya	27.01	8.99	36.00
Malezya	29.53	1.20	30.73	G. Kore	34.33	-	34.33
ABD	0.86	29.46	30.32	Türkiye	5.71	27.47	33.18
Avustralya	24.24	-	24.24	Rusya	-	32.34	32.34
T. Tobago	19.74	-	19.74	Ukrayna	-	24.15	24.15
Mısır	12.82	5.50	18.32	Belçika	6.53	15.01	21.54
Türkmenistan	-	16.73	16.73	Kanada	0.98	19.85	20.83
Nijerya	15.99	-	15.99	BAE	-	17.25	17.25
Özbekistan	-	15.70	15.70	Hollanda	-	17.21	17.21
Almanya	-	12.80	12.80	Belarus	-	15.94	15.94
İngiltere	-	12.17	12.17	Meksika	3.55	9.61	13.16
Umman	11.54	-	11.54	Hindistan	12.62	-	12.62
Kazakistan	-	10.30	10.30	Tayvan	11.79	-	11.79
Libya	0.72	9.17	9.89	Singapur	-	9.61	9.61
Diğer	21.20	46.44	67.65	Diğer	14.71	122.10	136.55
Toplam	242.76	633.77	876.54	Toplam	142.7	633.76	876.54

Dünya üzerinde genel olarak fosil kökenli enerji kaynakları düzensiz bir coğrafi dağılım göstermekte olup, bu durum doğalgaz için çok daha belirgindir. Bu dengesizliğin bir sonucu olarak gaza sahip olmak ve onu üretmek kadar, tüketim bölgelerine ulaştırmak da önemli hale gelmektedir. Genel olarak günümüzde enerji

politikaları, enerji arzı ve enerji güvenliği kavramları etrafında şekillenmektedir [34]. Doğalgazın üretim alanlarından tüketim alanlarına nakli sıradan bir taşımacılık olmanın ötesine geçip, stratejik bir nitelik kazanmıştır. Üreticiler, tüketiciler ve küresel aktör olmanın enerji alanlarını kontrol etmekten geçtiğinin farkında olan büyük güçler kendi çıkarları doğrultusunda enerji politikalarını belirlemekte ve bu konuda kendilerine ortak bulmaya çalışmaktadırlar [40]. Bu durum uluslararası alanda yeni bölgeler arası kutuplaşmaları veya ittifakları gündeme getirmiştir. Diğer yandan üreticilerin yanında doğalgazın tüketicilere nakledilmesinde boru hatlarına ve tanker geçişlerine ev sahipliği yapan denizler, boğazlar ve ülkeler de önem kazanmaktadır. Türkiye bu konumdaki birkaç önemli ülkeden birisi olup, konunun uzmanları tarafından “enerji köprüsü” olarak nitelendirilmektedir [41,42]. Doğalgazın nakli için yeni alternatifler ve projeler geliştirilmektedir. Hem Hazar Havzası’ nın, hem de Ortadoğu’ nun doğal gazını Avrupa’ ya nakletmeyi hedefleyen çok uluslu ve çok şirketli bir konsorsiyum olan Nabucco, bunlardan biridir [43].

Petrolle ilgili bahse konu endişeler, ulaştırma sektöründe başka enerji kaynaklarının kullanılması çabalarını beraberinde getirmiştir. Sıkıştırılmış doğal gaz (SDG-CNG) bu alternatif arayışlarının başında gelmektedir. Son istatistiklere göre dünyada yaklaşık 7 milyonun üstünde araç SDG ile çalışmaktadır. Bu sayı giderek artmakta olup 2020 yılında rakamın çok daha büyüyeceği beklenmektedir. SDG’li araçlarla ilgili tahminler gerçekleşirse, 2020 yılında Avrupa’da SDG’li araç sayısı 23,5 milyon olacaktır [44].

2.3.4. Türkiye’deki Doğalgaz Boru Hattı Taşımacılığı

Gelişmenin vazgeçilmez unsuru olan enerjinin, küreselleşen dünyada üretim kaynaklarından talep merkezlerine ulaştırılmasında boru hatları en güvenli ve en verimli yollardır (Şekil 2.3). Yaklaşık olarak; dünya petrol rezervinin % 67’sine ve dünya doğalgaz rezervinin %40’ına sahip olan Orta Doğu ve Orta Asya ülkeleri ile Avrupa arasında coğrafi köprü olan Türkiye’den geçen ve geçecek boru hatları, uluslar arası önem taşımaktadır. Halen doğalgaz boru hattı ile doğalgaz ithal olunan Rusya kaynakları da göz önüne alınırsa, yukarıdaki yüzdeler; doğalgazda

Türkiye'nin uluslararası petrol bağlantıları açısından petrol boru hatları, petrol ithalatına güvence getireceği gibi, petrol taşımacılığında Türkiye'ye ekonomik çıkarlar da sağlayacaktır. Petrol boru hatları konusunda, halen tam kapasiteyle kullanılmayan mevcut Irak-Türkiye Petrol Boru Hattı'nın yanı sıra, gerçekleşmesi için büyük çaba harcanan Hazar geçişli Bakü-Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı Projesi büyük önem taşımaktadır. Türkiye'deki petrol boru hattı taşımacılığı ile ilgili faaliyetler BOTAŞ tarafından yürütülmektedir. Bu faaliyetler çerçevesinde halen var olan petrol ve doğalgaz boru hatları ile yapım aşamasında olanlar ve planlanan boru hatları aşağıda verilmiştir [45].

Çizelge 2.4. Türkiye'deki doğalgaz boru hatları [45].

Türkiye Mevcut Boru Hatları	<ul style="list-style-type: none"> • Irak-Türkiye Ham Petrol Boru Hattı • Batman-Dört Yol Ham Petrol Boru Hattı • Ceyhan-Kırıkkale Ham Petrol Boru Hattı • Rusya – Türkiye Doğalgaz Boru Hattı • Doğu Anadolu Doğalgaz İletim Hattı • Selmo-Batman Ham Petrol Boru Hattı • Karacabey (Bursa)-İzmir Doğalgaz İletim Hattı • Çan-Çanakkale Doğalgaz İletim Hattı
Türkiye Yapım Aşamasında Olan Boru Hatları	<ul style="list-style-type: none"> • Rusya-Türkiye Doğalgaz Boru Hattı (Mavi Akım) • Bakü – Tiflis – Ceyhan Ham Petrol Boru Hattı • Güney Doğalgaz Boru Hattı Projesi • Konya – İzmir Doğalgaz Boru Hattı • Türkiye-Bulgaristan-Romanya-Macaristan Doğalgaz Boru Hattı (NABUCCO Projesi)
Türkiye Yapımı Planlanan Boru Hatları	<ul style="list-style-type: none"> • Türkmenistan-Türkiye-Avrupa Doğalgaz Boru Hattı • Irak-Türkiye Doğalgaz Boru Hattı Projesi • Mısır – Türkiye Doğalgaz Boru Hattı Projesi • Gürcistan-Türkiye Doğalgaz Boru Hattı • Azerbaycan-Türkiye(Sahdeniz)Doğalgaz Boru Hattı Projesi • Trans-Trakya Petrol Boru Hattı Projesi • Doğu Karadeniz Doğalgaz Boru Hattı Projesi • Karadeniz-Ereğli-Bartın Doğalgaz Boru Hattı Projesi • Türkiye-Yunanistan Doğalgaz Hattı Projesi

BÖLÜM 3

HAVA KİRLİLİĞİ

3.1. HAVA KİRLİLİĞİ VE ATMOSFER

3.1.1. Atmosfer

Yer kürenin etrafını saran gaz kütleye atmosfer denir. Atmosfer içinde bulunan oksijen hayatın gelişmesini temin ettiği gibi, meydana getirdiği diğer uygun şartlarla da hayatın sürekliliğini sağlar. Bunun yanı sıra güneşten dünyaya gelen enerjinin tekrar uzaya süratle dönmesini önler. Atmosfer yer kürenin etrafında adeta düzenleyici ve koruyucu bir örtü şeklindedir. Atmosferi meydana getiren gazların karışımlarından oluşan hava, canlı organizmaların yaşam sürecindeki en önemli öğelerden biridir. Bir insanın günde yaklaşık olarak 2,5 lt. su, 1.5 kg. besin, 10-20 m³ hava gereksinimi vardır. Açlığa 60 gün, susuzluğa 6 gün dayanabilen insan, havasızlığa ancak 6 dakika dayanabilmektedir. İnsan, hayvan, bitki veya eşyalara zarar verebilecek miktarlarda toz, tütsü (fume), gaz, sis (mist), koku, duman veya buharlar gibi dış atmosferde bulunan bir veya daha fazla kirletici hava kirliliğine neden olmaktadır (Şekil 3.1.) [46].



Şekil 3.1. Hava kirliliği ve atmosferimiz.

3.1.2. Hava Kirliliği ve Çevre

Hava kirliliği, havadaki katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zararlı olabilecek konsantrasyon ve süre ile bulunması şeklinde tanımlanabilir. Ancak günümüzde çevre kirliliği açısından ülkelerin sanayi gelişimlerine paralel, insanlığın sağlığını tehdit eden en önemli problem haline gelmiştir. Özellikle, 1980 yılından beri, ülkemizin, İstanbul, İzmir ve Ankara gibi yaklaşık 20 büyük şehirde, kış ortalamaları olarak, hava kalitesi koruma yönetmeliğinde belirtilen sınır değerler aşılmaktadır. Bunda, çevreye olumsuzluğu dikkate alınmadan sanayi tesislerinin kurulması ve teknolojik gelişmelerin, ekolojik denge ile bütünlüğünü sağlanmadan uygulanması, en başlıca etkenlerdir. Hava kirliliğini değerlendirmek için başlıca parametreler partiküler madde (toz), CO, SO₂, NO_x, HCL, HF, Organik C, Hg, Cd+TI, I ağır metaller ve Dİoxİn- TE değeri gibi maddelere ait konsantrasyon değerleridir [47].

Günümüzde, artık hava kirliliğinin insan sağlığını olumsuz etkilediği bilinmektedir. Bir kaynaktan atmosferde yayılan kirleticilerin insanlar tarafından solunarak alınmasıyla birlikte olumsuz etkisi de başlamaktadır. Trafik, ulaşım, endüstri ve kentsel ısınmada kullanılan yakıtlar hava kirliliğinin başlıca kaynaklarını oluşturmaktadır. Rüzgâr, sıcaklık, basınç ve nem gibi meteorolojik faktörler de bu kirleticilerin taşınmasına, seyrelmesine ve/veya artmasına neden olmaktadır. Hava kirleticilerinin çevreye ve insan sağlığına etkileri kirleticinin tipine, atmosferdeki miktarına, atmosferde kalış süresine bağlı olarak değişir [48].

Hava kirliliğini, sadece sanayileşme ve bunun ekolojik denge ile bütünleşmesine bağlamak hatalı olur. Çünkü, hızlı nüfus artışına bağlı olarak plânsız şehirleşme ve diğer sebepler nedeni ile şehirlerde yeşil alanların azalması, kalorifer kazanları ve sobalar gibi ısınma araçlarından ve sayının hızla arttığı motorlu taşıtlardan çıkan duman ve egzoz gazları gibi unsurlar da hava kirlenmesini önemli oranda arttırmaktadır. Bu unsurlar, özellikle kış aylarının durgun havasında, şehirlerdeki tuğla, taş ve betonun ısıyı absorplayıp tutması ile geceleri bazı bölgeler bir sıcak ada halini almaktadır. Bunun sonucu, kendi içinde lokal bir hava sirkülasyonu olmakta ve kirleticiler şehirlerden uzaklaşmadığından, toplu ölümler meydana gelmektedir [49].

3.1.3. Atmosferin Bileşimi

Atmosferde bulunan gazları üç grupta inceleyebiliriz;

- Havada devamlı bulunan ve miktarları değişmeyen gazlar
(Azot, Oksijen, Asal gazlar)
- Havada devamlı bulunan ve miktarları azalıp çoğalan gazlar
(Karbondioksit, Su Buharı, Ozon)
- Havada her zaman bulunmayan gazlar
(Kirleticiler)

Atmosfer içindeki gazların hacimsel oranları yatay ve dikey hava hareketleri nedeni ile yerden 25 km yüksekliğe kadar hemen hemen sabit kalır. Daha yukarı tabakalarda ise dikey hava hareketlerinin bulunması nedeni ile gazlar Dalton Kanununa göre, ağırlıklarına uygun katmanlar halinde sıralanmışlardır. Havada devamlı bulunan ve miktarları değişmeyen gazlar, hayatın sürekliliğini sağlayan unsurlardır. Havada devamlı bulunan ve miktarları azalıp çoğalan gazlar ise iklimler üzerinde önemli etkiler meydana getirir [46].

Çizelge 3.1. Atmosferde 25 km. yüksekliğe kadar bulunan gazların miktarları.

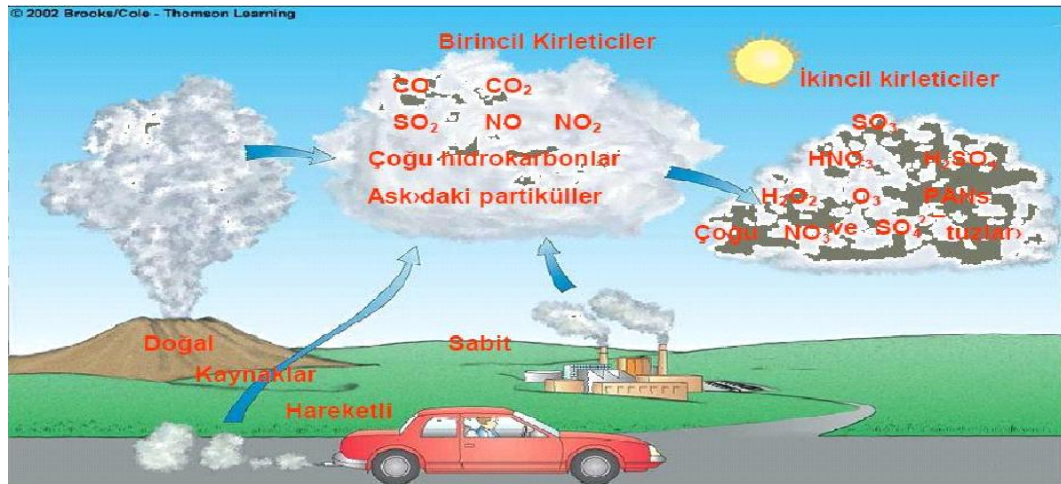
Gazlar	Sembolleri	Hacimsel yüzeyleleri (%)	Molekül ağırlığı
Azot (Nitrojen)	N ₂	78.08	28.02
Oksijen	O ₂	20.94	32.00
Argon	Ar	0.93	39.88
Karbondioksit	CO ₂	0.03 (Değişebilir)	44.00
Neon	Ne	0.0018	20.18
Helyum	He	0.0005	4.00
Su Buharı	H ₂ O	0.004 (Değişebilir)	18.02

Hava kirliliğini ve kontrolünü anlamada gerekli ilk adım atmosferin bileşim ve yapısını anlamaktır (Çizelge 3.1). Bu gazların değişik miktarı atmosferin dört temel

katmanı olan troposfer, stratosfer, mezosfer ve termosferde bulunur. Kirlilik kontrolü bakımından ilgili en önemli tabaka canlıların çoğunluğunu içinde barındıran tabaka olan troposferdir. Soluduğumuz havanın bulunduğu troposfer hacimsel olarak %78 Azot (N_2), %21 Oksijen (O_2), %1 Argon (Ar), % 0.03 Karbondioksit (CO_2) ve diğer gazlar vardır. Ayrıca havanın birleşiminde değişebilen oranda su buharı bulunmaktadır [46].

3.2. HAVA KİRLİTİCİLERİ

Havayı kirleten maddeler Gazlar ve Partiküller olmak üzere ikiye ayrılır. Bu kirleticiler, gaz (SO_x , NO_x , HC, CO, CO_2) ve toz (duman, metalik duman, uçucu kül, mist, aerosoller) halindeki kirleticilerdir. Kaynaktan doğrudan çıkarak havayı kirleten bileşenler (SO_2 , H_2S , NO, CO, HF, HCL, PM) bunlara birincil kirleticiler denir. Ayrıca bunlardan bazıları kimyasal ve fiziksel dönüşümlere uğrayarak gaz ve partikül formdaki ikincil kirleticileri oluştururlar [79]. Atmosferde bazı reaksiyonlar sonucu primer kirleticilerden türeyen kirleticilere de ikincil kirleticiler denir. Bunlara SO_3 , H_2SO_4 , NO_2 , PAN (Peroksi asitil nitrat), asitler, kaldehitler v.b örnek verebiliriz [4].



Şekil 3.2. Hava kirliliği kaynakları ve kirletici türleri.

3.2.1. Kirletici Gazlar

3.2.1.1. Kükürtdioksit (SO₂)

Gaz halindeki kirleticiler arasında yanıcı olmayan renksiz bir gaz olan kükürt oksitler en çok bilinen hava kirleticilerdendir. Atmosferde kalıcılık süresi 40 günü bulmaktadır. Çoğunlukla fosil yakıtların yanması sonucunda meydana gelirler. Antropojenik kükürt oksitlerin %80'inden fazlasının endüstriyel kaynaklardan meydana geldiği tahmin edilmektedir [49]. SO₂'nin sayısal değerleri incelendiğinde, bütün dünyada her yıl salınan küresel emisyonların 132 milyon tonu, antropojenik emisyonların ise 50-75 milyon tonu bulunduğu tahmin edilmektedir [51]. Avrupa'da ise her yıl yaklaşık 20 milyon tonun üzerinde kükürtün salındığı bilinmektedir [49].

3.2.1.2. Karbonmonoksit (CO)

Karbonmonoksit renksiz, kokusuz ve tatsız bir gaz olup karbon içeren yakıtların eksik yanması ile ortaya çıkar. Birincil bir hava kirletici olan karbonmonoksit, oksijen eksikliği, tutuşma sıcaklığı yüksek sıcaklıkta gazın kalıcılık zamanı ve yanma odası türbülansı gibi etkenlerden birinin eksikliğinde tam olmayan bir yanma sonucunda CO₂ yerine meydana gelen zehirli bir gazdır [49]. Kalıcı bir gaz olan karbonmonoksitin atmosferde kalıcılık süresi 2 aydan fazladır. Bütün dünyada karbonmonoksit üretiminin yılda toplam 232 milyon ton olduğu göz önüne alındığında bu miktarın dünya atmosferi için yarattığı sorun daha da belirgin olmaktadır. Dünyadaki karbonmonoksit üretiminin yaklaşık olarak %70'inden fazlasının ulaştırma sektöründen geldiği bilindiğine göre bu sektördeki kontrol teknolojilerinin önemi açıkça görülmektedir. Ayrıca, bütün dünyada karbonmonoksit üretiminin aşağı atmosferde kalması halinde ise bu kararlı gazın her yıl 0,03 ppm mertebesinde artacağı da hesaplanmaktadır. Şehir havasında bulunan karbonmonoksit insan sağlığına son derece önemli etkilerde bulunmaktadır. Bu etkilerden en önemlisi de karbonmonoksitin kandaki vücut hücrelerinin oksijen taşıma kabiliyetini azaltmasıdır. Sonuç olarak bu durum vücudun oksijen miktarını ciddi bir şekilde azaltarak ölümlere yol açabilmektedir [52].

3.2.1.3. Karbondioksit (CO₂)

Havada çok az oranda, % (0-0,03), bulunmasına karşın miktarı ve değişkenliği nedeniyle karbondioksit yaşamsal önemi olan bir gazdır. Atmosfere karışan karbondioksitin yaklaşık % 80- 85'i fosil yakıtların kullanılması sonucunda oluşarak atmosfere karışmakta, % 15-20'si de canlıların solunumundan ve mikroskobik canlıların organik maddeleri ayrıştırmasından kaynaklanmaktadır. Bir yandan fosil yakıtların kullanımının hızla artışı, öte yandan fotosentez için tonlarca karbondioksit harcayan ormanların ve bitkisel planktonların tahribi, atmosferdeki karbondioksit miktarını son 160 bin yılın en yüksek düzeyine ulaştırmıştır. Atmosferde bulunan karbondioksit konsantrasyonu fosil kaynaklı yakıtların yanması sonucunda her yıl 2.3 ppm kadar artmaktadır. Bunun üçte biri okyanus veya derin su kaynaklarınca ve bitkiler tarafından alınarak atmosferden uzaklaştırılmaktadır. Geriye kalan 1.5 ppm ise atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonuna ilave olmaktadır. Bu miktar da atmosferin ısınmasına neden olarak sera etkisini her geçen gün biraz daha artırmaktadır [49].

3.2.1.4. Metan (CH₄)

CH₄ genellikle insan aktivitelerinden kaynaklanan önemli bir gazdır. Bu gaz, organik atıkların oksijensiz ortamda ayrışması (anaerobik ayrışma) sonucunda meydana gelmektedir. Başlıca kaynakları; pirinç tarlaları, çiftlik gübreleri, çöp yığınları bataklıklar ve bazı canlılardır. CH₄ gazının ömrü 10 yıl civarında olmasına rağmen molekül başına CO₂ gazına nazaran 32 defa daha fazla sera gazı etkisi göstermektedir. Metan gazının küresel iklim değişimindeki etki payı % 13 kadardır. CH₄ konsantrasyonunu azaltıcı başlıca etken, bu gazın troposferdeki radikalleri ile reaksiyonları olup, CH₄ bu reaksiyonlar sonucunda CO₂ ve H₂O'ya dönüşür. Diğer konsantrasyonu azaltıcı etken ise CH₄ gazının oksitlenmesini izleyen stratosfere taşınmasıdır [49].

3.2.1.5. Azot Oksitler (NO_x)

NO nitrik oksit renksiz, kokusuz bir gaz olup yüksek sıcaklık altında yanma işlemi sonucunda ortaya çıkar ve yanmanın tüm şekillerinde daima meydana gelmektedir. İnsan kaynaklı NO_2 ise gübreleme gibi hareketsiz kaynaklardan olduğu gibi araçlar gibi hareketli kaynaklardan da oluşmaktadır. Genel olarak kaynakları egzoz gazları, fosil yakıtlar ve organik maddeler olarak sıralanabilir. NO ve NO_2 seklindeki atmosferik konsantrasyonların birleşik değeri NO_x ile temsil edilmektedir. Atmosferde kalıcılık süresi yaklaşık 1 gündür. Ancak $\text{NO} + \text{NO}_2$ 'nin NO_x bileşenlerinden N_2O 'nun atmosferde çok daha uzun süreler kaldığı belirlenmiştir [50]. N_2O gazının atmosferik ömrü yüzyıldan fazladır [49]. Küresel iklim değişimindeki payı % 5 olarak tahmin edilmektedir. Atmosferde doğal olarak baslıca oluşumu, azot çevriminin bir parçası olarak toprakta ve sudaki mikrobiyolojik hareketlerle olmaktadır. N_2O konsantrasyonunu azaltıcı baslıca etkenler, atmosferin stratosfer katmanında fotolizi ve oksijenle reaksiyona girmesidir. NO_x 'in en doğal kaynaklarından biri de topraktaki organik çürümelerdir. Ayrıca fotokimyasal olarak reaksiyona giremeyen NO_x bileşenleri de bu miktarlar arasında olacaktır. Azotdioksit seviyelerinin standartları aşan değerlerinin sağlığa olan ters etkilerinin yanı sıra bu kirleticilerin SO_2 ile birlikte yüksek miktarlarda bulunması insan sağlığına yaptığı olumsuz etkiyi daha da şiddetlendirmektedir. Global olarak her yıl atmosfere yaklaşık 150 milyon ton NO_x 'un salındığı hesaplanmaktadır. Bu miktarın yaklaşık yarısı doğal kaynaklardan yarısı da insani kaynaklardan gelmektedir. Bu arada NO_x 'in doğal kaynakları arasında orman yangınları, yıldırım ve topraktaki mikrobiyolojik prosesler göz önüne alınmalıdır [52].

3.2.1.6. Kloroflorokarbon Gazları (CFC-H)

Baslıca kloroflorokarbonlar CFC-11 ve CFC-12'dir. Bunlar için doğal kaynak yoktur, doğada kendiliğinden oluşmazlar. Troposferde CFC'lerin konsantrasyonlarını azaltıcı herhangi bir etken yoktur. Atmosferik ömürleri CFC-11 için 65 yıl, CFC-12 için 130 yıl civarında olduğu tahmin edilmektedir. Spreylerdeki püskürtücü gazlar, soğutucu aletlerde kullanılan gazlar, bilgisayar temizleyiciler, bu gazların başlıca yapay kaynaklarıdır. Küresel iklim değişimindeki payları %22 oranındadır. CFC

emisyonlarının cilt kanserlerinde dramatik artışlara, iklim de ise katstrofik değişikliklere yol açacağını tahmin edilmektedir. CFC'ye alternatif malzeme olarak flor ve klor yanı sıra hidrojen içeren hidrokarbon gazları, propan, butan gibi gazlar kullanılmaktadır. Montreal Protokolü' ne göre CFC ve HCFC'lerin miktarı ve ozonu seyreltme etkilerinin 2050 yılına kadar azalacağı beklenmektedir. Yapılan teknoloji değişimleri ile sadece CFC'lerin miktarındaki artış yavaşlamış olmakla birlikte bu gaza alternatif olarak kullanılan HCFC'ler artmaya devam etmektedir [52].

3.2.1.7. Hidrokarbonlar

Hidrokarbonlar; kömür, petrol, doğalgaz ve benzinin yanmasından, ayrıca da endüstriyel solventlerden meydana gelmektedir. Bu antropojenik emisyonlara dünya genelinde 100 milyon ton olarak değer biçilmektedir ve bu emisyonların doğal kaynakların sadece yirmide birini oluşturduğu tahmin edilmektedir. Dünya genelinde sadece bataklıklardan çıkan hidrokarbon emisyonları yılda yaklaşık 2 milyar tona ulaşmaktadır. Ayrıca, doymamış hidrokarbonlar ve aromatiklerin smog olayının meydana gelmesinde büyük önemi vardır. Hidrokarbonların atmosferde kalıcılık süresi tam olarak bilinmemektedir. Hidrokarbonlar zehirli değildir, ancak zararlı etkileri vardır [52].

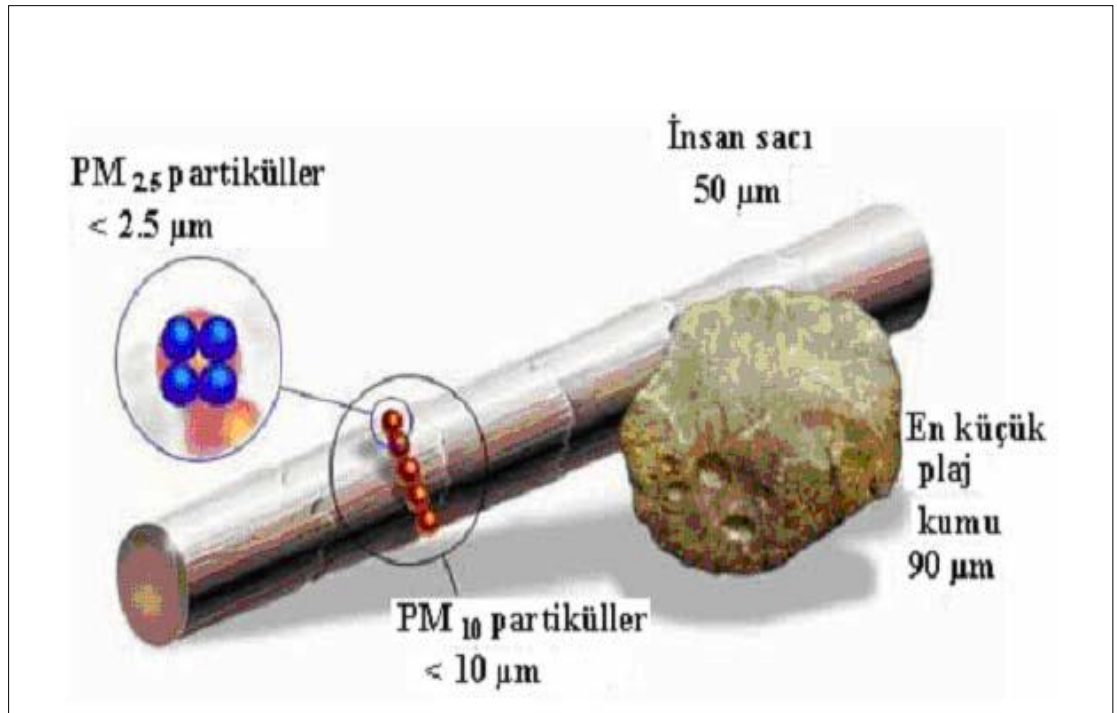
3.2.1.8. Ozon (O₃)

Atmosferdeki ozonun yaklaşık %10'u atmosferin alt katlarında troposferde bulunur. 1 m³ havada 8 mm³ kadar ozon bulunur. Yeryüzüne yakın atmosfer tabakalarındaki ozon'un başlıca kaynağı, azot oksitlerin ultraviyole ışınları ile reaksiyona girmesidir. Fotokimyasal pusun (smog) en önemli bileşeni olduğu için, bu seviyede başlıca hava kirleticilerinden biridir. Buna karşılık yaklaşık %90'nın bulunduğu stratosferdeki ozon, troposferdekinin aksine canlı yaşamında önemli rol oynar. Atmosferin üst katlarında ultraviyole ışınlarını emerek yeryüzündeki yaşam üzerinde olumlu bir etki yapar. Diğer yandan bu ışınların emilmesi nedeniyle ozon katı ortalama + 77°C sıcaklıktadır. Troposferik ozon küresel iklim değişikliğinde rol oynayan sera gazları arasında dördüncü sırada gelir. Uzun dalga boylu radyasyonun atmosferde kalmasına

atmosferin sera etkisinin artmasına neden olur. Küresel iklim değişikliğindeki sera etkisi % 7 kadardır [53].

3.2.1.9. Su Buharı

Hava içindeki miktarı yer ve zamana göre en fazla değişen gaz su buharıdır. Nemli tropikal iklimlerde hava içinde %2-3 kadar su buharı bulunabilir. Bu miktar orta enlemlerde %1, kutuplarda % 0.25'e kadar düşer. Atmosferde yükseldikçe su buharı miktarı hızla azalır. 6500 metrede yeryüzündeki miktarın ancak 1/10'u bulunur. Buna göre su buharının çoğu atmosferin alt 3-4 kilometrelik bölümünde toplanmıştır. Havadaki su buharının yaşam ve iklimler üzerinde çok önemli etkileri vardır. Küresel ısınmada sera etkisi bakımından çok önemli bir yeri vardır. Ancak yeryüzüne yakın atmosfer içindeki miktarı çok nadir hallerde yükselir. Bol miktarda bulunduğu atmosfer katmanı genellikle bulutların oluştuğu yükseklerdeki atmosfer tabakalarındadır. O nedenle daha çok güneşten gelen ışınları tutmada ve yükseklerle yansıtmada etkilidir [53].



Şekil 3.3. Partikül maddelerin boyutlarının karşılaştırılması.

3.2.2. Kirletici Tozlar (Toz Emisyonlar)

3.2.2.1. Partikül Maddeler (PM)

Partiküller, hava kirleticiler içerisinde önemli bir yere sahiptir. Partiküler madde tanım olarak, atmosferde standart şartlarda katı ya da sıvı olarak bulunan birleşmemiş su dışındaki maddelere denilir (Şekil 3.3). Bunlar 0,1 ile 100 µ arasında değişen boylarda bulunurlar. Partiküllerin başlıca kaynaklarını çimento fabrikaları, metal endüstrisi ve araçlar oluşturur. Volkanlar ise partikül emisyonları bakımından en önemli doğal kaynaktır. ABD’de yapılan istatistikler sadece endüstriyel proseslerden meydana gelen partikül emisyonlarını yılda 7,5 milyon ton olduğunu göstermiştir. EPA ise orman yangınları sonucu meydana gelen partikül emisyonlarının tüm emisyonlar içerisinde %25 olduğunu belirtmiştir. Kömür yanması ise partikül emisyonlarını %29’ una karşı gelmektedir [50].

Parçacıklar veya diğer adıyla partikül madde (PM) veya ince partikül, gazda asılı halde bulunan katı veya sıvı haldeki çok küçük parçacıklardır. Buna karşın bu isim partikül maddelerin bir arada bulunması durumunda kullanılır. Partikül maddenin yayım kaynağı doğal veya insan yapımı olabilir. Bazı partiküller volkanlardan, toz fırtınalarından, orman veya mera yangınlarından, canlı bitkilerden veya deniz serpintilerinden doğal biçimde oluşurlar. Taşıtlarda, güç santrallerinde ve çeşitli endüstriyel proseslerde fosil yakıtların kullanılması gibi insan faaliyetleri de önemli miktarlarda partikül üretimine yol açar. Küresel ortalama antropojenik partiküller (insan faaliyetleri sonucu üretilenler) şu anda, atmosferimizdeki toplam partikül miktarının yaklaşık % 10 ‘una karşılık gelmektedir [46,54].

3.3. HAVA KİRLİLİĞİNİN NEDENLERİ

Hava kirliliğinin kaynaklarını 4 grupta değerlendirmek mümkündür;

3.3.1. Isınmadan Doğan Hava Kirliliği

Ülkemizde üretilen enerji kaynaklarının %41'i konutların ısıtılması amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle kış aylarında görülen hava kirliliğinin %90'ı ısınmadan kaynaklanmaktadır. 1950'den itibaren gerçekleşen hızlı kentleşme enerji tüketimini gittikçe artırarak hava kirliliğinin ortaya çıkışında katkıda bulunmuştur. Isınmada kullanılan yakıtın yüksek oranda kükürt ve kül içermesi, binalarda ısı yalıtımının yetersiz olması yakılan kömür ve fuel-oil'in alçak bacalarda atmosfere verilmesi yakıtın tam olarak yanmaması gibi faktörlerin yanı sıra inversiyon (Sıcaklık Terselmesi) gibi meteorolojik faktörler bir araya geldiğinde hava kirliliğine katkıda bulunmaktadır [55].

Şehirlerde konut ısıtılmasında kullanılan kalorifer kazanları ve sobalarda kullanılan yakıtların başında kömür gelmektedir. Fuel-Oil kullanımı son yıllarda artış göstermiştir, ancak odun ise, az miktarda kullanılmaktadır. Bu yakıtların yakılması sonucunda, havaya karbondioksit, karbonmonoksit, azotoksit ve kükürtdioksit gibi gazlar ile, partikül şeklindeki kirlleticiler atılmaktadır. Bunlardan karbonmonoksit ve kükürtdioksit azaltılabilir, fakat şu an için alınacak diğer bazı önlemlerle, örneğin, daha az yakıt miktarı kullanılarak, karbondioksit ve azotoksitler en aza indirilebilir. Diğer yönden, bilimsel çalışmalar ve bunların sonuçları ile tespit edilmiş yönetmeliklerde, ısınma amaçlı kullanılacak yakıtlar ve bunların hangi özelliklere sahip olmaları gerektiği belirlenmiştir. Bu özelliklere uygun yakıtların ısınma amaçlı olarak kullanılması için ve şehir havasındaki kirliliğin en aza indirilmesine yönelik, diğer bazı kısıtlayıcı tedbirler alınmaktadır. Ancak uygulamadaki bazı eksiklikler sonucu, bu tedbirler gerektiği şekilde uygulanamamaktadır [49].

3.3.2. Sanayileşmeden Doğan Hava Kirliliği

Ülkemiz son yıllarda hızlı bir sanayileşme süreci içerisine girmiş ve sanayi kuruluşlarının sayısında ciddi bir artış gözlenmiştir. Hızlı sanayileşme ile birlikte ortaya çıkan çevre sorunlarının göz ardı edilmesi ile birlikte sanayi tesislerinin yoğun olduğu bölgelerde hava kirliliği çok ciddi boyutlara erişmiştir. Endüstriden kaynaklanan hava kirliliği temel olarak yanlış yer seçimi ve atık gazların yeterli tedbirler alınmadan havaya bırakılmasına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Halen İstanbul-İzmit bölgesi, Bursa, Adapazarı, Murgul, İzmir, Adana-Tarsus bölgesi, Karadeniz Ereğlisi, Karabük, Kırıkkale, Bartın endüstriden kaynaklanan kirlilikten büyük ölçüde etkilenmektedir. Sanayi açısından gelişmiş ve gelişmemiş iller kıyaslandığında kışın ısınmaya bağlı hava kirliliği nedeni ile tüm kentlerde hava kirleticileri arttığı halde; sanayi kuruluşlarının yoğun olduğu bölgelerde yaz aylarında SO₂ düzeyi belli bir düzeyi korumaktayken diğer illerde sifıra yakın düzeye inmektedir. Türkiye’de çevre kirliliğine neden olan temel endüstriler ;

- Termik Santraller,
- Çimento,
- Şeker,
- Demir Çelik,
- Petrokimya endüstrisi olarak sıralanabilir [49].

Demir Çelik tesislerinde yan ürün olan kokun elde edilmesi sırasında yüksek fırın bacasından çıkan gazlar hava kirletici özellik taşırlar [4].

Günümüzde, çevreyi tahrip edicilerin başında, plansız ve kontrolsüz gelişen endüstri olduğu iyice anlaşılmıştır. Türkiye’de de, endüstrinin yoğunlaştığı veya yer seçimindeki yanlış tutum sonucu daha önce şehirlerin yakınında iken, bugün şehir içinde üretimlerine devam eden kuruluşlara yakın bölgelerde, çok ciddi boyutlarda hava kirliliğinin olduğu görülmektedir. Bu tür hava kirlenmesinin en önemli sebepleri, endüstri tesisi için yanlış yer seçilmesi ve bu sanayi kuruluşlarının atık gazlarının arıtma işlemlerinden geçirilmeden atmosfere verilmesidir. Diğerlerine benzer, bu alanda da yapılan çalışmaların çok yetersiz kaldığı görülmektedir. Çünkü

DİE 'nün son raporunda, Türkiye' deki sanayi kuruluşlarının ancak, yaklaşık % 7 'sinin havayı kirletmediğinin tespit edildiği açıklanmıştır. Sanayi kuruluşlarına bağlı hava kirliliğinin bir bölümü, kuruluştaki kullanılan teknoloji ile ilgilidir. Maalesef birçok gelişmekte olan ülke gibi, ülkemizde de, gelişmiş ülkelerin çevre koruma nedeni ile terk ettiği teknolojiler tercih edilerek getirilmişlerdir. Birçok yerde de, şehirler ile iç içe sanayileşme yapısı, yüksek oranda hava kirliliği olarak, buralarda yaşayan toplumun sağlığına zarar vermektedir [30]. Bununla ilgili olarak, T.O.B.B. 1993 Çevre konulu raporundaki DİE verilerine göre, hava kirliliğine bağlı hastalıklardan olan ölümlerin sayısı ile o bölgede kurulmuş, hava kirliliği yapan sanayi kuruluşlarının sayısı arasında bir paralellik tespit edilmiştir [55].

3.3.3. Motorlu Taşıtların Neden Olduğu Hava Kirliliği

Şehirlerde, motorlu taşıtlardan çıkan egzoz gazlarının sebep olduğu hava kirliliğinin, hemen hemen endüstri kuruluşları ile aynı seviyede olduğu tespit edilmiştir. Örneğin, şehirlerde, hava kirliliğindeki karbonmonoksitin %70-90'ı, azotoksitin %40-70'i, hidrokarbonların %50'si ve kurşun emisyonlarının %100'ünün motorlu taşıtlardan ileri geldiği anlaşılmıştır. Özellikle motor verimini artırmak için benzine ilave edilen kurşun motor egzoz gazı ile havaya karışmaktadır. Buradan da, teneffüs yoluyla insan vücuduna girerek, tıp uzmanlarının tespitlerine göre, insan sağlığını ciddi olarak tehdit eden bir unsur olmaktadır. Kurşun, nefes alma yolu ile solunum sistemine girdikten sonra, bir kısmı doğrudan kana karışır, geri kalanı da, akciğerlerdeki temizleme mekanizmaları vasıtası ile mide bağırsak sistemine girmektedir. Beyin, böbrek fonksiyonlarını olumsuz etkiler ve hemoglobin sentezini engeller. Kurşun için hava kalitesi standart değeri 1,5 (i/m³) olarak tespit edilmiştir [57]. Dünyanın gelişmiş birçok ülkesinde, benzindeki kurşunun azaltılması yönünde ciddi tedbirler alınırken ülkemizde bu konuda yapılanların yeterli olduğunu söylemek mümkün değildir [49].

Ülkemizde tüketilen toplam enerjinin, oldukça önemli bir bölümü, motorlu taşıtlarda kullanılmaktadır. Motorlu taşıtların egzoz gazlarının hava kirliliğindeki oranını azaltmak için, TS 4236 sayılı tebliği uyarınca bazı kısıtlamalar ve tedbirler öngörülmüştür. Hava kalitesini koruma yönetmeliğinde ise, taşıtların uyması gereken

kurallar 47. madde ile verilmiştir. Bu konuda, birçok ülkede ciddi çalışmalar yürütülmektedir. Bunları, aşağıdaki şekilde üç bölüm halinde değerlendirmek mümkündür;

- Motorlu taşıtların, motor verimini artırarak enerji tüketimini azaltmak,
- Motorda, tam ve mükemmel yanmanın gerçekleşmesini sağlamak ve diğer taraftan egzoz gazlarını filtreden geçirerek, hava kirliliğine neden olmayacak şekilde sokmak,
- Motorlu taşıtlarda, enerji olarak, doğalgaz, hidrojen, elektrik enerjisi gibi diğer enerji türlerinin kullanılmasını sağlamak [49].

3.3.4. Doğal Kaynaklardan Doğan Hava Kirliliği

3.3.4.1. Nüfus ve Şehir Merkezinin Yapılanma Durumu

Yakma sistemlerini çevreleyen topografik yapı (dağlar, yüksek binalar, çatı vb.) hava akımını engelleyebilmekte ve bacadan yayılan kirleticilerin atmosfere karışarak uzaklara dağılmasını zorlaştırmaktadır. Yakma sistemleri için yer seçiminde, kentsel ve endüstriyel planlamalarda topografik yapı, hava kirliliği yönünden önemlidir [58].

3.3.4.2. Atmosferik ve Meteorolojik Koşulların Etkisi

Rüzgar: Hava kirleticilerinin taşınması ve seyrelmesinde rüzgar önemli bir faktördür. Bu nedenle özellikle kış aylarında sakin rüzgar değerleri hava kirliliğinin artacağını gösterir. Rüzgarlar zararlı emisyonları kaynağından uzaklaştırır. Hava kirlilik emisyonunu azaltmada şiddetli rüzgar istenilen bir durumdur [58].

Sıcaklık: Kış aylarında ısınma ihtiyacının artmasına bağlı olarak kirleticilerin miktarı artmaktadır. Sıcaklık farklılıklarına bağlı olarak değişimler göstermesinden dolayı sıcaklık, hava kirliliğinin artması ve azalmasında önemli meteorolojik faktörlerden biridir [58].

Basınç: Çok yavaş hareket eden yüksek basınç merkezleri, bulunduğu bölge üzerinde kirletici konsantrasyonların artmasına sebep olur [58]

İnversiyon (Sıcaklık Terselmesi): Normalde yeryüzünde yükseklerle çıkıldıkça, sıcaklık her 200 metrede 1°C azalır. Ancak bazı durumlarda yerden yükseldikçe sıcaklık azalmaz, tersine artar. İşte bu olaya sıcaklık terselmesi (inversiyon) denir. Sıcaklık terselmesi daha çok soğuk kış mevsiminde görülür. Yeryüzünün karla örtülü olduğu, durgun ve bulutsuz kış gecelerinde yerden yansıma çok olduğundan yeryüzü çok soğur. Oysa yerden yüksek olan katmanlarda, soğuma bu kadar hızlı gerçekleşmediğinden, bu katmanlar yeryüzüne oranla sıcak kalır. Bu nedenle yukarı çıkıldıkça hava soğuyacağı yerde, belirli bir yükseltiye kadar ısınır. İnversiyonlu günlerde bacadan atılan sıcak kirletici gazlar yer seviyesinde tutulabilir ve birikebilir [59]. Bu durumda bacadan ve egzozlardan atılan kirleticiler inversiyon tabakası içinde veya altında tutulur ve birikmeye başlar. Bacadan atılan kirletici miktarı azaltılmıyorsa ve inversiyon süresi de uzuyorsa o bölgede ciddi sonuçlara varabilecek hava kirliliği problemi yaşanabilir. Dünyada çeşitli tarihlerde büyük facialarla sonuçlanmış inversiyon olayları meydana gelmiştir. Bunlardan en büyüğünde 1952 yılında Londra'da 5000 kişi ölmüş ve binlerce kişi kalıcı solunum sistemi rahatsızlıklarına yakalanmıştır [58]. Türkiye'de ise en büyüğü 1993 yılı kış ayında İstanbul Fatih ilçesinde meydana gelmiştir. Burada tespit edilen SO₂ değerinin birkaç gün ortalaması 2.000 mg/m³ değerinin üstündedir [59].

3.3.4.3. Şehirlerde Yeşil Alanların Azalması

Şehirlerdeki yeşil alanları yeterli seviyeye getirerek, toprak, su ve havanın kalitesinin korunması sağlanabilir. Bilindiği gibi ağaç yaprakları sayesinde, havadaki toz ve kükürtdioksit tutulmaktadır. Bunun yanında, fotosentez yolu ile de, karbondioksit harcanarak atmosfere oksijen verilmektedir. Şehir planlaması ve yerleşimdeki insan yoğunluğuna göre, bilimsel veriler esas alınarak açık ve yeşil alanların hangi ölçülere uygun olması gerektiği tespit edilmiştir. Ancak, günümüzde şehirlerde bulunması gerekli bu yeşil alanlar, gerek plansız şehirleşme ve gerekse arsa spekülasyonu sonucu, oldukça yetersiz durumdadır [49].

3.4. HAVA KİRLİLİĞİNİN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Hava kirliliği; soluduğumuz dış havada Kükürdioksit (SO₂), Partiküler Madde üzerinde olumsuz etkileri yapacak düzeylerde olması şeklinde tanımlanabilir. Bu kirlilik atmosferde doğal süreçleri bozmakta ve toplum sağlığını olumsuz yönde etkilemekte olup, dünyada son 30 yıldır hava kirliliği düzeyleri düzenli olarak izlenmesine ve mücadele edilmesine rağmen, özellikle büyük metropollerde kirlilik düzeyleri halen güvenli kabul edilen sınırların üzerinde seyretmektedir. 1980' li yıllara kadar dünyada 1.3 milyar kişinin hava kalite standartlarının üstünde kirlilik içeren şehirlerde yaşadığı saptanmıştır. Partikül Maddelerin bileşimine bakıldığında birden fazla kirleticiden ibaret olduğu; aerosol, duman, is, yanma ürünleri, toz, deniz tuzu ve polen gibi maddelerden oluştuğu görülmektedir. Aerosol halinde bulunan partikül maddelerin en yaygın olanını sülfirik asit, sülfat ve nitrat tuzları oluşturmaktadır. Solunum yollarına alınan partikül maddelerin 10µm'den büyük kısmı burun ve nazofarenkste tutulmakta, 10 mikrondan küçük kısmı ise bronşlarda birikirken, 1-2 mikron çapındakiler alveollerde toplanmakta, 0.5 mikron çapındaki partiküller ise alveollerden intrakapiller aralığa diffüze olmaktadır. Gaz kirleticilerden (SO₂), burun ve farenkste elimine edilirken, suda çözünür olmayan gazlardan (O₃) ve (NO₂), solunum sisteminin derinliklerine ulaşabilmektedir. Karbonmonoksit (CO) ise alveoler kapiler membranda diffüzyona uğrayarak hemoglobine bağlanmaktadır. Hava kirleticilerinin sağlık üzerindeki akut ve kronik etkileri özellikle büyük kentlerdeki morbidite ve mortalite çalışmalarıyla son 20 yılda yoğun olarak literatürde yer almaktadır [60].

Hava kirleticileri ile yapılan insan laboratuvar çalışmalarında genel olarak; hava kirleticilerinin vizing, dispne, göğüste sıkışıklık gibi septomlara yol açtıkları, spirometrik testlerde (FEV₁, FVC, FEF 25-75) genel olarak bir düşmeye neden oldukları, nonspesifik hava yolu reaktivitesinde artışa sebep oldukları görülmüştür. (O₃), ile yapılan çalışmalarda, bu gaza maruziyet sonrasında normal bireylerin hava yolu permabilitesinin arttığı, hava yolu sıvılarında inflamatuvar hücre ve mediatör düzeyinde artış olduğu bildirilmektedir [61, 62].

Fosil kökenli yakıt kullanan enerji üretim tesislerinden kaynaklanan hava kirliliğinin “İnsan Sağlığına Etkileri“ aşağıdaki başlıklar altında toplanmaktadır;

- Akciğer Kanseri
- Bronşit
- Kronik Bronşit
- Raşitizm
- Eklem Romatizması
- Kalp Hastalıkları
- Göz Yanmaları
- Nefes Darlığı
- Vücudun direncinin zayıflaması
- Kirli havanın altında yaşayan insanlarda ihtiyarlama belirtileri görülmesi
- Romatizma
- Hava kirliliği içinde yaşayan insanlarda cinsiyet bozukluğu başlaması
- Suç işleme oranında artış, sinirlilik, ruhsal bozukluklar vb.
- Kan zehirlenmesi başlar. Hamile kadınlarda zehirlenme oranı yüksektir [49].

Kükürtdioksit, partiküller madde ve asit aerosolleri doğrudan doğruya solunum yollarını etkiler. Kükürtdioksit ve atmosferdeki ürünleri iritan etki gösterirler. Solunan yüksek konsantrasyondaki kükürt dioksitin %95 ‘i üst solunum yollarından absorbe olur. Bunun sonucu olarak, bronşit, anfizem ve diğer akciğer hastalık semptomları meydana gelir. Azotdioksitin bulunduğu ortamlarda diğer kirleticilerin ve özellikle ozonun bulunması durumunda, bu kirleticiler arasında oluşan reaksiyonlar nedeniyle insan sağlığında olumsuz etkileşimlerin arttığı belirlenmiştir. Havadan solunum yolu ile alınan partiküllere ek olarak, yenilen yiyecekler, içilen su aracılığı ile de önemli miktarda metalik partikül maddeler vücuda alınmaktadır. Kurşun tetraetil veya tetrametil gibi organik bileşenlerin yakıt katkı maddesi olarak kullanılmaları nedeniyle ortaya çıkan kirleticilerin yetişkinlerde geri dönüşümü mümkün olmayan beyin hasarları meydana getirdiği belirlenmiştir [63].

Partikül Maddelerin Genel Sağlık Etkileri; sağlık üzerine etkisi partikül büyüklüğü ve konsantrasyonuna bağlıdır [37]. Kanser Yapıcı organik kimyasallar (PAH, Dioksin, Furan gibi) içeren partikül maddeler sağlık açısından çok tehlikelidir. Bir çok farklı bileşenden oluşmuş olan partikül maddeler akciğerdeki nemle bileşerek aside dönüşmektedir [64]. PM, akciğere kadar ulaşır, kanın içindeki karbondioksitin oksijene dönüşümünü yavaşlatmakta buda nefes darlığına neden olmaktadır[65].

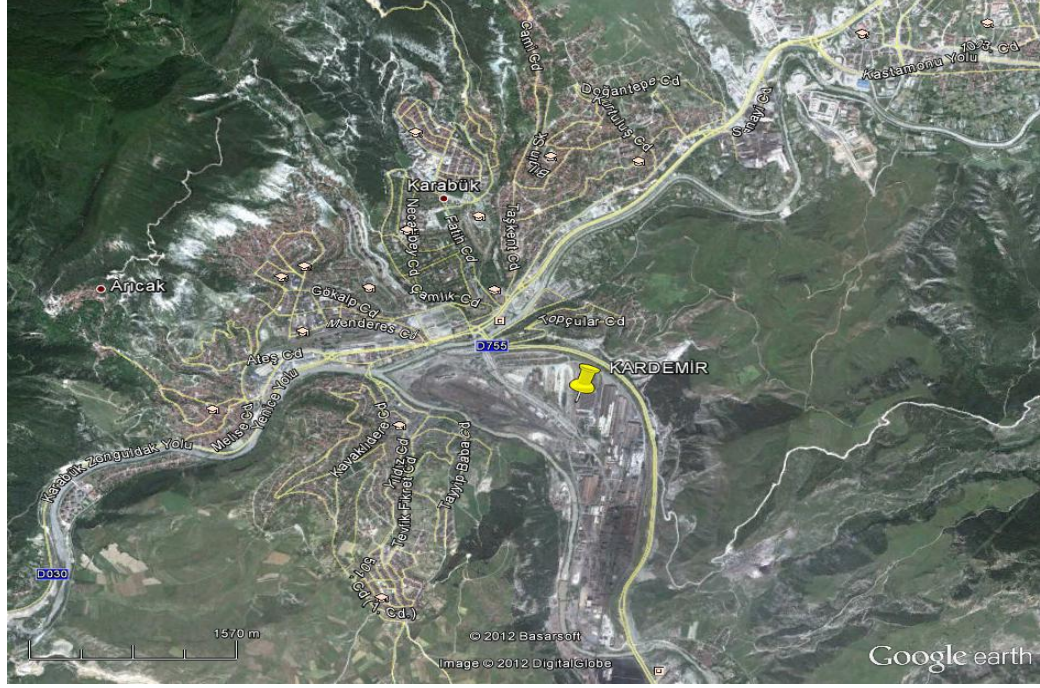
BÖLÜM 4

KARABÜK'TE DOĞALGAZ

4.1. KARABÜK İLİ GENEL DURUMU

4.1.1. Karabük'ün Coğrafi Konumu ve İklim Özellikleri

Karadeniz Bölgesinin, Batı bölümünde yer alan Karabük ili, $40^{\circ}57'$ ve $41^{\circ}34'$ kuzey enlemleri ile $32^{\circ}04'$ ve $33^{\circ}06'$ doğu boylamlarının arasında yer alır. Yüzölçümü 4145 km^2 olup kuzeyde Bartın (80 km), kuzey doğu ve doğuda Kastamonu (120 km), güneydoğuda Çankırı (195 km), güney batıda Bolu (130 km), batıda Zonguldak (170 km), illeriyle komşudur. Karabük ili Merkez ilçe, Eflani, Eskipazar, Ovacık, Safranbolu ve Yenice olmak üzere 6 ilçeden oluşmuştur ve il merkezinin rakımı 278 metredir. Karabük ilinde coğrafi yapı engebeli olup büyük düzlükler görülmez ve etrafı yüksek tepelerle çevrili, havza karakteri gösterir. Ortalama 250-500 m yüksekliğe sahiptir. Kuzeyde dağlık alanlardan kaynaklanan dereler, şehre doğru taşıdıkları maddelerle alüvyal dolgu oluşturmuştur. Doğuda Safranbolu'ya doğru yükselti artarak 600 m'yi bulur. Dağlar, Kuzey Doğu Anadolu Dağları'nın bir parçası olduğundan kıvrımlı yapıdadır ve 2000 m yüksekliği geçmezler. İlçelerde en önemli yükseltiler Merkez ilçede Keltepe (2000m), Eskipazar'da Hodulca Dağı (1700m), Eflani'de Tepe Dağ (1043m), Ovacık'ta Kıraç Tepesi (1400 m), Safranbolu'da Sarıçiçek Tepesi (1750m) ve Yenice'de Keçikıran Tepesi (1400m) dir. Vadi tabanlarında geniş olmamakla birlikte tarıma müsait araziler bulunmaktadır. Nüfusun büyük kısmı vadi tabanlarına yakın alanlarda yoğunlaşmıştır. Karabük'ün toplam alanının 93.020 hektarını tarım toprakları, 271.403 hektarını ormanlar, kalan kısmı ise mera yerleşim yeri ve diğer alanlar oluşturmaktadır. Bu verilere göre Karabük 'ün %65,48'ü ormanlarla kaplıdır. İlin, en önemli akarsuyu, Filyos ırmağıdır [66,67].



Şekil 4.1. Karabük ili genel görünüş.

Karabük ili kurak, kışı soğuk Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Yıl içerisinde en fazla yağış ilkbahar (92,0mm, % 31,2) mevsiminde gözlenirken, en düşük yağış ise yaz (53,3mm, % 18,1) mevsimindedir. Yağış rejimi İ.K.S.Y (İlkbahar-Kış-Sonbahar-Yaz) şeklinde gösterilir. Ortalama toplam yağış miktarına bakıldığında Karabük ilinde yıllık yağış miktarının 294,4 mm olduğu görülmektedir. En fazla yağış alan aylar 37,7 mm ile Mayıs ve 36,1 mm ile Aralık; en az yağış alan aylar ise 13,3 mm ile Eylül ve 13,6 mm ile Temmuz, Ağustos'tur. Karabük'te kısmen Oseyanik iklimin özellikleri görülse de, kıyıda içeride kaldığı için, Karadeniz 'in nemli havasından yeterince yararlanamamakta ve Akdeniz ikliminin özellikleri daha ağır basmaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık 13,2C° dolaylarındadır. En yüksek ortalama sıcaklık değeri 23,4°C ile Temmuz ayında, en düşük ortalama sıcaklık 2,9°C ile Ocak aylarında görülmektedir (Şekil 4.1) [59].

4.1.2. Karabük'ün Sosyal Yapısı



Şekil 4.2. Karabük Demir Çelik Fabrikası.

Karabük Demir Çelik Fabrikasının 1939 yılında kuruluşundan sonra bünyesinde bulunan çalışanların değişik çevrelerden göç etmesi ile oluşmuş bir sanayi kentidir. 1937'de 13 haneli bir köy olan Karabük, Demir Çelik Fabrikasının KARDEMİR'in kurulması ile birlikte önce belde, sonra kaza ve 1994 yılında da il olmuştur. Demir Çelik Fabrikası ve bölgedeki diğer sanayi kuruluşları, konut/mesken ve diğer iş yerlerinden daha önce kurulmuştur (Şekil 4.2). Şehrin gelişimi sürecinde, ulaşımın günümüzdeki kadar kolay olamamasından dolayı yapılaşma iç içe gelişmiştir. Zaman içerisinde hava kirliliğini artıran diğer sanayi kuruluşları, konutlar, iş yerleri, sağlık kurumları, eğitim kurumları, kamu kurum ve kuruluşları ile aynı merkezde gelişmiştir. Karabük ili, çevresi yüksek rakımlı tepe ve dağlarla çevrilmiş olup, adeta üç tarafı kapalı doğal bir sera görünümündedir [68,69].

Yüksek tepe ve dağlar şehrin rüzgar hızını kesmekte ve merkezinde rüzgarın kendisi de türbülanslı olmaktadır. Bu doğal şartlar altında şehrin bir köşesinde ortama atılan kirletici maddeler şehrin her bölgesine yayılmaktadır [69].

4.1.3. Karabük'te Hava Kirliliği

Karabük Partikül Madde emisyonu bakımından Türkiye'deki iller sıralamasında ilk sıralarda yer almaktadır [80]. Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TUİK) yapılan açıklamaya göre, 2007-2008 kış sezonunda kükürtdioksit (SO₂) ve partikül madde (PM₁₀) ortalamalarının en yüksek olduğu il ve ilçe merkezlerinin belirlendiği bildirildi. TUİK' in açıklamasında şu bilgilere yer verildi: Kış sezonunda kükürtdioksit (SO₂) ortalamalarının en yüksek olduğu iller sırayla Hakkari, Bitlis, Çanakkale, Van ve Kars'tır. Aynı dönemde partikül madde (PM₁₀) ortalamalarının en yüksek bulunduğu il ve ilçeler ise kirlilik sırasına göre Karabük, Afyon, K.Maraş (Merkez), K.Maraş (Elbistan) ve Iğdır'dır.

Karabük ilinde özellikle kış aylarında havadaki miktarı daha da artan SO₂ ve PM₁₀ emisyonlarının ana kaynaklarından bazıları şunlardır: Entegre demir çelik tesislerine sahip KARDEMİR, cüruf depolama ve işleme alanı, fabrika mamullerini işleyen haddehaneler, ısınma amaçlı kullanılan düşük kaliteli yakıtlar ve zemin kaplamaları uygun olmayan yollardır. Ülkemizdeki kömürlerin yüksek kükürt ve kül ihtiva ediyor olması beraberinde (SO₂) ve (PM₁₀) kirliliğini getirmektedir [69].

4.1.4. Karabük'te Doğalgaz Kullanımı

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK) tarafından Kastamonu - Karabük - Çankırı Doğalgaz Dağıtım Bölgesi ihalesi 16 Haziran 2005 tarihinde yapılmıştır. İhaleyi 0,069 cent/kwh "Birim Hizmet Amortisman Bedeli "karşılığı ÇEDAŞ kazanmıştır. Kastamonu -Karabük -Çankırı Doğalgaz Dağıtım Bölgesinde KARGAZ Doğalgaz Dağıtım San. Ve Tic. A.Ş olarak yapılanmaya gidilmiş, EPDK'nun 09/02/2006 tarih ve DAG 656/01/116 numaralı lisans ile Çankırı, Kastamonu, Karabük illeri ve 5 ilçede (Korgun, Gerede, Safranbolu, Tosya, Seydiler) 30 yıl süreyle Doğalgaz Dağıtım Lisansı alınmıştır [17].

KARGAZ Karabük'te 29 Ekim 2009 tarihinde Yücel Huzur Evi'nde ilk gaz verme törenini büyük bir katılımı ile gerçekleştirmiştir. Bugüne kadar şehrin vitrini olarak

nitelendirilen bölgeler ile yerleşimin yoğun olduğu mahallelerdeki doğalgaz çalışmaları büyük oranda tamamlanmıştır [70].

4.1.5. Karabük'te Doğalgaz Ticareti ve Doğalgazın Son Kullanıcıya Sunumu

ÇEDAŞ (Çorum Elektrik ve Doğalgaz Ticaret Anonim Şirketi), 2007 yılında KARGAZ adlı firmasıyla doğalgaz ticaretine başlamıştır. O yıllarda tüm doğalgaz ticaretini BOTASŞ aracılığı ile gerçekleştiren KARGAZ, 2010 yılı Ekim ayında ÇEDAŞ'in ithalat şirketi HATTUŞA Enerji ile doğalgaz ticaretine önemli bir adım atmıştır. 2011 yılı doğalgaz alımlarının %90'ını HATTUŞA Enerji Şirketinden ve %10'ini BOTASŞ 'tan alan ve dağıtım firmaları aracılığı ile tüketicilerine daha ekonomik gaz sevkiyatını gerçekleştiren KARGAZ, 2012 yılında da doğalgaz alımlarının %82'sini HATTUŞA Enerji şirketinden ve %18'ini BOTASŞ'tan tedarik etmektedir. Şu anki ticarete HATTUŞA Enerji Şirketi doğalgazı çeşitli araçlardan, bu araçlar ise Rus GASPROM şirketinden almaktadır. Türkiye'ye ana iletim şebekeleri vasıtası ile 6 giriş noktasından giren doğalgaz, BOTASŞ ve HATTUŞA Enerji şirketleri vasıtasıyla mülkiyeti doğalgaz dağıtım şirketine ait olan ve şehir girişlerinde bulunan RMS-A istasyonlarına ulaştırılır. Karabük'te de RMS-A istasyonu Belen Köy mevkiinde bulunmaktadır (Şekil 4.3). Bu istasyonlarda basınç düşürme, ısıtma ve kokulandırma gibi işlemlerden geçen doğalgaz, şehir içi hatlarıyla mahallelerde bulunan bölge regülatörlerine bu regülatörlerden de bina önlerinde bulunan servis kutularına, sonrasında ise son kullanıcıya ulaştırılır [70].



Şekil 4.3. KARGAZ RMS-A istasyonu.

4.1.6. KARGAZ Doğalgaz Tüketim Miktarlarından Bazı Veriler

Çizelge 4.1. Abone tüketim miktarları [70].

	2010 Tüketimi	2011 Tüketimi	2012-2020 Tüketim Tahmini
KARGAZ	33 milyon m ³	54 milyon m ³	900 milyon m ³

Çizelge 4.2. Serbest tüketici tüketim miktarları [70].

	2010 Tüketimi	2011 Tüketimi	2012-2020 Tüketim Tahmini
KARGAZ	----	34 milyon m ³	500 milyon m ³

2008 yılında yeni başlayan yatırım çalışmaları ile birlikte, 2011 yılının sonuna kadar geçen süre zarfında, 125.000.000 m³ doğalgaz satışı gerçekleştirmiştir. Grup şirketi haricinde diğer enerji şirketlerine gaz satışlarının başlaması ve yeni kurulan kojenerasyon ünitelerinin devreye alınmasıyla KARGAZ'ın doğalgaz satış kapasitesi artacaktır [83].

Çizelge 4.3. Çelik ve polietilen hat uzunlukları [70].

	Çelik Hat	Polietilen Hat
KARGAZ	38.000 metre	450.000 metre

Çizelge 4.4. Çelik ve polietilen vana sayıları [70].

	Çelik Vana	PE Vana
KARGAZ	55 adet	470 adet

Çizelge 4.5. Servis hattı uzunlukları [70].

	SERVİS HATTI
KARGAZ	193 km

Çizelge 4.6. Sayaç sayıları [70].

	SAYAÇ SAYISI
KARGAZ	72.250 adet

Çizelge 4.7. Karabük ilinde doğalgaz abone durumunun gösterilmesi [70].

	Karabük(Merkez) Abone Sayısı	Safranbolu Abone Sayısı	Toplam Abone Durumu
2009	437	0	437
2010	6588	2083	8671
2011	16511	7991	24502
2012	7701	2471	10172
Toplam	31237	12545	43782



Şekil 4.4. Karabük halkı 2009 yılında doğalgaz kullanmaya başladı.

BÖLÜM 5

METERYAL VE METOD

Bu çalışma, Karabük il merkezi için 2006-2012 yılları arasındaki yıllık hava kirliliği ölçümlerinde elde edilen (SO₂) ve Partikül madde (PM₁₀) değerleri dikkate alınarak hazırlanmıştır. Karabük İl Çevre ve Orman Müdürlüğü ve Karabük Belediyesi ile ortak çalışmadır. Çalışmada Karabük İl Çevre ve Orman Müdürlüğü'nün elde ettiği (SO₂) ve (PM₁₀) ölçüm değerleri kullanılmıştır. Karabük'teki hava kalitesi ölçüm istasyonlarında yapılan ölçümlerde (SO₂) için TS 2360 [74], havadaki (PM₁₀) için TS 2361 [75] standartlarına göre çalışan sistemler uygulanmaktadır. Bu çalışmada; Karabük Valiliği binasında yapılan ölçümler ile elde edilen hava kirliliği verileri kullanılmış olup, bu veriler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Hava kalitesi izleme istasyonları web sitesinden [76] alınmıştır. Hava kirliliği verileri günlük ortalama veriler olup, kütle konsantrasyonu (µg/m³) cinsindedir.

Hava kalitesi izleme çalışmaları; kirlilik kaynakları ve dağılımını belirlemek, uygun kontrol stratejilerinin geliştirilmesi ve bu stratejilerin etkinliğini kontrol etmek açısından büyük önem taşımaktadır [77]. Karabük'te 2 adet hava kalitesi izleme istasyonu mevcuttur. Bu istasyonların ikisi de il merkezinde bulunmaktadır. Bunlardan Karabük-I İstasyonu Çevre Bakanlığı'nın kurmuş olduğu istasyondur ve Karabük Valilik binasındadır. Bu istasyon bakanlığın on-line sistemine bağlıdır ve 24 saat havadaki kükürtdioksit ve Partikül madde değerlerini on-line olarak izleme fırsatı vermektedir. Karabük-II İstasyonu ise yeni bir çalışmadır (Şekil 5.1) ve Çevre Bakanlığı'nın önerdiği şekilde Ağustos 2012 de KARDEMİR yetkililerince işletme içerisine ve kapı girişine kurulmuş, yerleştirilen cihazlarla ölçüm yapılmaya başlanmıştır (Şekil 5.2) [71]. KARDEMİR içerisindeki hava kalitesi ölçüm cihazının (SO₂) ve (PM₁₀) dışındaki baca gazlarını da ölçmesi hedeflenmektedir. Ancak KARDEMİR içerisine kurulan hava kalitesi ölçüm istasyonu henüz bakanlığın online

sistemine aktarma yapamamaktadır. Bu konudaki çalışmalar sürmektedir. Bahse konu ölçüm istasyonlarında bulunan ve tam otomatik sistemle çalışan ölçüm cihazlarıyla (SO₂) ve (PM₁₀) ölçümleri yapılmaktadır.

Karabük Valilik binasındaki Çevre Bakanlığı'nın kurmuş olduğu sabit ölçüm istasyonu, 2005 tarihi itibarıyla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağına entegre edilmiş olup, ölçüm istasyonlarından toplanan ölçüm verileri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Referans Laboratuvarı Veri İşletim Merkezine aktararak izlenmekte ve www.havaizleme.gov.tr adresinde eşzamanlı olarak yayınlanmaktadır.

Kirletici maddelerin havaya karışması için kaynak, taşıyıcı ortam ve alıcı ortamın bulunması gerekmektedir. Alıcı için hava kalitesinin ve sınır değerinin ne olması gerektiği 6 Haziran 2008 tarihli Resmi Gazete de yayınlanan “ Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği “ çerçevesinde belirtilmiştir. 06 Haziran 2008 tarih ve 26898 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’nin amacı; hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini tanımlamak ve oluşturmak, tanımlanmış metotları ve kriterleri esas alarak hava kalitesini değerlendirmek, hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumak ve diğer durumlarda iyileştirmek, hava kalitesi ile ilgili yeterli bilgi toplamak ve uyarı eşikleri aracılığı ile halkın bilgilendirilmesini sağlamaktır [73].

Genellikle hava kalitesi sınır değerleri; Uzun Vadeli Sınır Değerler (UVS) ve Kısa Vadeli Sınır Değerler (KVS) olmak üzere iki şekilde tanımlanmaktadır. UVS, hava kirliticilerinin düşük miktarlarının uzun sürede solunmasıyla ortaya çıkan kronik etkiler için verilen üst sınır değerlerini gösterir. KVS ise, kısa sürede hava kirliticilerinin yüksek derişimlerinin solunmasıyla ortaya çıkan kısa süreli akut etkiler için belirtilen sınır değerleri göstermektedir [72].

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’ne göre 2011-2012 kış sezonu için Uzun Vadeli Sınır Değeri (UVS) (PM₁₀) parametresinde 112 µg/m³, (SO₂) parametresinde ise 150 µg/m³’dir (Çizelge 5.1).

2005 yılından önce hava kalitesi ölçümleri Sağlık Bakanlığı tarafından yarı otomatik cihazlarla yapılmakta ve ölçüm sonuçları en erken 24 saat sonra alınabilmekte idi. Sağlıklı çözümler üretebilmek için sağlıklı ölçümler yapmak gerekir; bu da ancak tam otomatik cihazlarla, sürekli olarak hava kalitesinin izlenmesi ile mümkündür (Şekil 5.3). Bu amaçla Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Türkiye genelinde Hava Kalitesi İzleme Ağı kurmayı hedeflemiş ve öncelikle hava kirliliğinin yoğun olduğu iller dikkate alınarak 2005 yılında 36 ilde hava kalitesi ölçüm istasyonu kurulmuş ve Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı oluşturulmuştur. Hava Kalitesi İzleme Ağı'nın 81 ile yaygınlaştırılması kapsamında 2007 yılında 45 ile daha hava kalitesi ölçüm istasyonları kurulmuştur. Bugün itibariyle toplam 116 noktada hava kalitesi ölçümü yapılmaktadır. Ayrıca Bakanlığımıza ait olan 3 adet mobil hava kirliliği ölçüm aracı da sisteme entegre durumda olup, illerden gelen talepler doğrultusunda belli bir süre ölçüm yapmak üzere, il ve ilçelere sevk edilmektedir. Ölçüm istasyonları ısınmadan kaynaklanan kirliliği ölçmek amacıyla kurulmuştur [78].

Tam Otomatik Cihazlarla ölçüm yapmak önemlidir. Kirleticilerden insanların olumsuz yönde etkilenmemesi için en kısa sürede kirlilik seviyesinin bilinerek eyleme geçilmesi ve sağlıklı ölçüm yapan tam otomatik cihazlarla, sürekli olarak hava kalitesinin izlenmesi gereklidir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Parametrelerin ölçüm yöntemleri, ölçüm ve kalibrasyona aralıkları.

Parametreler	Ölçme Yöntemi	Ölçüm Aralığı	Kalibrasyon Aralığı
SO ₂	UV Floresans Yöntemi	Programlanabilir (10.000 ppm'e kadar)	Ayda bir
PM	Beta ışını Absorbsiyon Yöntemi	Kullanılan filtre şeridi, yüksek sayıda partikül toplama işlemine imkan tanımaktadır (1200)	Altı ayda bir



Şekil 5.1. KARDEMİR hava kalitesi izleme istasyonları.



Şekil 5.2. KARDEMİR hava kalitesi ölçüm laboratuvarı iç görünüm.



Şekil 5.3. Hava kalitesi ölçüm istasyonu ve cihazları.

Çizelge 5.2. SO₂ ve PM₁₀ için geçiş dönemi uzun vadeli ve kısa vadeli sınır değerleri ve uyarı eşikleri [73].

Kirletici	Ortalama Süre	Limit Değer	Sınır Değerin Yıllık Azalması	Uyarı Eşiği (verilen değerler 24 saatlik ortalamalardır)
SO ₂	Saatlik	900 µg/m ³		
	-KVS- 24 saatlik % 95/yıl -insan sağlığının korunması için	400 µg/m ³	Sınır değer 01.01.2008 tarihinde başlayarak 01.01.2014 tarihine kadar 200 µg/m ³ (sınır değerinin %50'si) olana kadar her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	
	Kış sezonu ortalaması (1 Ekim-31 Mart) -insan sağlığının korunması için	250 µg/m ³	Sınır değer 01.01.2008 tarihinde başlayarak 01.01.2014 tarihine kadar 125 µg/m ³ (sınır değerinin %50'si) olana kadar her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	İlk seviye 500 µg/m ³
	Hedef sınır Değer (Yıllık aritmetik ortalama)	60 µg/m ³		İkinci seviye 850 µg/m ³
	Hedef sınır Değer Kış sezonu ortalaması (1 Ekim-31 Mart)	120 µg/m ³		Üçüncü seviye 1100 µg/m ³
	-UVS- yıllık -insan sağlığının korunması için	150 µg/m ³		Dördüncü seviye 1500 µg/m ³
	-UVS- yıllık -hassas hayvanların, bitkilerin ve nesnelerin korunması için	60 µg/m ³	Sınır değer 01.01.2008 tarihinde başlayarak 01.01.2014 tarihine kadar 20 µg/m ³ (sınır değerinin % 33'ü) olana kadar her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	
PM ₁₀ ¹	-KVS- 24 saatlik % 95/yıl -insan sağlığının korunması için	300 µg/m ³		İlk seviye 260 µg/m ³
	Kış sezonu ortalaması (1 Ekim-31 Mart) -insan sağlığının korunması için	200 µg/m ³	Sınır değer 01.01.2008 tarihinde başlayarak 01.01.2014 tarihine kadar 90 µg/m ³ (sınır değerinin % 45'i) olana kadar her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	İkinci seviye 400 µg/m ³
	-UVS- yıllık -insan sağlığının korunması için	150 µg/m ³	Sınır değer 01.01.2008 tarihinde başlayarak 01.01.2014 tarihine kadar 60 µg/m ³ (sınır değerinin % 40'i) olana kadar her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	Üçüncü seviye 520 µg/m ³
				Dördüncü seviye 650 µg/m ³

¹: PM₁₀, asılı partikül madde-siyah duman olarak ölçülebilir. Siyah duman değerlendirmesi ve gravimetrik birimlere çevrimi için, hava kirliliğini ölçme metotları ve anket teknikleri üzerine çalışan OECD grubunun standartlaştırdığı metot (1964), referans metot olarak alınır.

Esas hava kirliliğine neden olan SO₂ ve PM₁₀ miktarlarının sınır değerleri, değerlendirme ve uyarı eşikleri Çizelge 5.2’de gösterilmektedir. Buradaki (PM₁₀) ifadesi; Arsenik, Nikel ve Benzo(a)piren element ve bileşiklerinin toplam miktarını göstermektedir [86]. (PM₁₀) içerisinde insan sağlığını ciddi şekilde tehdit edici ve ölümlere sebebiyet verebilecek bileşikler bulunmaktadır. Hava kirliliğini önleme çabaları sonucu canlı ve insan sağlığını ciddi derecede tehdit eden bu bileşiklerin değerleri zamanla Dünya Sağlık Örgütü’nün öngördüğü değerlere getirilebilir.

Çalışma kapsamında Karabük İl Çevre ve Orman Müdürlüğü’nden alınan veriler derlenerek Karabük İl merkezi için 2006-2012 arası kış sezonu hava kirliliği profili çıkarılmıştır.

Çizelge 5.3. 2006–2012 yılları arasında ölçülen kış sezonu SO₂ (µg/m³) değerleri.

KIŞ SEZONU	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	Kış Sezonu Ortalaması
2006–2007	68	86	89	75	77	60	76
2007–2008	27	50	56	54	44	34	44
2008–2009	21	47	44	40	42	44	40
2009–2010	26	30	55	53	41	30	39
2010-2011	5	27	29	29	27	20	22
2011-2012	11	30	25	15	13	16	18

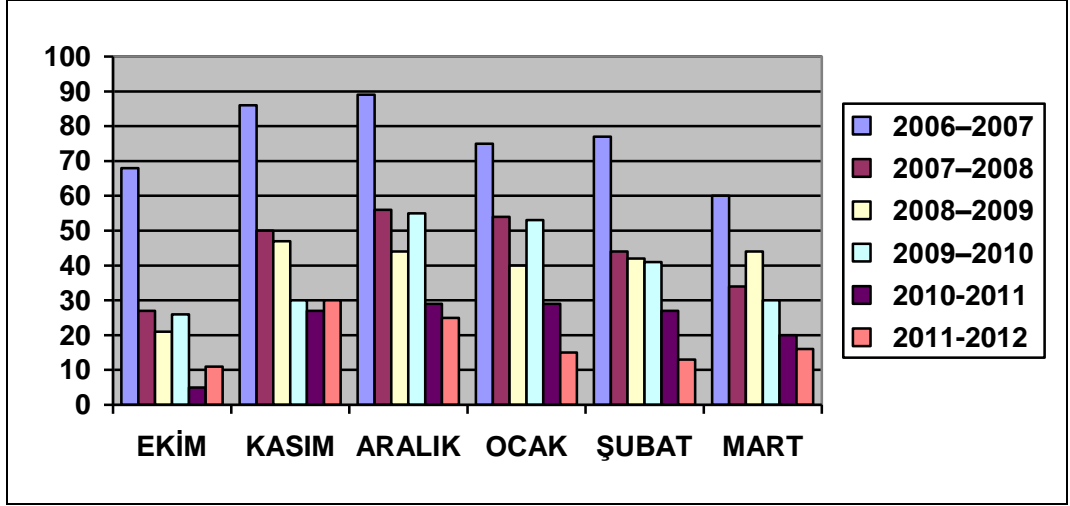
Çizelge 5.3’de 2006-2012 yıllarında kış aylarındaki SO₂ ölçüm değerleri ay ortalamaları ve kış sezonu ortalamaları olarak verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, SO₂ emisyonlarının maksimum değerine 2006–2007 sezonunun aralık ayında (89 µg/m³) ulaştığı görülmektedir. Bu dönemde doğal gaz kullanılmamakta olup 2010 ocak ayının sonlarına doğru doğal gaz kullanımına geçildiği ve SO₂ ölçüm değerlerinin çok düştüğü gözlenmektedir.

Çizelge 5.4. 2006–2012 yılları arasında ölçülen kış sezonu PM₁₀ (µg/m³) değerleri.

KIŞ SEZONU	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	Kış Sezonu Ortalaması
2006–2007	111	194	192	197	162	140	166
2007–2008	133	171	196	181	145	141	161
2008–2009	90	148	166	213	144	125	147
2009–2010	99	162	176	153	132	112	139
2010-2011	74	127	101	83	56	46	81
2011-2012	40	70	96	52	55	42	59

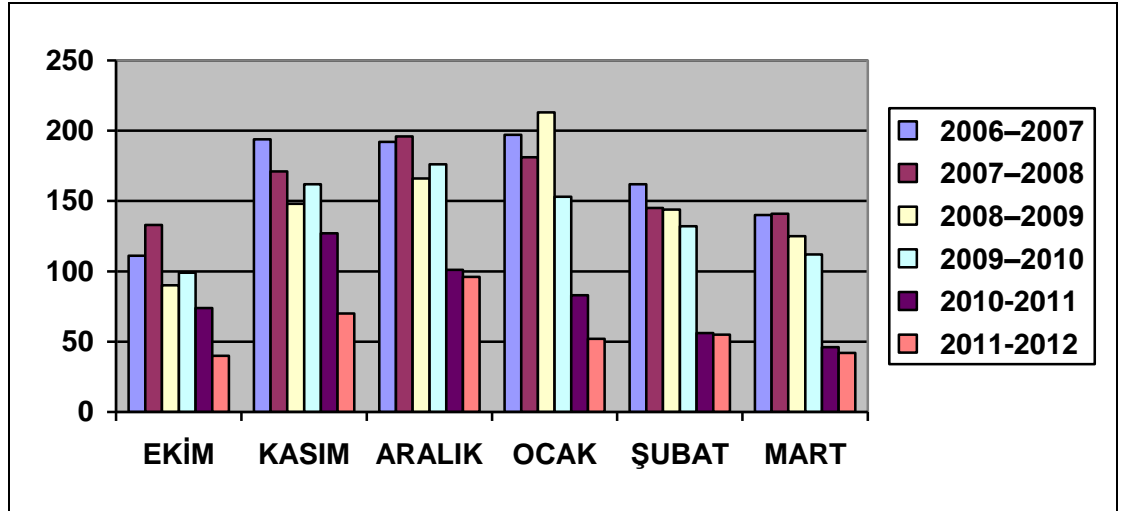
Çizelge 5.4’de 2006-2012 yıllarında kış aylarındaki PM₁₀ ölçüm değerleri ay ortalamaları ve kış sezonu ortalamaları olarak verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, PM₁₀ emisyonlarının maksimum değerine 2008–2009 sezonunun ocak ayında (213 µg/m³) ulaştığı görülmektedir. Bu değer HKDYY’nin belirttiği 200 µg/m³ sınır değerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Doğal gaz kullanımı ile birlikte (2009-2010 sezonu ve sonrası) bu değerde önemli bir düşüş olduğu gözlenmiştir.

Doğal gazın kullanılmadığı sezonlarda ve yıllarda SO₂ ve PM₁₀ kısmen de olsa değerlerinin normal değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir (Çizelge 5.3, Çizelge 5.4). 2010 yılından itibaren doğalgazın kullanılmaya başlanmasıyla bu kirleticilerin değerlerinde önemli düşüşler olmuştur. SO₂ kirleticisinin en yüksek seviyeye ulaştığı sezon 2006-2007 kış sezonudur. PM₁₀ kirleticisi ise 2006-2007 sezonunda en yüksek olmakla birlikte değerlerdeki ciddi düşüşler doğalgaz kullanımına geçilen 2010 yılında meydana gelmiştir.



Şekil 5.4. Kış sezonu için aylara göre SO₂ (µg/m³) değerleri.

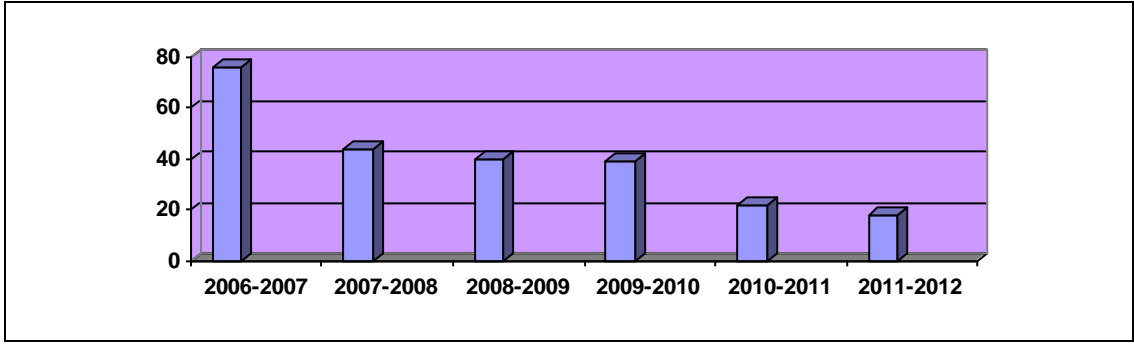
Şekil 5.4’de aylık SO₂ değerleri görülmektedir. Doğalgazın 2010 yılı ocak ayında kullanılmaya başlandığı göz önüne alındığında, 2010-2011 kış sezonundan itibaren SO₂ değerinin düştüğü görülmektedir. Doğal gazın konutlarda ısınma ihtiyacını karşılamak için kullanılmaya başlanmasıyla SO₂ değerinde önemli bir düşüş olmuştur.



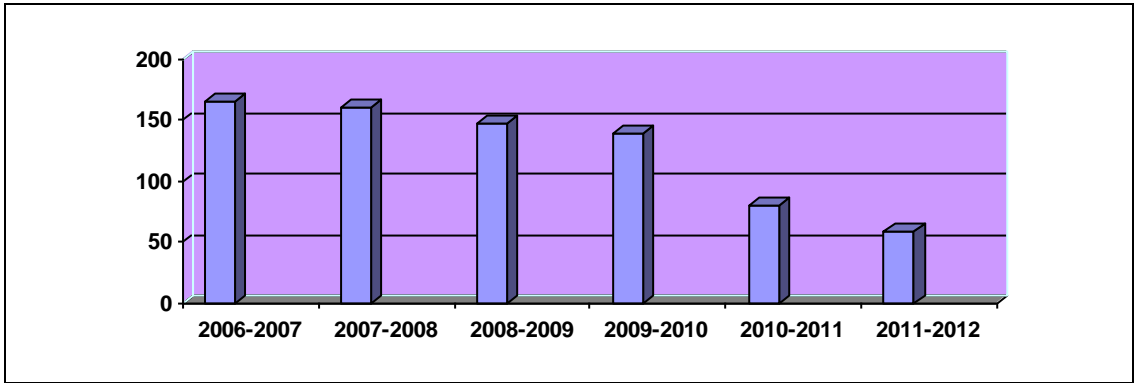
Şekil 5.5. Kış sezonu için aylara göre PM₁₀ (µg/m³) değerleri.

Partikül madde değerlerinde ise doğal gazın kullanılmaya başladığı döneme kadar artış görülmektedir (Şekil 5.5). Doğal gaz kullanılmadan önceki bir çok kış

sezonunda, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde belirtilen $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sınır değeri aşılmış ve kış sezonu ortalaması en fazla 2008-2009 yıllarında $213 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'e ulaşmıştır. 2010-2011 kış sezonu ortalamasında bir önceki sezona göre PM_{10} miktarında %55'lik bir azalma olmuştur.

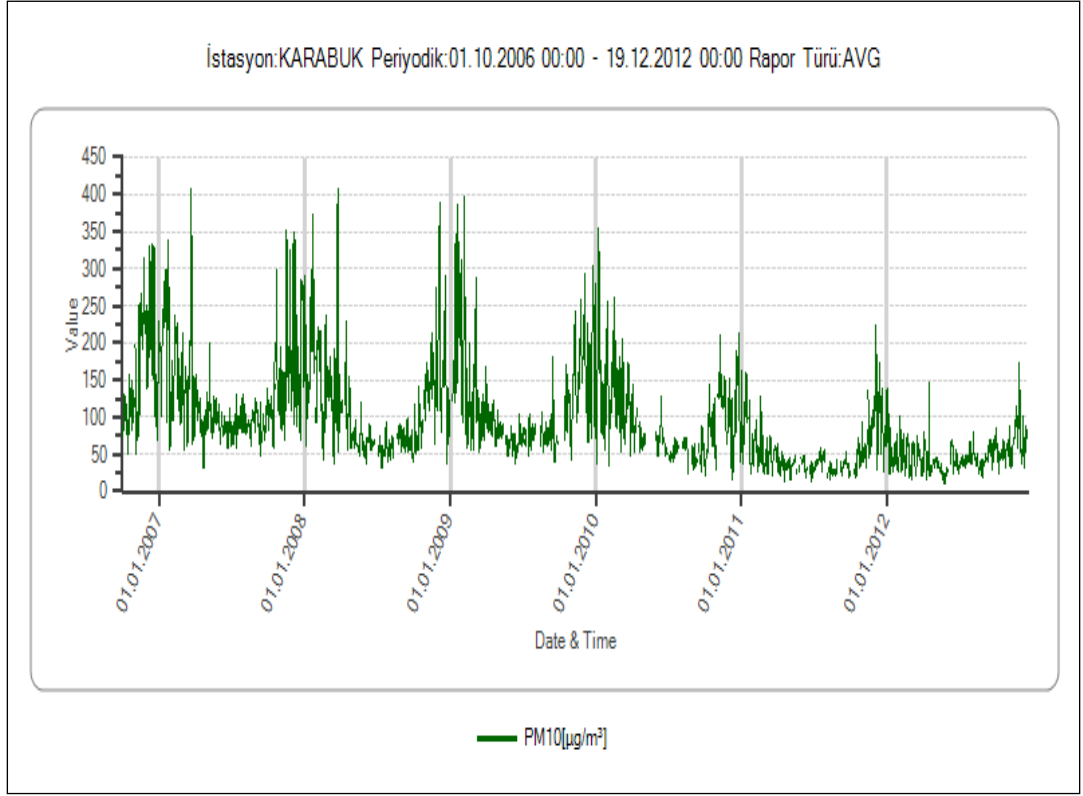


Şekil 5.6. SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)'nin yıllara göre ortalama değerleri

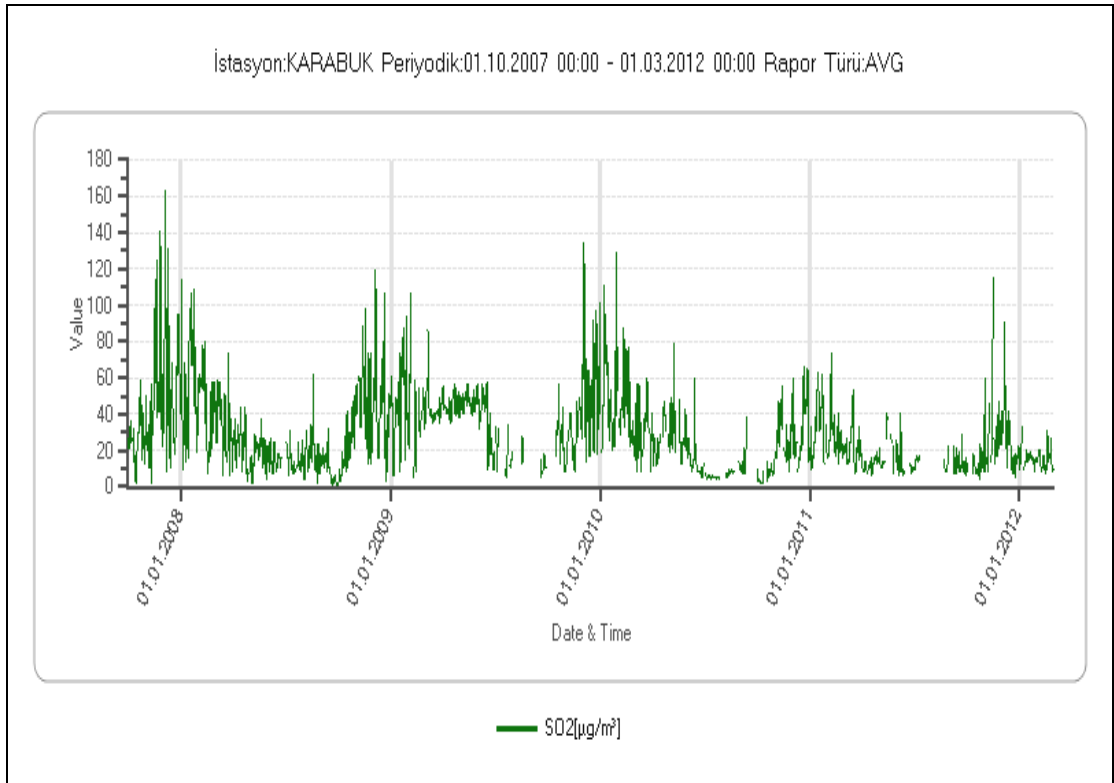


Şekil 5.7. PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)'nin yıllara göre ortalama değerleri

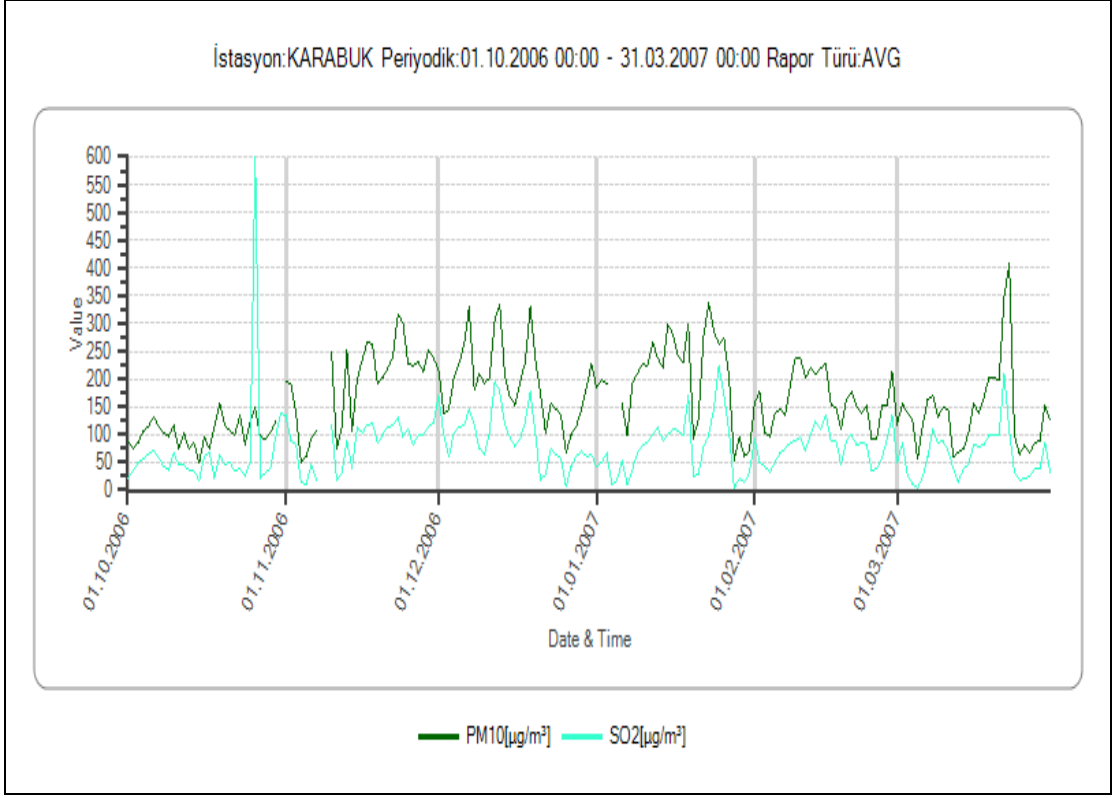
Şekil 5.6 ve Şekil 5.7'de SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)'nin yıllara göre ortalama değerleri ve PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)'nin yıllara göre ortalama değerleri grafik halinde gösterilmiştir. SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ölçüm değerleri kış ayları ortalaması 2006-2007 döneminde en yüksek seviyededir. Sonraki yıllarda giderek SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ve PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ölçüm değerleri düşmüştür. 2010 yılı kış aylarına gelindiğinde doğalgaz kullanıcı sayısındaki artışla birlikte belirgin bir düşüş görülmektedir.



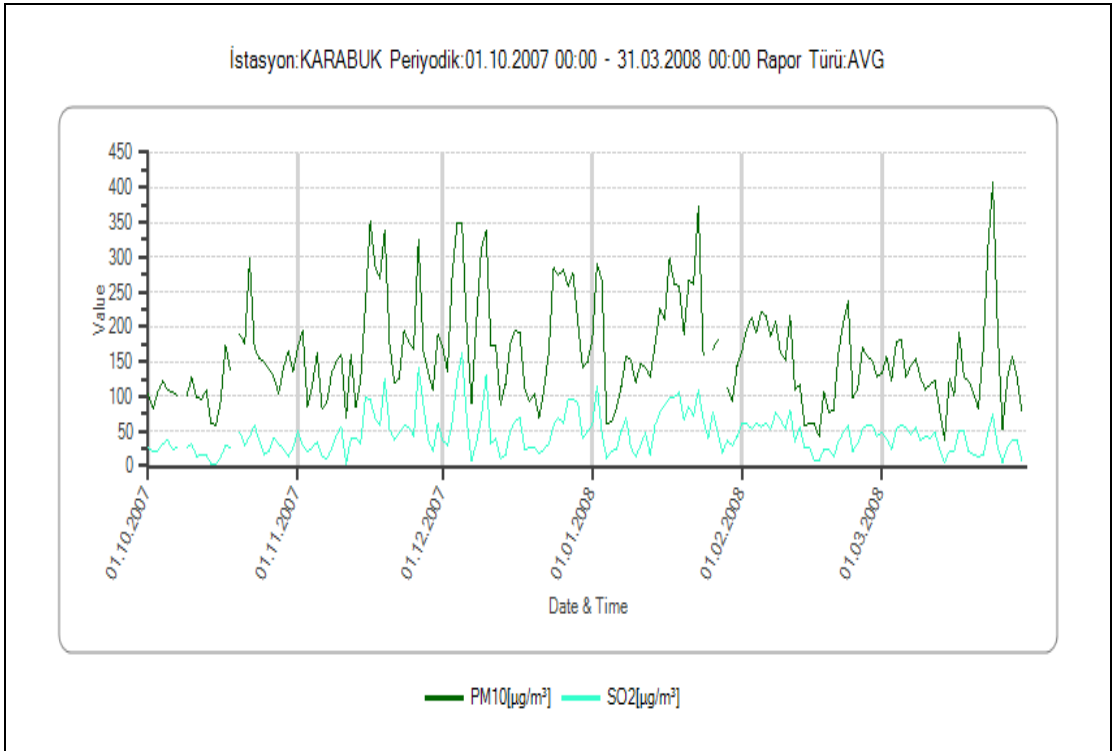
Şekil 5.8. 2006- 2012 yılları arasında PM₁₀ [µg/m³] değerlerinin değişimi.



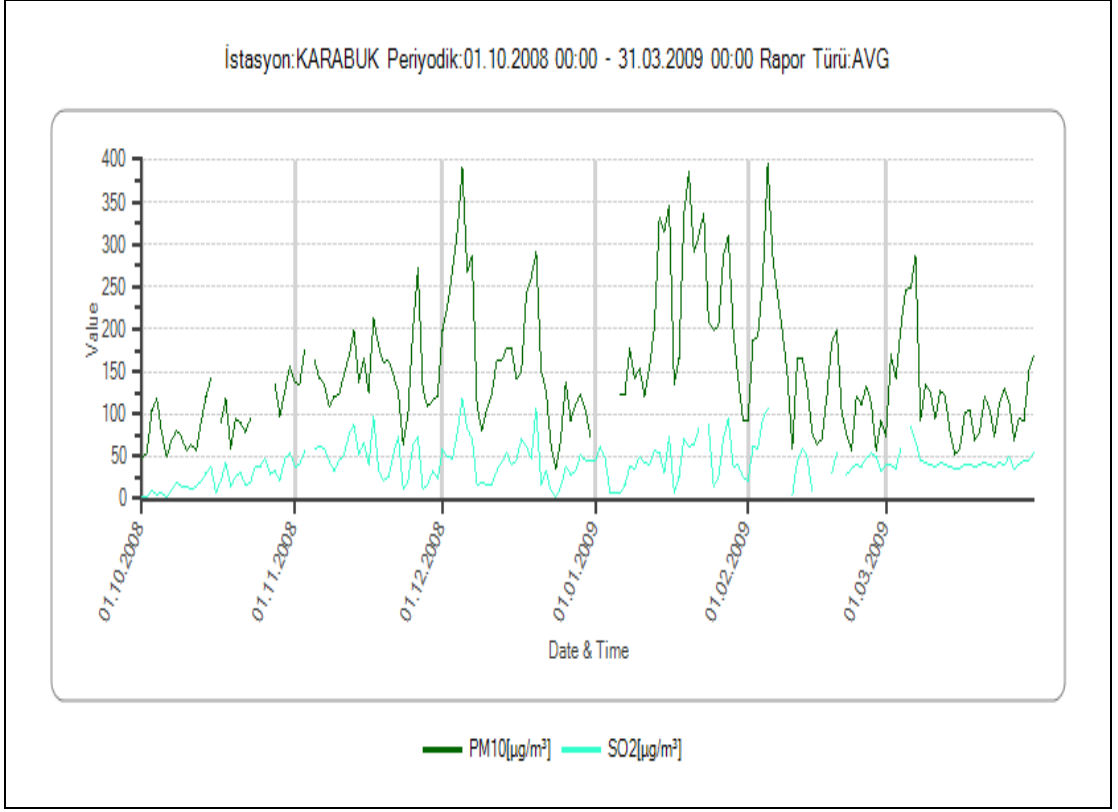
Şekil 5.9. 2006- 2012 yılları arasında SO₂[µg/m³] değerlerinin değişimi.



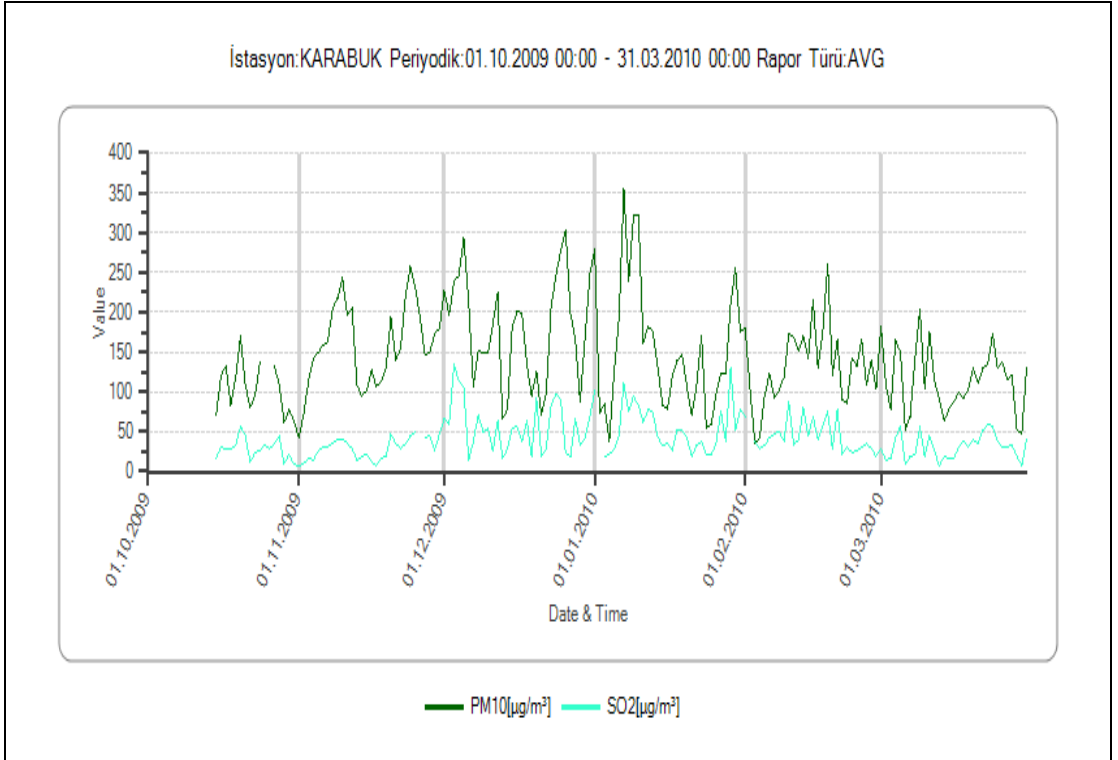
Şekil 5.10. 2006-2007 kış ayları $SO_2[\mu g/m^3]$ ve $PM_{10}[\mu g/m^3]$ değerlerindeki değişim.



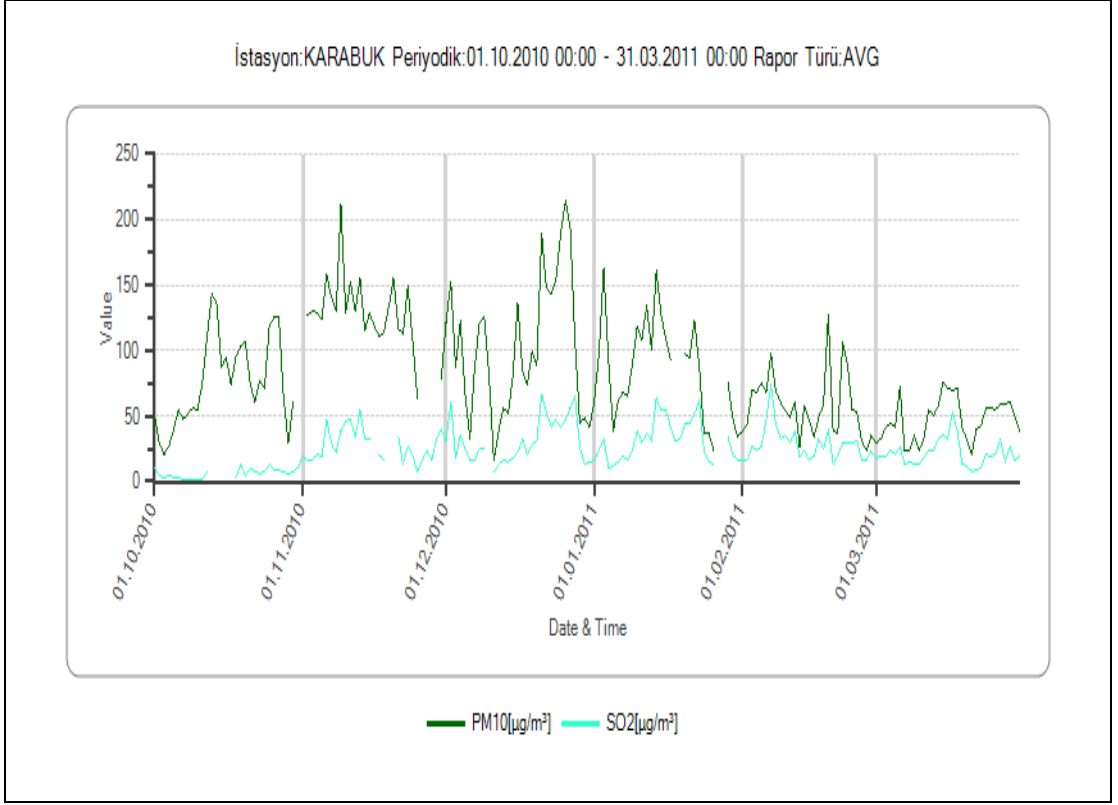
Şekil 5.11. 2007-2008 kış ayları $SO_2[\mu g/m^3]$ ve $PM_{10}[\mu g/m^3]$ değerlerindeki değişim.



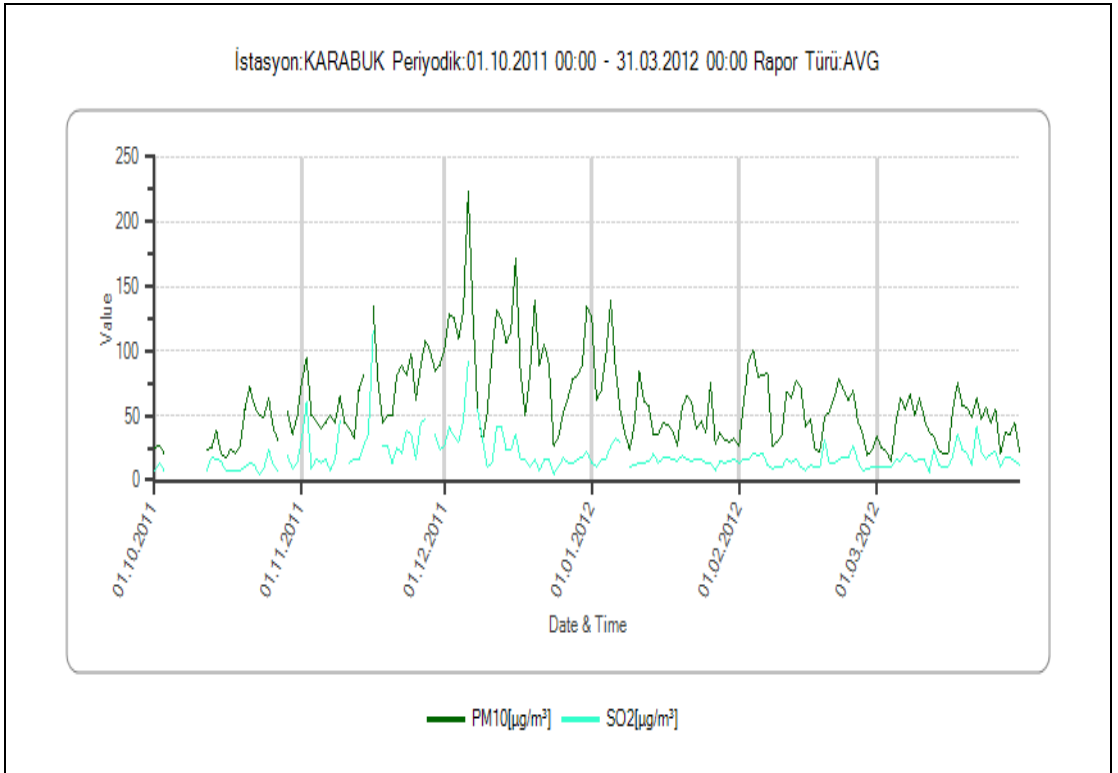
Şekil 5.12. 2008-2009 kış ayları $SO_2[\mu g/m^3]$ ve $PM_{10}[\mu g/m^3]$ değerlerindeki değişim.



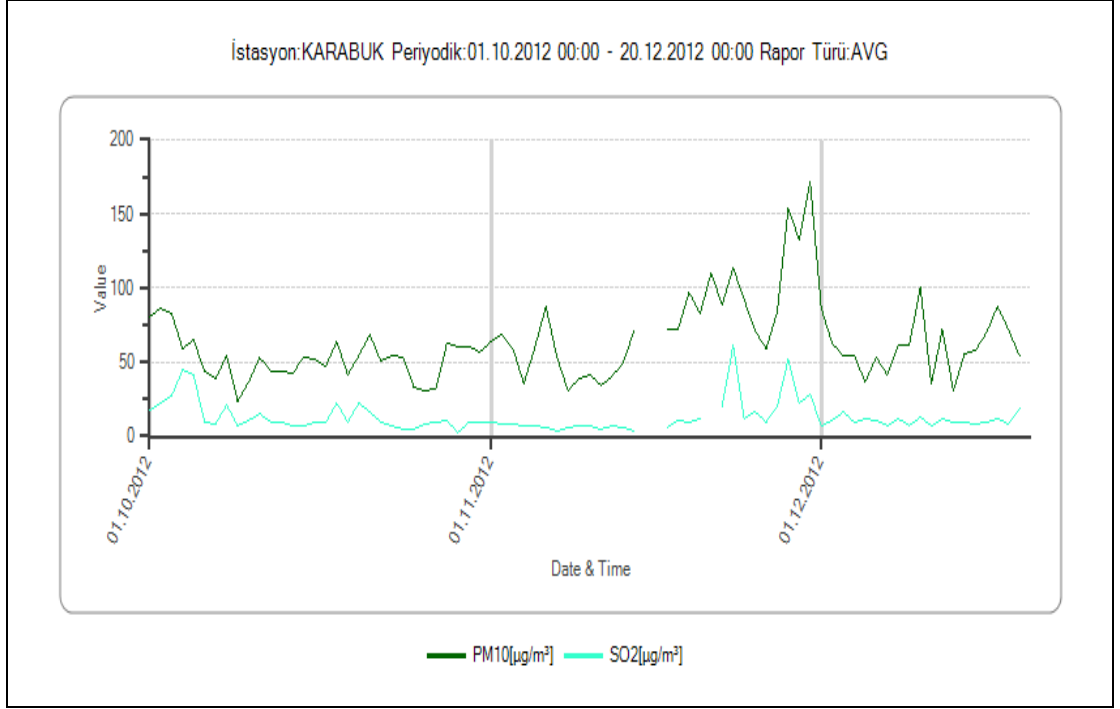
Şekil 5.13. 2009-2010 kış ayları $SO_2[\mu g/m^3]$ ve $PM_{10}[\mu g/m^3]$ değerlerindeki değişim.



Şekil 5.14. 2010-2011 kış ayları $SO_2[\mu g/m^3]$ ve $PM_{10}[\mu g/m^3]$ değerlerindeki değişim.



Şekil 5.15. 2011-2012 kış ayları $SO_2[\mu g/m^3]$ ve $PM_{10}[\mu g/m^3]$ değerlerindeki değişim.



Şekil 5.16. 2012 kış ayları SO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ve PM_{10} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] değerlerindeki değişim.

Şekil 5.8 ve Şekil 5.9’da 2006-2012 yılları arasında PM_{10} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ve SO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] değerlerinin günlük değişimi grafik halinde verilmiştir. 2006, 2007, 2008, 2009 yıllarında özellikle kış aylarında PM_{10} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ve SO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] değerleri çok yüksektir. Doğalgazın Karabük ilinde 2009 yılının Ekim ayı sonunda halka sunulması kirliliğin azalması umudunu artırmıştır. Doğalgaz kullanımına geçilen 2009-2010 yılının ilk çeyreğinde doğalgaz kullanıcı abone sayısının henüz azlığı nedeni ile PM_{10} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ve SO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] değerlerinde daha az değişiklikler olmuştur (Şekil 5.13). 2010 ve 2011 yılında ise ısınma amaçlı konutlarda doğalgaz kullanan abone sayısının artması ve Karabük’teki endüstriyel tesis ve sanayi kuruluşlarının doğalgaz kullanımına başlaması ile birlikte PM_{10} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ve SO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] değerlerinde önemli düşüşler gözlenmiştir. İlerleyen yıllarda Karabük ilinde başta Demir Çelik sektörü ve diğer sektörlerin de kapsamlı olarak doğalgaz kullanmaya başlaması ile PM_{10} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ve SO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] kirlilik ölçüm değerlerinin daha da düşmesi beklenmektedir.

Şekil 5.10’da 2006-2007 yılları 1 Ekim 2006’dan başlayarak 31 Mart 2007’ye kadar ki kış aylarındaki PM_{10} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ve SO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ölçüm değerlerinin günlük periyodik ölçümleri grafik halinde verilmiştir. Grafik incelendiğinde PM_{10} [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ve

SO₂[µg/m³] ölçüm değerlerinin belirtilen aylarda bir çok günde Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirtilen sınırları aştığı görülmektedir.

Şekil 5.11'da 2007-2008 yılları 1 Ekim 2007'dan başlayarak 31 Mart 2008'e kadar ki kış aylarındaki PM₁₀[µg/m³] ve SO₂[µg/m³] ölçüm değerlerinin günlük periyodik ölçümleri grafik halinde verilmiştir. Grafik incelendiğinde özellikle PM₁₀[µg/m³] ölçüm değerlerinin belirtilen aylarda bir çok günde Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirtilen sınırları aştığı görülmektedir. SO₂[µg/m³] ölçüm değerleri ise Kasım, Aralık, Ocak aylarında sınır değerleri aşarken kış başlangıcı ve sonunda belirtilen sınırların altındadır.

Şekil 5.12'de 2008-2009 yılları 1 Ekim 2008'dan başlayarak 31 Mart 2009'e kadar ki kış aylarındaki PM₁₀[µg/m³] ve SO₂[µg/m³] ölçüm değerlerinin 24 saatlik periyodik ölçümleri grafik halinde verilmiştir. Grafik incelendiğinde özellikle PM₁₀[µg/m³] ölçüm değerlerinin günlük ortalamalarının belirtilen aylarda bir çok günde Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne göre belirtilen sınırları aştığı görülmektedir. SO₂[µg/m³] ölçüm değerleri 24 saatlik ortalamaları ise Kasım, Aralık, Ocak aylarında sınır değerlerin altına gibi gözükse de gün içerisinde farklı saatlerde sınır değerlerinin çok üzerine çıkmıştır.

Şekil 5.14, Şekil 5.15, Şekil 5.16'da 2010, 2011, 2012 yıllarında 1 Ekim'den başlayarak 31 Mart'a kadar ki kış aylarındaki PM₁₀[µg/m³] ve SO₂[µg/m³] ölçüm değerlerinin 24 saatlik periyodik ölçümleri grafik halinde verilmiştir. PM₁₀[µg/m³] ve SO₂[µg/m³] günlük ortalama değerleri grafiklerden incelendiğinde doğalgaz kullanılmayan 2006, 2007, 2008, 2009 yıllarına göre oldukça düşük olduğu ve giderek düştüğü görülmektedir.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Karabük kent merkezinde kış sezon aylarına ait günlük ortalama $PM_{10}[\mu g/m^3]$ ve $SO_2[\mu g/m^3]$ konsantrasyonları değişimi ile rüzgâr hızı ve yönü, nem, basınç, sıcaklık ve yağış verileri arasında önemli bir ilişki vardır. Bu çalışmada sadece doğalgaz kullanımının hava kirliliğinin azaltılmasına etkisi bu parametrelerden bağımsız olarak incelenmiştir. Belirtilen meteorolojik parametrelerin etkisi ile $PM_{10}[\mu g/m^3]$ ve $SO_2[\mu g/m^3]$ konsantrasyonları ölçümleri dalgalanmalar göstermektedir. Ancak doğalgaz kullanımından önceki ve sonraki genel duruma bakıldığında önemli ve giderek artan bir düşüş söz konusudur.

Karabük ilinde hava kalitesi izleme istasyonu verileri 2010-2012 yıllarında bazı aylarda partikül madde miktarının müsaade edilen sınır değeri aştığı görülmüşse de sezon ortalaması göz önüne alındığında hiçbir sezonda $200\mu g/m^3$ sınır değeri aşılmamıştır. Karabük’de, hava kalitesi yönetmeliğinde belirtilen $SO_2[\mu g/m^3]$ sınır değerine göre, geçen yıllarda kükürtdioksit miktarı yüksek seviyelerde olup hava ve insan dostu olan doğalgazın kullanılması bize gerekli olan veriler dahilinde, $PM_{10}[\mu g/m^3]$ ve $SO_2[\mu g/m^3]$ değerlerine bakılarak havadaki kirlilik oran nedeninin düşük kükürtlü kömür kullanımı olduğu düşünülmektedir.

Hava kirliliğindeki bu azalmayı devam ettirmek için, temiz bir enerji olan doğal gazın konut ve endüstri ısınmasında kullanımı arttırılmalıdır. Daha fazla konutun doğal gazdan istifade etmesini sağlamak için, belediye tarafından yeni doğalgaz etapları hayata geçirilmelidir. Bununla birlikte doğal gazdan alınan vergiler düşürülmeli ve aile ekonomisi sarsacak derecede zam yapılmamalıdır.

Son yıllarda şehir merkezlerinde yaşanan en büyük problemlerden birisi hava kirliliği olmuştur. Bunun en büyük nedenlerinden birisi fosil yakıtların özellikle kalitesiz

yerli kömürlerin konutlarda yakıt olarak kullanılmasıdır. Yerli üretim kömürlerimiz kükürt ve partikül oranı yüksek, ısıl değeri düşük kömürlerdir. Ekonomik olarak da yerli kömürlerimiz kaliteli ithal kömürlerle rekabet edememektedir. Yerli kömürlerin özellikleri belirlenerek iyileştirilmesi, uygun yakma teknolojilerinin geliştirilmesi ve kullanım alanlarına uygun olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Yakıtın kaliteli olması kadar kaliteli yanma sağlanması da önemlidir. Standartlara uygun sobaların ve kalorifer kazanlarının kullanılması verimli yakmanın ilk adımıdır. Ayrıca eğitilmiş ateşçilere, baca temizliğine ve kazan bakım ve onarımına önem verilmelidir. Verimli yanma ile yakıttan tasarruf edilmiş olunacak ve dolayısı ile hava daha az kirlenecektir.

İnsanların hava kalitesi hakkında bilgilendirilmesi ile sağlıklı bir çevrede yaşayabilmesi için alınması gereken tedbirlerin saptanabilmesi, yetkili mercilerin karar oluşturmalarını destekleyecek bilgilerin edinilmesi, Çevre Mevzuatı ve AB Direktifleri kapsamında, hava kalitesinin korunması ve yönetimi ile ilgili yükümlülüklerin yerine getirilebilmesi için hava kalitesinin doğru bir şekilde tespit edilmesi gereklidir.

Yakıt tipi ve yanması ile ilgili iyileştirmelerle birlikte oturduğumuz binaların ve yaşamış olduğumuz evlerin ısı yalıtımıyla mevcut tüketim miktarlarını da en aza indirerek enerji tasarrufu sağlanıp hem ekonomik yönden kazanç sağlanacak hem de havası temiz bir şehirde yaşama imkânına sahip olunacaktır. Yeni yapılaşma alanlarında enerji verimliliğinin öncelikli bir ölçüt olması gerekmektedir. Yakıt kullanımında önemli ölçüde tasarruf sağlayacak olan ısı yalıtım uygulamaları, yakma sistemlerinin merkezi olması ve otomatik kontrol ile işletilmesi teşvik edilmelidir.

Karabük kent merkezinin bir kısmında kullanılmaya başlanan doğalgaz kullanımının kent geneline yaygınlaştırılması ve doğalgaza geçişin sağlanamadığı bölgelerde de kükürt ve kül yüzdesi düşük, alt ısıl değeri yüksek kömür kullanımı sağlanmalıdır. Mevcut yapılara uygulanacak kömürden doğalgaza ısıtma sistemi dönüşümünde, ısıtma sistemlerinde baca çekişinin düşmesi ve bacalarda yoğuşma riski ortaya

çıkabilir. Dönüşüm uygulamasında bacaların mühendislik kontrolünün mutlaka yapılması gereklidir.

Enerji kullanımında, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılmalıdır. Fosil yakıtların kullanımı yerine, çevre kirliliğine yol açmayan güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, dalga enerjisi, biyokütle enerjisi ve hidrolik enerjisi gibi kaynakların kullanımı sağlanmalıdır.

Hava kirliliği haritaları oluşturularak kirliliğin yoğun olduğu bölgelerde gerekli önlemler alınmalıdır. Örneğin hava kirliliğinin yoğun olduğu bölgelerde trafik düzenlemesi yapmak, yapılaşmaya engel olmak ve ağaçlandırma yapmak gibi tedbirler alınarak hava kirliliğine müdahale edilebilir.

Kentte oluşturulacak yeni yapılaşma alanlarında, ana cadde ve sokakların belirlenmesinde hava kirleticilerinin taşınması için rüzgâr yönleri dikkate alınmalıdır. Kent merkezinde yeni ve yüksek yapılaşmadan kaçınarak, kentin doğu-batı ekseninde gelişmesi yönünde mastır planlar oluşturulmalıdır.

Yerel yönetime hava kalitesinin korunması için yeterli yetkilerin verilmesi gerekmektedir. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi belediyelere gerekli yetki verilerek, maddi olarak da destek sağlanmalıdır. Hava kirleticilerinin meteorolojik verilerle olan ilişkileri de düşünülerek yerel yönetimler tarafından halkı bilinçlendirme çalışmalarına ağırlık verilmeli, daha temiz ve yenilenebilir kaynakların kullanımının teşviki sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Genceli, F., O. ve Parmaksızoğlu, C., İ., “Kalorifer tesisatı”, *TMMOB Makine Mühendisleri Odası*, 352 (2): 50-55 (2004).
2. Yıldızay, H., D., “Kütahya’da doğalgaz kullanımının hava kalitesine etkilerinin irdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya, 10-15 (2005).
3. Küçükyalı, R., “Doğalgaz ile ısıtma ve çevre ilişkileri”, *Mühendis ve Makine Dergisi Doğalgaz Özel Sayısı*, 95 (Mart): 30-33 (1995).
4. Müezzinoğlu, A., “Hava Kirliliğinin ve Kontrolünün Esasları”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları*, İzmir, Yayın No: 0908. 87. DK.006.042, 13-17 (1987).
5. Gültekin, A.H. ve Örgün, Y., “Doğalgaz ve çevre”, *Çevre Dergisi*, 9 (Ekim-Kasım-Aralık): 37-41 (1993).
6. Durmaz, A., “Yanmadan kaynaklanan hava kirliliğinin kontrolü”, *Gazi Üniversitesi Uluslar arası Yanmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Sempozyumu*, Ankara, 5-8 (1987).
7. Bayram, A. ve Müezzinoğlu, A., “Büyük kentler için temiz hava planı, yerleşim ve çevre sorunları”, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü*, Çanakkale, 40-50 (1996).
8. Akay, M., E. ve Yetişken, Y., "Endüstriyel kentlerde hava kirliliği", Bildiri Kitabı, *Ulbtk'99, Uluslararası Katılımla 12. Ulusal Isı Bilimi Ve Tekniği Kongresi*, Sakarya, 2: 698–703 (2000).
9. Yazıcı, N. and Demirtaş, A., “Turkey’s natural gas consumption”, *Energy Sources*, 23: 801-808 (2001).
10. Çay, Y., Yıldız, A. ve Özer, F., “Fosil kaynaklı yakıtların neden olduğu hava kirliliğinin doğalgaz kullanımı ile değişimi, Karabük ili örneği”, *Karabük Üniversitesi Tüketim Toplumu ve Çevre Sempozyumu*, Karabük, 5-8 (2012).
11. Aydın, S., ve Yenikardeşler, U., “Kalorifer kazanlarında enerji tasarrufu”, Teknik Oturum Tebliğleri, *Türkiye 6. Enerji Kongresi*, 64-76 (1994).
12. T.C Çevre Genel Müdürlüğü, *Hava Kalitesi Kontrolü Yönetmeliği*, 51-53 (1986).

13. T.C Başbakanlık Çevre ve Orman Bakanlığı, “Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği”, *T.C. Başbakanlık Çevre ve Orman Bakanlığı*, 21-24 (2005).
14. İnternet: Karabük İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, “Karabük’ün Coğrafi Özellikleri”, <http://www.karabukkulturturizm.gov.tr> (2012).
15. Fatih, A., “The effect of Kar-Demir on Karabük city pollution”, *Karabük Üniversitesi The 2nd International Geography Symposium*, Karabük, 494-498 (2011).
16. T.C Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu, “Hava kalitesi 2009-2010 kış sezonu haber bülteni”, *TUIK*, 94: 102-107 (2010).
17. İnternet: Kargaz A.Ş., “Kargaz Genel Müdürü Kasım Kahraman’ın Basın Toplantısı”, <http://www.medya73.com/yazdir-1-96612.html> (2012).
18. Mao, X., Guo, X., Chang, Y. and Peng, Y., “Improving air quality in large cities by substituting natural gas for coal in China: changign idea and incentive policy implications”, *Energy Policy*, 33 (3): 307-318 (2005).
19. Küçükyalı, R., “Doğalgaz LPG Tesisatı ve Bacalar”, *Isısan Çalışmaları*, 10-23 (2003).
20. Köse, R., Erbaş, O. and Özgür, M.,A., “Assessment and measurements of SO₂ and PM pollutants in Kütahya”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Kütahya, 22: 161-170 (2006).
21. Çelik, M. B. ve Kadı, İ., “The relation between meteorological factors and pollutants concentrations in Karabük city”, *G.U. Journal of Science*, 20 (4): 87-95 (2007).
22. Aktan, M. ve Bayraktar, H., “The neural network modeling of suspended particulate matter with autoregressive structure”, *Ekoloji Dergisi*, 19: 32-37 (2009).
23. Çuhadaroğlu, B. ve Demirci, E., “Influence of some meteorological factors on air pollution in Trabzon city”, *Energy and Buildings*, 12 (3): 179-184 (1997).
24. Demirci, E. ve Çuhadaroğlu, B., “Statistical analysis of wind circulation and air pollution in urban Trabzon”, *Energy and Buildings*, 31 (1): 49-53 (2000).
25. Giri, D., Krishna Murthy, V. and Adhikary, P.R., “The influence of meteorological conditions on PM₁₀ concentrations in Kathmandu Valley”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 42 (37): 49-60 (2008).

26. Asrari, E., Vs, G. and Pn, S., “Study on the status of SO2 in the Tehran- Iran”, *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 10 (2): 75-82 (2006).
27. Akyürek, O., “Trabzon kent merkezi için hava kirliliği ile meteorolojik koşullar arasındaki ilişkinin 2006-2011 arası verilerine dayalı olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 50-70 (2012).
28. Keçebaş, A., Gedik, E. ve Kayfeci, M., “Fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan hava kirliliği üzerine jeotermal enerji ve doğalgaz kullanımının etkisi: Afyon örneği”, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7 (3): 23-30 (2010).
29. Keçebaş, A., Gedik, E. ve Kayfeci, M., “Afyonkarahisar’da ölçülen sülfür dioksit ve partikül madde değişimleri üzerine değerlendirme”, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 51: 610 (2010).
30. Akpınar, E. ve Başbüyük, A., “Jeoekonomik önemi giderek artan bir enerji kaynağı: doğalgaz”, *Turkish Studies - International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 6 (3): 119-136, (2011).
31. Eren, Z. ve Turan, T., “Doğalgaza geçiş ile birlikte Erzurum ilinde fosil yakıtlardan kaynaklanan hava kirliliğindeki değişim”, *Tmmob Çevre Mühendisleri Odası VII.Ulusal Çevre Mühendisleri Kongresi*, Erzurum, 50-60 (2007).
32. Dağsöz, A. K., “Doğalgaz ve LPG Devreleri Cihazları Hesabı”, *İTÜ Makine Fakültesi*, 3: 120-133 (2002).
33. Armaroli, N. and Balzani, V., “Energy for a Sustainable World, From the Oil Age to a Sun - Powered Future”, *WILEY-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA*, Weinheim, 3: 69-71 (2011).
34. Sunu, M., “Petrol ve doğal gazın yer altında depolanması”, Askeri Tarih ve Stratejik Etüt Başkanlığı, *Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 5: 41-42 (2003).
35. Dokuzlar, B., “Dünya Güç Dengesinde Orta Asya’dan Avrupa’ya Yeni Silah Doğalgaz”, *Kültür Sanat Yayıncılık*, İstanbul, 5: 8-14, (2006).
36. Chandler, W., “Energy and environment in the transition economies-between cold war and global warming”, *Westview Press*, Oxford, 5 (4): 182-185 (2000).
37. Victor D., G., Jaffe A., M. And Hayes H., M., “Natural Gas and Geopolitics From 1970 to 2040”, *Cambridge University Press*, Cambridge, 4: 5-8 (2006).
38. İşeri, E., “The US grand strategy and the eurasian heartland in the twenty-first century”, *Geopolitics*, 14 (1): 43-44 (2009)

39. Trenin, D., “Energy geopolitics in Russia-EU relations Pipelines,politics and Power The Future of EU-Russiaenergy relations”, *The Centre for European Reform*, 10 (3): 16-17 (2008).
40. Soylu, H., “Enerji koridoru olma yolunda Türkiye için doğalgazın önemi”, *Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 10: 12-14 (2007).
41. Tokuş, H., İ., “Turkey as an emerging energy hub”, Ph. D. Thesis, *Naval Postgraduate School*, California, 30-33 (2010).
42. Çolak, A., B. ve İlbaş, M., “Enerji Koridoru ve Terminali olarak Türkiye'nin Rolü”, Bildiriler Kitabı, **16. Uluslar arası Enerji ve Çevre Fuarı ve Konferansı**, İstanbul, 18-21 (2010).
43. Güli, M., “Nabucco pipeline and The Türkmenistan conundrum”, *Caucasian Review of International Affairs* , 2 (3): 111-112 (2008).
44. Yetişken, Y., Ekmekçi, İ. ve Akay, M., E., “Toplu taşıma araçlarında sıkıştırılmış doğalgaz kullanımı; ego uygulaması”, Bildiriler Kitabı, **14. Uluslararası Enerji ve Çevre Teknolojisi Sistemleri Konferansı**, İstanbul, 323 (2008).
45. Eren, Z. ve Turan, T., “Doğalgaza geçiş ile birlikte Erzurum ilinde fosil yakıtlardan hava kirliliğindeki değişim”, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, *Yaşam Çevre Teknolojisi Dergisi*, İzmir, 60 (2007).
46. İnternet: Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü “Hava Kirliliğine Genel Bakış”, <http://www.rshm.saglik.gov.tr> (2012).
47. Danowski, A. and Koschlig, J., “Technische anleitung zur reinhaltung der luft”, vom gemeinsames ministeriaiblatt, *Jahrgang rom Bundesministerjum des Inneren*, 37 (7): 274-278 (1986).
48. Tecer, L.H., “ Hava kirliliği ve sağlığımız”, *Balkesir Üniversitesi Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim Dergisi*, 135: 15-29 (2011).
49. Gültürk, E., “Sivas kentinde doğalgaz kullanımının meteorolojik ölçümler ve hava kirliliği üzerine etkisinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Sivas, 20-60 (2009).
50. The National Center for Atmospheric Research, “Air Pollution”, NCAR, *Information Office Press Clipping*, Colorado, 112-124 (1989)
51. Butler, J.D., “Air Pollution Chemistry”, *Academic Pres*, 109-123 (1979).
52. İncecik, S., “Hava Kirliliği”, *Teknik Üniversite Matbaası*, İstanbul, 26-41 (1994).
53. Seinfeld, H., “Athmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution”, *Wiley*, New York, 21 (4): 943-955 (1986).

54. İnternet: Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, “Partikül Maddeler”, <http://www.rshm.gov.tr> (2012).
55. Evyapan, F., “Hava kirliliğinin solunumsal morbitite ve mortalite üzerindeki etkileri Türkiye ve dünya verileri”, *Türkiye Klinikleri J Pulm Med Special Topics*, 1(2): 80-83 (2008).
56. T.O.B.B. Çevre Kurulu Raporu, “Hava Kirliliği”, *D.I.E. Verileri*, 4-5 (1993).
57. Adomson, A., “Naturalgas”, *National amb Jenta Jrqualitycriter JaforleadFed. Reg.* (PartV), 46246 – 46277 (1987).
58. Öztürk M., “Hava Kirliliğini Artıran Sıcaklık İnversonları”, *Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları*, 23-25 (2005).
59. İnternet: Meteoroloji Genel Müdürlüğü, “İklim”, <http://www.meteor.gov.tr> (2012).
60. Bayram, H., Dörtbudak, Z., Evyapan Fişekçi, F., Kargın, M. ve Bülbül, B., “Hava kirliliğinin insan sağlığına etkileri” *Dicle Tıp Dergisi*, 33 (2): 105-112 (2006).
61. Peden, D.B., “Mechanisms of pollutioninduced airway disease”, *Studies Allergy*, 52 (38): 37-44 (1997).
62. Rusznak, C., Bayram, H., Devalia, J.L. and Davies, R.J., “Impact of the environment on allergic lung diseases”, *Clin Exp Allergy*, 27 (1): 26-35 (1997).
63. İnternet: Meteoroloji Genel Müdürlüğü, “Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Etkileri”, www.meteor.gov.tr/FILES/arastirma/webhakir.pdf (2012).
64. İnternet: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, “Hava Kirliliği'nin Etkileri”, http://www.cevreonline.com/emisyon/hava_etkiler.htm (2012).
65. İnternet: T. C Sağlık Bakanlığı, “Hava Kirliliği'nin İnsan Sağlığına Etkileri”, <http://baol-biyo.blogcu.com/hava-kirliliginin-insan-sagligina-etkileri> (2012).
66. İnternet: T.C. Karabük Valiliği, “Karabük İl Çevre Durum Raporu”, www.karabuk.gov.tr (2012).
67. Hacısalihoğlu İ.Y., “Şehir coğrafyası açısından Safranbolu Karabük ikilemi”, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 25 (1995).
68. T.C Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü, “Karabük hava kirliliği araştırması 1998 raporu”, *T.C Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü*, 23-27, (1998).

69. Özdalyan, B., Çelik, M., B. ve Kadı, İ., “Karabük’te hava kirliliği ve çözüm önerileri”, *Teknoloji Dergisi*, 3 (1): 51-56 (2001).
70. İnternet: Kargaz A.Ş, “Yatırım Bilgileri”, <http://www.kargaz.com.tr> (2012).
71. İnternet: Karabük Haber Gazetesi, “Karabük Halkı Doğalgaz Kullanıyor ”, <http://www.karabukhaber.com.tr> (2012).
72. Okutan, H., “Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü”, *Marmara Araştırma Merkezi Matbaası*, Gebze-Kocaeli, 32-37 (1993).
73. T.C Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü, “Hava kalitesi değerlendirme ve yönetimi yönetmeliği”, *Resmi Gazete*, 26898: 5-7 (2008).
74. Türk Standartları Enstitüsü, “Hava kirliliği ölçme metotları kükürtdioksit miktarı tayini”, *TSE TS 2360*, Ankara, 10-15 (1976).
75. Türk Standartları Enstitüsü, “Hava kirliliği ölçme metotları havada süspansiyon durumunda bulunan maddeler miktarı tayini”, *TSE TS 2361*, 23-25 (1976).
76. İnternet: Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı, “İstasyon Raporu”, “www.havaizleme.gov.tr” (2012).
77. Aydınlar, B., Güven, H. ve Kırksekiz, S., “Hava kirliliği ve modellemesi”, *Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü*, 3: 67 (2009).
78. İnternet: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, “Çevre Referans Laboratuvarı”, http://www.lab-cevreorman.gov.tr/sayfa_detay.asp? (2012).
79. Alıner, Y., “Emisyon ölçümleri ve sonuçların ulusal-uluslararası mevzuata göre değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 15-17 (2010).

ÖZGEÇMİŞ

Firdes ÖZER 1987 yılında Eskipazar’da doğdu. İlköğretimini Karabük Gazi Mustafa Kemal İlköğretim Okulu’nda tamamladı. Lise eğitimini Karabük Mustafa Yazıcı Lisesi’nde 2005 yılında tamamladı. Lisans Eğitimini 2005-2009 yılları arasında Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü’nde tamamladı. Evli ve halen 2009 yılında Makine Mühendisi olarak işe başladığı Güvence Doğalgaz Isı Sistemleri’nde çalışmaktadır. 2010 yılında Karabük Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalında başladığı Yüksek Lisans programını sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Yenişehir Mahallesi
Kübanalar No:50/3
Karabük/Merkez

E-posta : firdevstopcuoglu@yahoo.com