

169227

KÜTAHYA'DA DOĞALGAZ KULLANIMININ  
HAVA KALİTESİNE ETKİLERİNİN İRDELENMESİ

Hasan Donat YILDIZAY

Dumlupınar Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman : Prof. Dr. Ramazan KÖSE

Ağustos-2005

## KABUL VE ONAY SAYFASI

HASAN DONAT YILDIZAY' ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı KÜTAHYA' DA DOĞALGAZ KULLANIMININ HAVA KALİTESİNE ETKİLERİNİN İRDELENMESİ başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir

...0.5/Ağustos.2005...

Üye : Prof. Dr. Ramazan KÖSE



Üye : Yrd. Doç. Dr. Bayram ALAKUS



Üye : Yrd.Doç. Dr. Cengiz YENİKAYA



Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 09.08/05 gün ve ....12.... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. M. Sabri Özyurt

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## KÜTAHYA'DA DOĞALGAZ KULLANIMININ HAVA KALİTESİNE ETKİLERİNİN İRDELENMESİ

Hasan Donat Yıldızay

Makina Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, 2005

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ramazan Köse

### ÖZET

Türkiye'de doğalgaz tüketimi her geçen gün daha da büyüyen bir ivmelenme ile artmaktadır. Bu tüketim; enerji ve sanayi sektörü dışında özellikle konutların ısıtılmasındaki talep artışından da kaynaklanmaktadır. Doğalgazın konutlarda kullanımındaki artışın nedeni hava kirliliğine karşı alınabilecek en etkili ve en kalıcı yöntem oluşudur.

Hava kirliliğinin artarak insan sağlığını tehdit eder duruma gelmesiyle birlikte özellikle şehir merkezlerinde kirlilik oranlarının belirli sınırlar içinde kalması için çeşitli önlemler veya yaptırımlar uygulanmaya başlanmıştır. Hava kirliliği sorunu ile karşı karşıya kalan çoğu şehrimizde, alınan tedbirler ile kirlilik değerinin istenilen sınırlarda kalması sağlanmış olsa da bu uygulama kalıcı bir çözüm olarak yeterli görülmemiştir. Kalıcı çözümler için havayı daha az kirlüten enerji kaynaklarının kullanımı gerekli görülerek, doğalgaz ülkemizde hava kirliliği sorunu olan bölgelerde kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada; Kütahya'da özellikle son yıllarda tehlikeli boyutlara ulaşan hava kirliliğinin azaltılmasında doğalgaz kullanımının etkileri incelenmiş ve doğalgaz ile birlikte alınabilecek yapısal önlemler irdelenmiştir. Ayrıca, katı yakıtlı merkezi ısıtma sistemlerinden; doğalgaz yakıtlı merkezi ısıtma sistemlerine geçiş ile bireysel ısıtmaya geçiş maliyet analizi açısından karşılaştırılarak olabilecek en ekonomik durum belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler :** Doğalgaz, Dönüşüm Maliyeti Analizi, Hava Kirliliği, Kütahya

## THE EXAMINATION OF NATURAL GAS USAGE IN KÜTAHYA AND IT'S EFFECTS ON THE AIR QUALITY

Hasan Donat Yıldızay

Department of Mechanical Engineering, M.S.Thesis, 2005

Thesis Supervisor: Professor Dr. Ramazan KÖSE

### SUMMARY

The natural gas consumption in Turkey has been increasing on a daily basis with a growing acceleration. The sources of the natural gas consumption are the energy production process, usage of the industrial sectors and the need to use it for the heating of residences. The reason of increasing natural gas usage for heating residences is that the use of the natural gas is the most attractive and permanent solution to prevent the air pollution.

Air pollution is a serious threat for the human health. Especially in city centers, various precautions or sanctions to make the pollution rates stay in a given limit have been implemented by the government. In most of our cities, facing the air pollution problems determined after the measurements, setting a limit of the pollution value doesn't seem to be a permanent solution. For permanent solutions, it is necessary to use the energy sources having less pollutant potential. Because of this, our country has started to use natural gas.

In this study; particularly Kütahya's increasing dangerous air pollution limits has been examined in past years and structural precautions by making use of the natural gas have been discussed. Instead of removing the use of solid combustible fuels for the central heating systems, we propose to convert the solid combustible fuels systems to the natural gas combustible fuel central heating systems. We have also compared the individual heating cost analysis to determine the economic factors.

**Key Words:** Air Pollution, Global Warming, Natural Gas



## TEŞEKKÜR

Her zaman her konuda bizi başarıya ulaştırmak için çabalayan ve örnek almaktan her zaman gurur duyduğum çok değerli hocam Prof. Dr. Ramazan KÖSE' ye teşekkürü bir borç bilirim.

¶ Ayrıca Hıfzısıhha Enstitüsü Müdürü Yusuf Taner'e, İl Çevre Müdürlüğü'nde görevli Çevre Mühendisi Hakan Yazıcı'ya ve bu tezi hazırlamamda bana her türlü katkıyı sağlayan eşime, tüm dostlarıma teşekkürlerimi sunarım.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iv
SUMMARY.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ .....	1
2. ENERJİ ÜRETİM ve TÜKETİMİ ANALİZİ.....	3
2.1. Yakıtlar.....	3
2.2. Yanma ve Yakma Sistemleri.....	4
2.3. Kömürdeki Kısıtlamalar.....	7
3. ÇEVRE KİRLİLİĞİNİN ULUSLARARASI ETKİLERİ.....	9
3.1. İklim Sistemi ve Değişimi.....	9
3.2. Küresel Isınma.....	10
3.3. Sera Etkisi.....	10
3.1.1. Sera etkisine neden olan gazlar ve emisyonları.....	13
3.1.2. Ozon tabakası.....	16
4. HAVA KİRLİLİĞİ ve DOĞALGAZ' IN İRDELENMESİ.....	19
4.1. Hava Kirliliği.....	19
4.1.1. Temiz hava planı.....	19
4.1.2. Meteorolojik Şartlar.....	20
4.1.3. Hava kirliliğinin nedenleri ve insan sağlığına olumsuz etkileri.....	21
4.2. Doğalgaz.....	24
4.2.1. Genel özellikleri.....	24
4.2.2. Dünyada doğalgaz' ın durumu.....	25
4.2.3. Türkiye' de doğalgaz tüketimi.....	27
5. KÜTAHYA' DA HAVA KİRLİLİĞİ ve DOĞALGAZIN MUHTEMEL ETKİLERİ..	33

**İÇİNDEKİLER (devam)**

	<b><u>Sayfa</u></b>
5.2. Kütahya’da Kullanılan Yakıtların Özellikleri.....	34
5.3. Kütahya’da Hava Kirliliği Ölçüm Sonuçları.....	38
5.4. Kütahya’da Hava Kirliliğinin Kontrolü.....	52
6. ATAKENT BÖLGESİNİN MODELLENMESİ.....	55
6.1. Yakıt Tüketiminin Bulunması.....	55
6.2. Derece – Gün Hesabı.....	56
6.3. Yıllık Yakıt Miktarının Optimizasyonu.....	60
6.4. Regresyon Analizleriyle Doğalgaz Kullanımı Etkilerinin Tahmini.....	61
7. MALİYET ANALİZİ.....	69
7.1. Kazan Dairesi Dönüşümü.....	69
7.2. Kolon Hattı Tesisatı.....	71
7.3. Kombi Tesisatı.....	71
7.4. Maliyetlerin Karşılaştırılması.....	72
8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	74
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	77

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Yanma üçgeni.....	5
3.1 Sera gazı etkisinin şematik olarak gösterimi .....	10
3.2 Şera etkisine neden olan gazların oluşum kaynakları .....	11
3.3 Sera etkisine neden olan gazlarda CO <sub>2</sub> nin artış miktarı.....	12
3.4 Bazı ülkelerin CO <sub>2</sub> emisyonları .....	15
4.1 Doğalgaz yakıtlı kazanda fazla havaya bağlı olarak baca gazı içindeki değişimler	25
4.2 2004 yılında dünya genelinde enerji kaynaklarının kullanım oranları.....	27
4.3 Türkiye’de doğalgazın mevcut durumu .....	31
4.5 Türkiye’de sektörlere göre doğalgaz tüketim oranları.....	30
5.1 Kütahya’nın coğrafik konumu.....	33
5.2 Kömürlerin SO <sub>2</sub> emisyonu açısından karşılaştırılması.....	38
5.3 Kütahya ili 2000 yılı Ocak ayı SO <sub>2</sub> ve PM değerleri değişim .....	42
5.4 Kütahya ili 2001 yılı Ocak ayı SO <sub>2</sub> ve PM değerleri değişim .....	42
5.5 Kütahya ili 2002 yılı Ocak ayı SO <sub>2</sub> ve PM değerleri değişim .....	42
5.6 Kütahya ili 2003 yılı Ocak ayı SO <sub>2</sub> ve PM değerleri değişim .....	43
5.7 Kütahya ili 2004 yılı Ocak ayı SO <sub>2</sub> ve PM değerleri değişim .....	43
5.8 Kütahya ili 2005 yılı Ocak ayı SO <sub>2</sub> ve PM değerleri değişim .....	43
5.9 Kütahya ili 1990-2004 yılları arası hava kirliliği grafiği .....	44
5.10 Birinci bölgede KVS’ ye göre SO <sub>2</sub> değerlerinin aşıldığı gün sayısı .....	43
5.11 İkinci bölgede KVS’ ye göre SO <sub>2</sub> değerlerinin aşıldığı gün sayısı .....	45
5.12 Üçüncü bölgede KVS’ ye göre SO <sub>2</sub> değerlerinin aşıldığı gün sayısı .....	45
5.13 Dördüncü bölgede KVS’ ye göre SO <sub>2</sub> değerlerinin aşıldığı gün sayısı .....	46
5.14 Beşinci bölgede KVS’ ye göre SO <sub>2</sub> değerlerinin aşıldığı gün sayısı .....	46
5.15 Altıncı bölgede KVS’ ye göre SO <sub>2</sub> değerlerinin aşıldığı gün sayısı .....	46
5.16 Yıllık ortalama rüzgar hızları.....	49
5.17 Kütahya merkezde rüzgarların yönlerine göre dağılışı.....	49
5.18 1995-2004 yılları arası SO <sub>2</sub> miktarları değişimi.....	53
5.19 1995-2004 yılları arası PM miktarları değişimi.....	53
5.20 Son 15 yılın kış sezonları hava kirlilik değerleri.....	54
6.1 2004 Ekim ayı SO <sub>2</sub> değerlerinin karşılaştırılması.....	65

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**

<b><u>Sekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
6.2 2004 Kasım ayı SO <sub>2</sub> değerlerinin karşılaştırılması.....	65
6.3 2004 Aralık ayı SO <sub>2</sub> değerlerinin karşılaştırılması.....	65
6.4 2005 Ocak ayı SO <sub>2</sub> değerlerinin karşılaştırılması.....	66
6.5 2005 Şubat ayı SO <sub>2</sub> değerlerinin karşılaştırılması.....	66
6.6 2004 Ekim ayı PM değerlerinin karşılaştırılması.....	66
6.7 2004 Kasım ayı PM değerlerinin karşılaştırılması.....	67
6.8 2004 Aralık ayı PM değerlerinin karşılaştırılması.....	67
6.9 2005 Ocak ayı PM değerlerinin karşılaştırılması.....	67
6.10 2005 Şubat ayı PM değerlerinin karşılaştırılması.....	68
7.1 Kazan ve kombi dönüşümlerinde maliyetlerin daire sayısı ile karşılaştırılması .....	72

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Isınma amaçlı ithal kömürlerin özellikleri ve sınırları.....	7
2.2 Hava kalitesi sınır değerlerini aşan bölgelerde kullanılacak yerli kömürlerin özellikleri.....	8
2.3 Hava kalitesi sınır değerlerini aşmayan bölgelerde kullanılacak yerli kömürlerin özellikleri.....	8
3.1 Sera etkisine neden olan gazların artış oranı ve en önemli kaynakları .....	12
3.2 Sera etkisinin kaynakları.....	13
3.3 En çok kullanılan fosil yakıtların CO <sub>2</sub> ve CH <sub>4</sub> emisyonları .....	14
4.1 Kısa vadeli ve uzun vadeli hava kalitesi sınır değerleri.....	22
4.2 Uyarı kademeleri.....	22
4.3 Halk sağlığının korunması amacıyla WHO tarafından önerilen rehber değerler..	23
4.4 Avrupa Birliği tarafından uygulanan sınır değerler .....	23
4.5 Çeşitli yanıcı gazların alt ve üst alevlenme noktaları .....	24
4.6 Dünyadaki doğalgaz rezervleri.....	26
4.7 Dünya enerji tüketiminin büyüme oranları tahmini .....	27
4.8 Türkiye'deki birincil enerji kaynaklarının üretimi.....	29
4.9 Türkiye'deki birincil enerji kaynaklarının tüketimi.....	30
4.10 Türkiye'nin doğalgaz talep tahmini .....	31
4.11 Doğalgaz alım anlaşmaları yapılan ülkeler ve alım miktarları.....	32
4.12 Türkiye'de sektörlere göre doğalgaz tüketim oranları.....	32
5.1 Kütahya ve yakın çevresinde çıkarılan linyitlerinin genel özellikleri.....	35
5.2 Kütahya' da satışına izin verilen ısınma amaçlı ithal kömürlerin özellikleri.....	36
5.3 Isınma amaçlı kullanılacak yerli linyit kömürlerinin özellikler.....	36
5.4 Eskişehir il merkezinde SO <sub>2</sub> ve PM ölçüm sonuçları.....	37
5.5 2003-2005 yılları kış aylarında günlük maksimum emisyonlar ve bölgeleri.....	39
5.6 1994-2004 yılları aylık ortalaması 400 µg/m <sup>3</sup> 'ü geçen maksimum kirlilik değerleri.....	40
5.7 1990-2004 yılları arasında Kütahya'da aylara göre SO <sub>2</sub> ve PM ölçümleri.....	41
5.8 SO <sub>2</sub> konsantrasyonlarının yıllık ortalamalarına göre en kirli il merkezleri.....	47
5.9 PM konsantrasyonlarının yıllık ortalamalarına göre en kirli il merkezleri .....	48
5.10 Kütahya ilinde 2003-2004 yılları kış aylarında günlük en düşük sıcaklıklar .....	50

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

<b><u>Cizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
5.11 Kütahya'da 2003-2004 ve 2004-2005 yılları günlük ortalama rüzgar hızları.....	51
6.1 2003-2004 ile 2004-2005 ısınma sezonu derece-gün değerleri.....	58
6.2 Kütahya ilinde 2004 2005 Nisan ayları arası günlük ortalama sıcaklıklar .....	59
6.3 Optimizasyon sonrası yakıt miktarları .....	61
6.4 Optimizasyon öncesi ve sonrasının karşılaştırılması .....	61
6.5 Doğalgazın kent merkezinde kullanım tahminleri.....	61
6.6 2004-2005 kış sezonu SO <sub>2</sub> değerleri Regresyon analizi sonuçları.....	62
6.7 Kirlilik değerleri ile teorik olarak hesaplanan SO <sub>2</sub> değerlerinin karşılaştırılması	63
6.8 Kirlilik değerleri ile teorik olarak hesaplanan PM değerlerinin karşılaştırılması	64
7.1 Dönüşüm maliyetlerinin daire sayılarına oranları .....	69
7.2 Gerekli olan malzeme ve cihazlar.....	70
7.3 Koloñ hattı yapım giderleri.....	71
7.4 Kombi tesisatı malzemeleri ve yapım ücretleri.....	71
7.5 Isınma amaçlı kullanılan yakıt çeşitleri ve güncel yakıt fiyatları.....	73

**SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ**

<b><u>Kısaltmalar</u></b>	<b><u>Açıklama</u></b>
AYY	Akışkan Yatakta Yakma
BG	Baca Gazı
CFC	Kloroflorokarbon
EPA	Environmental Protection Agency
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
HC	Hidrokarbon
HFK	Hava Fazlalık Katsayısı
KVS	Kısa vadeli sınır değer
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
LNG	Sıvılaştırılmış Doğalgaz
Mtep	Milyon Ton Petrol Eşdeğer
PM	Partikül Madde
ppm	Milyonda bir parça
ppb	Milyarda bir parça
ppt	Trilyonda bir parça
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri
UVS	Uzun vadeli sınır değer
WHO	Dünya Sağlık Örgütü



## 1. GİRİŞ

İlk çağlardan beri insanlar çeşitli yöntemler ile dış şartlardan, özellikle soğuktan korunma çarelerini 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'ın ortalarında Amerika kıtasına dayanmaktadır. Ülkemizde ise Tanzimat 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.

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.

Ülkemizde tüketilen toplam enerjinin konut sektöründe kullanımı Avrupa Birliği (AB) ülkelerine göre daha fazladır [2]. AB ülkelerine kıyasla tükettiğimiz enerjinin daha büyük bir bölümünü konutlarımızın 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.

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 kalorifer kazanlarının araştırılarak geliştirilmesi ve üretimlerinin sağlanması amacıyla Başbakanlık Enerji Tasarrufu Koordinasyon Kurulu tarafından 1983 yılında kalorifer kazanları verim yönetmeliği çıkarılmıştır [3]. Ayrıca 2 Kasım 1986 tarihinde yayınlanan “Hava Kalitesinin Kontrolü Yönetmeliği” ile yakma sistemlerine emisyon sınırlamaları getirilmiştir [4]. Bu yönetmelik 1 Nisan 2005 tarihinde yenilenen “Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği” adıyla günümüz şartlarına uyarlanarak genişletilmiştir [5].

Kütahya ili uzun yıllardan beri önemli bir hava kirliliği sorunu ile karşı karşıyadır. Sorunun bir kısmı ilin coğrafik, meteorolojik koşulları ve bu koşullara uygun olmayan yerleşim durumu gibi değişemeyecek etkenlere, diğer kısmı ise kullanılan yakıt ve yakma sistemleri gibi optimize edilebilecek etkenlere bağlıdır.

Bu çalışmada;

- Enerji tüketiminin çevreyi nasıl etkilediği yanma sonu ürünleri ve yakma sistemleri açısından karşılaştırılmış, ilgili parametreler hakkında detaylı bilgi verilmiştir.
- Çevre kirliliğinin sınırlar ötesinde uluslararası olarak etkileri göz önünde bulundurulmuş ve sera etkisine neden olan gazlar içindeki yanma sonu ürünlerin oranları tespit edilmiştir.
- Doğalgazın genel özellikleri anlatılarak dünyadaki durumu hakkında bilgi verilmiştir. Türkiye’de ise birincil enerji kaynakları üretim ve tüketiminde doğalgazın durumu incelenmiştir.
- Yakıcı, insan faktörü ve kömürün kirliliğe yaptığı katkı incelenmiştir. Hava kirliliğine sebep olan gerek doğal ve gerekse insan yapısı etkenler araştırılmıştır. Kirlilik artışının insan sağlığına verebileceği zararlar ve bu zararlardan korunmak için değerlerin olabileceği maksimum sınırlar vurgulanmıştır. Kütahya’nın genel durumu ve şehir merkezi hakkında bilgiler verilmiştir. İl genelinde kullanılan kömürlerin özellikleri incelenerek bu kömürlerin hava kirliliğine etkileri hava kirliliği ölçüm sonuçlarına göre incelenmiştir.
- Kütahya ilinde seçilen bir örnek bölgede yıllık yakıt miktarı bulunarak doğalgaz kullanımı durumunda olabilecek sonuçların veri analizleri yapılmış ve hava kirliliğindeki azalma miktarı yıllara göre hesaplanmıştır.
- Ortalama şartlardaki bir binanın mevcut kömür yakıtlı merkezi sisteminin doğalgaza dönüşümü ve bireysel ısıtma olarak doğalgaza dönüşümü arasındaki maliyet analizi yapılmıştır. Her iki durumdaki sonuçlar karşılaştırılarak en ekonomik sistem dönüşümü tespit edilmiştir.

## 2. ENERJİ ÜRETİM ve TÜKETİMİ ANALİZİ

Türkiye’de enerji tüketimi enerji kaynaklarına ve ekonomik yapıya göre farklılıklar göstermektedir. Bu kaynaklar;

- Fosil kökenli enerji kaynakları: Kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer enerji,
- Yenilenebilir Enerji kaynakları: Biomass, jeotermal enerji, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidrolik enerji vb. dir.

Dünyada büyük ölçüde fosil kökenli enerji kaynaklarının kullanılıyor olması, çevre sorunlarını önemli ölçüde artırmaktadır. Bu nedenle çevresel etkileri az olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik her bakımdan avantajlı olmaktadır. Ancak bazı teknik sorunların çözümlenebilmesi için zamana ihtiyaç vardır ve bu da söz konusu geçisin oldukça uzun bir süre olacağını göstermektedir. Bu yüzden fosil kaynaklı enerji kaynaklarının kullanımında bazı hususlara dikkat edilmelidir. Bu hususların başında, verimin artırılması gelmektedir. Fosil kökenli enerji kaynaklarının tüketimine artarak devam edileceğine göre, enerjiyi tüketirken daha az çevre kirliliğine yol açmak için;

- Alt ısı değeri yüksek yakıtlar kullanılmalı,
- Mümkün olabilecek en az zararlı baca gazı emisyonları olan yakıtlar tercih edilmeli,
- Bireysel ısınmadan olabildiğince uzak durulmalı,
- Her şeyden önemlisi verimi en yüksek yakıcılar (kazan, soba vs.) kullanılmalıdır.

### 2.1. Yakıtlar

Fosil kökenli enerji kaynakları; katı, sıvı ve gaz yakıtlar olmak üzere üç kısma ayrılmaktadır. Katı yakıtların birçok dezavantajı bulunmasına rağmen sıvı ve gaz yakıtların en büyük avantajları arasında sabit alt ısı değere sahip olmaları ve yanma sonrası ürünleri arasında kül bulunmaması sayılabilir.

Ülkemizde kullanılan katı yakıtların başında kömür gelmektedir. Kömürler uygulamada alt ısı değerine göre genelde linyit ve taşkömürü diye adlandırılmaktadır. Alt ısı değeri 25100 kJ/kg ve üzerinde olan kömürler taşkömürü veya maden kömürü, altında olanlar ise linyit olarak tanımlanmaktadır [6].

Kömürler; taşmadan depolanmaya, beslemeden debi ölçmeye, tüm kullanım kolaylığı ölçütlerine göre, sorunlu bir yakıttır. Kömür yakıtlar, bünyelerinde her kaynağa göre değişen yanabilir elementler dışında nem ve mineral maddeler gibi değişik ürünleri bulundurmaktadırlar. Bu elementlerin yanma işlemine etkisi ise;

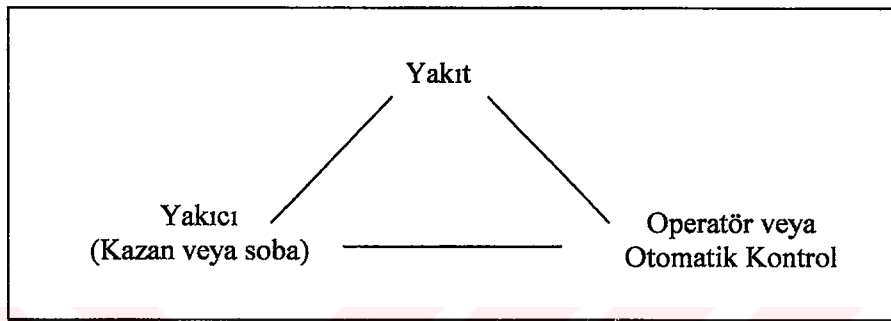
- Isıl değer ne kadar yüksek olursa, birim buhar miktarı başına yakacak tüketimi o kadar az olur. Bunun sonucu olarak; ocak, ızgara boyutları daha küçük ve taşıma masrafları o kadar az olur. Dolayısıyla SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM ve yanmamış hidrokarbon emisyonları (atmosfere verilen kirleticiler) azalır.
- Nem, hem taşımada faydasız bir ağırlık teşkil etmesi bakımından hem de yanma sonunda üretilen su buharının aldığı buharlaşma ısısından dolayı yakıtın ısıl değerini azaltarak yakacak ihtiyacını artırır.
- Kül oranının yüksek olması katı atık sorununu ve toz yayılımını artırmaktadır. Kül, ergime sıcaklığı düşük olursa kolayca erir ve ızgara aralıklarını tıkayarak yanmayı zorlaştırır.
- Kükürt' ün ısıl değeri az miktarda artırmasına karşılık iki büyük sakıncası vardır.
  - Yanma sonunda meydana gelen SO<sub>2</sub> ve SO<sub>3</sub> gazları, yine yanma sonunda oluşan su buharı ile birleşerek H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oluşturur. Buda özellikle düşük sıcaklıklardaki dumanlarda metal kısımların korozyonuna sebep olur.
  - İnsan ve çevre sağlığı açısından büyük olumsuzluklar yaratır.
- Uçucu madde oranı ne kadar yüksek olursa yanmada o kadar hızlı olur. Fakat hava ayarı iyi olmazsa çok is ve kurum meydana gelir. Genelde uçucu madde oranı yüksek kömürlerin kül ergime sıcaklığı düşük olmaktadır. Bu yanma verimini düşürmekte, aglomerasyon meydana getirerek yanmayı olumsuz yönde etkilemektedir.

Normal koşullarda ısıl değeri düşük olduğundan tercih edilmemesi gereken ağaç kömürünün bugün daha fazla kullanılmasının nedeni aglomerasyon sorununun olmamasıdır [6].

## 2.2. Yanma ve Yakma Sistemleri

Genel olarak yakma sistemlerinden; çevre kirliliğini önlemesi, temiz ve verimli yanma sağlanması, yanma sonrası elde edilen ısının, dönüşüm verimini yüksek seviyelerde tutması, gibi özellikleri taşınması istenmektedir. Yakıt içerisindeki yanabilir bileşenlerin, havanın oksijeni ile reaksiyona girmesine yanma denir. Yanma esnasında ısı açığa çıkar. Yakıtlar genellikle yanabilir elementler olarak karbon, hidrojen ve bunların bileşikleri ile az miktarda kükürt ve yanmayan bileşen olarak azot, su ve kül içerirler. Yanma süreçleri incelenirken havanın hacimsel olarak %79 azot ve %21 oksijen olduğu varsayılır. Bu bileşimde olan havanın molekül ağırlığı 28,851 olup, içerisinde 1 mol oksijene karşılık 3,76 mol azot bulunur. Yanma prosesinde yakıt içindeki bütün yanabilir bileşenler tam olarak oksitlenir ve CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub> vb. şeklindeki ürünlere dönüşürse yanma tamdır. Tam yanma için gerekli olan minimum hava miktarına stokiometrik hava miktarı ve bu şekilde gerçekleşen yanmaya ise teorik yanma denir.

Eksik yanma enerji kaybı ile sonuçlandığından uygulamada yanmanın tam olarak gerçekleşmesine çalışılır. Bunun içinde çoğunlukla teorik hava miktarından daha fazla havanın kullanılması zorunludur. Gerekenden fazla hava bir taraftan kayıpların artmasına, diğer taraftan da ocak boyutlarının aşırı büyümesine neden olduğu için hava fazlalığını belirli bir minimum seviyede tutmak zorunluluğu vardır. Hava fazlalık katsayısı; yakıtın cinsine, yakma düzeneğinin dizaynına göre değişik değerler alır.



Şekil 2.1. Yanma üçgeni.

İyi bir yanmanın sonucu olarak gerek enerji tasarrufu sağlamak ve gerekse çevreyi daha az kirletmek için Şekil 2.1'de yanma mekanizmasının elemanları arasında maksimum uyum sağlanmalıdır. Bu uyum direk olarak sistemin verimini etkilemektedir. Şekil 2.1 den de görülebileceği gibi; yanma veriminin yüksek olabilmesi için yakıtın özelliklerinin yanında yakma sisteminin yakıtı uygunluğunun da önemi büyüktür. Yanma, yakıtın tane büyüklüğüne ve yanma sırasındaki davranışına bağlı olarak yüzeyde (ızgarada) yakma, hacimde yakma (brülör) ve askıda (akışkan yatakta) yakma olmak üzere üç gruba ayrılabilir.

Yakma sistemlerinden kaynaklanan partikül ve gaz biçimindeki çeşitli kirletici emisyonlar; hava, toprak ve su kirliliği gibi çevre sorunlarına neden olmaktadır. Yanma kayıplarının azaltılması, diğer bir ifadeyle yanma veriminin artırılması; yanmadan kaynaklanan CO, NO<sub>x</sub>, is, duman, kurum biçimindeki partiküllerin ve yakıtın içerdiği kül, kükürt ve azotun neden olduğu yakıttan kaynaklanan toz, SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> biçimindeki emisyonların azaltılması ile yakıt ve işletme koşullarına bağlı olarak yanma mekanizmasının bilinmesini gerektirmektedir. Yanma mekanizmasının analizi ile sağlanacak teknik bilgiler, uygun yakma sistemi tasarımı, yanma kontrol sistemi oluşturulması, temiz ve verimli yanma ile ilgili yakıt, tasarım ve işletme standartlarının hazırlanmasında kullanılabilir.

Bunların dışında yakma sistemi çeşitlerine göre de yanma verimi değişmektedir. Ülkemizde en yaygın olarak kullanılan yakma sistemi ızgarada yakmadır. Bu tip yakıcılar; sabit karbon oranı yüksek, uçucu madde oranları düşük yakıtlar için (kok, taşkömürü, maden kömürü) uygundur. Bu tür yakma sistemlerinde verimli ve temiz bir yanmanın sağlanabilmesi için uygun tane büyüklüğüne sahip, taşınabilir, depolanabilir özellikte, standart yakıtlara gereksinim vardır. Uçucu madde, nem, kül ve kükürt oranı yüksek yakıtların kullanılması (linyit) ise, yanma veriminin düşmesine, hava kirletici emisyonların aşırı biçimde artmasına sebep olmaktadır.

Mevcut linyit rezervlerimizin büyük kısmı bu yakma sistemine uygun yakıtlar olarak görülmemektedir. En uygun sistem günümüz şartlarına göre “Akışkan Yatakta Yakma” sistemidir. Akışkan yataklar özellikle düşük kaliteli ve çevre kirletme potansiyeli yüksek katı yakıtların değerlendirilmesinde kullanılır. Bu sistemle linyitlerin yanması durumunda kullanılan kömürün cinsine bağlı olarak uçucu maddelerin yanması toplam yanma enerjisinin % 40'ına ulaşabilmektedir [7].

Konutlarda kullanılan enerjinin sadece ısınma amaçlı olmamasına rağmen, bu enerjinin büyük bir bölümünün kış aylarında tüketildiği unutulmamalıdır. Bu oran özellikle Aralık, Ocak, Şubat aylarında %70'lere kadar ulaşmaktadır [2]. Endüstrisi gelişmemiş olan illerimizde karşılaşılan hava kirliliği tamamen ısıtma amaçlı yakıt tüketiminden kaynaklanmaktadır. Endüstriyel tesislere sahip şehirlerimizde de yazın hissedilmeyen hava kirliliğinin kış aylarında ortaya çıkması konunun en belirgin kanıtıdır.

Kütahya kent merkezinde genellikle kış aylarında oluşan hava kirliliğinin azaltılmasında binalardaki ısı kayıplarının önlenmesi çok büyük önem taşımaktadır. Isı yalıtımı, ısı kayıplarının teknik önlemlerle azaltılmasının sağlayacağı enerji tasarrufu yanında hava kirliliğini de azaltacak bir önlemdir.

Isı yalıtımı, yalıtımsız ve yalıtımlı duvarlarda maliyet yönünden bir örnekle karşılaştırıldığında ortaya şu ifade çıkmaktadır. Binaların dış duvarları delikli tuğla yerine gazbetonla örüldüğünde maliyet yönünden yaklaşık %25 kadar daha pahalıya mal olmasına karşılık yaklaşık olarak %61 oranında ısı tasarrufu sağlamaktadır. Yada sandviç duvar yapıldığında yaklaşık %27 kadar daha pahalıya mal olmasına karşılık %64 oranında ısı tasarrufu sağlamaktadır [8]. Yapıların ısı kayıplarının azaltılması ile hem ısıtma tesisatının ilk yatırım maliyetini, hem de işletme giderlerini önemli ölçüde düşürmek mümkündür.



Ülkemizde hava kirliliğinin nedenlerinden birisi de binalardaki ısı yalıtımının eksikliğidir. Kütahya’da özellikle daha önce yapılmış binalarda yalıtım eksiklikleri göze çarpmaktadır. Yalıtımsızlıktan veya eksik yalıtımdan dolayı kullanılabilir enerjinin büyük bir bölümü dışarıya atıl enerji olarak verilmektedir. Böylelikle binaları ısıtmak için daha fazla enerji gerektiğinden daha fazla ısı üretimi vardır. Bunun sonucu olarak baca gazından çevreye daha fazla zararlı emisyon verilmektedir.

### 2.3. Kömürdeki Kısıtlamalar

Hangi yakıt çeşidi kullanılırsa kullanılsın yakıtlar az yada çok kirleticilik özelliğine sahiptir. Ancak enerji ihtiyacı; yakıt miktarı azaltılırsa ve yakılması gereken en az miktarlarda kaliteli yakıtlar ile karşılanırsa, o zaman doğaya en az zararı vererek karşılanmış olur.

İthal ve yerli kömürlere kükürt ve PM miktarlarına göre uygulanan sınırlamalar Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 1 Nisan 2005 tarihinden itibaren “Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü” yönetmeliği ile yenilenerek genişletilmiştir [5]. Çizelge 2.1’de hava kalitesi sınır değerlerini aşan bölgelerde bulunan konutlarda ısınma amaçlı ithal taşkömürü kullanımında uygulanan sınır değerler verilmiştir.

Çizelge 2.1. Isınma amaçlı ithal kömürlerin özellikleri ve sınırlamaları [5].

Özellikler	Sınırlamalar
Kükürt	% 0,9 maksimum
Nem	% 10 maksimum
Kül	%14 maksimum
Alt Isıl Değer	26000 kJ/kg (minimum)
Uçucu Madde	% 12-28
Boyut	18-150 mm

Hava kirlilik değerleri belirlenen sınır değerlerini aşan bölgelerde yerli kömürlerin kullanılması durumunda uygulanan sınır değerler ise Çizelge 2.2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.2.** Hava kalitesi sınır değerlerini aşan bölgelerde kullanılacak yerli kömürlerin özellikleri [5].

<b>Özellikler</b>	<b>Sınırlamalar</b>
Kükürt	% 2 maksimum
Nem	%20 maksimum
Kül <sup>a</sup>	%18 maksimum
Alt Isıl Değer	16700 kJ/kg minimum
Boyut	18-150 mm

Hava kirlilik değerleri kısa vadede yada uzun vadede belirlenen sınırlar altında kalan il veya ilçe merkezlerinde ise, kükürt değeri daha yüksek kömürler kullanılabilir. Bu bölgelerde uygulanan sınırlamalar Çizelge 2.3'te gösterilmiştir.

**Çizelge 2.3.** Hava kalitesi sınır değerlerini aşmayan bölgelerde kullanılacak yerli kömürlerin özellikleri [5].

<b>Özellikler</b>	<b>Sınırlamalar</b>
Kükürt	% 2,3 maksimum
Nem	%20 maksimum
Kül	%20 maksimum
Alt Isıl Değer	14650 kJ/kg minimum
Boyut	18-150 mm



### 3. ÇEVRE KİRLİLİĞİNİN ULUSLARARASI ETKİLERİ

Çevre ve insan ilişkilerinde ortaya çıkan çevre sorunlarının temelinde bakıldığında, bu sorunların insanın çevresini kendi çıkarlarına uygun hale dönüştürmesinden kaynaklandığı görülmektedir. Günümüzde bu dönüşüm sürecinin meydana getirdiği en büyük çevresel sorun, küresel iklim değişimi olarak görülmektedir. Küresel ısınmanın ortaya çıkması, deniz seviyelerinin yükselmesi ve büyük çaplı sel ve kasırga gibi doğal felaketlerin yaşanması doğrudan iklim değişikliği ile ilişkilendirilmektedir.

İklim değişikliğine yol açan birçok faktör olmasına rağmen, bu faktörler içindeki en önemli payı, insan kaynaklı sera gazları almaktadır. Atmosfer içindeki sera gazları payının, özellikle sanayi devriminden itibaren giderek artması ve bu artışın ekolojik denge üzerinde önemli tehditler oluşturmaya başlaması da, gerek yerel gerekse de uluslararası alanda önemli adımlar atılmasına yol açmıştır. 1992 yılında Rio'da toplanan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı, uluslararası alandaki ilk önemli adım olarak görülmektedir. Bu konferansta, sera gazları salımının azaltımı konusunda gelişmiş ülkelerin ciddi önlemler alması konusu gündeme gelmiştir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi iki ekten oluşmaktadır. Ek I, pazar ekonomisine geçmiş Doğu Avrupa ve eski Sovyet ülkeleri ile OECD üyesi ülkeleri, Ek II ise sadece OECD üyesi ülkeleri kapsamaktadır. Sözleşmeye göre Ek I ülkeleri küresel ısınmanın önlenmesi amacıyla sera gazı emisyonlarının azaltıcı politikalar uygulamakla yükümlü kılınmışlardır. Ek II ülkeleri ise, Ek I' deki yükümlülüklere ek olarak, Ek'ler kapsamı dışında tutulmuş olan gelişmekte olan ülkelere, iklim değişikliğinin önlenmesi konusunda finansal ve teknolojik destek sağlamakla yükümlü kılınmışlardır [9].

#### 3.1. İklim Sistemi ve Değişimi

Dünya iklim sistemi çok karmaşık bir yapı olarak görülmektedir. Bu sistemin atmosfer, okyanuslar, okyanus akıntı sistemi, kutup bölgeleri, ormanlar, çöller, buzullar, yanardağlar, insan etkinlikleri gibi bir çok değişkeni olduğu bilinmektedir.

Küresel iklim sistemi, atmosferin oluşumundan beri, tüm zaman ve alan ölçeklerinde değişme eğilimi içine girmiştir. Bilim adamları tarafından dünya ikliminin içinde bulunduğumuz dönemden daha soğuk olması gerektiği öngörülmektedir. Ancak sürdürülen araştırma ve gözlemler sonucunda, dünya ikliminin soğuk bir döneme değil; aksine tehlike yaratacak ölçüde sıcak bir devreye girmiş olduğu anlaşılmaktadır. 1860 yılından günümüze kadar yapılmış olan gözlem ve kayıtlar, ortalama küresel sıcaklığın 0.5 ile 0,8 °C arasında arttığını göstermektedir. 19. yüzyılın ortalarından itibaren doğal değişebilirliğe ek olarak, ilk

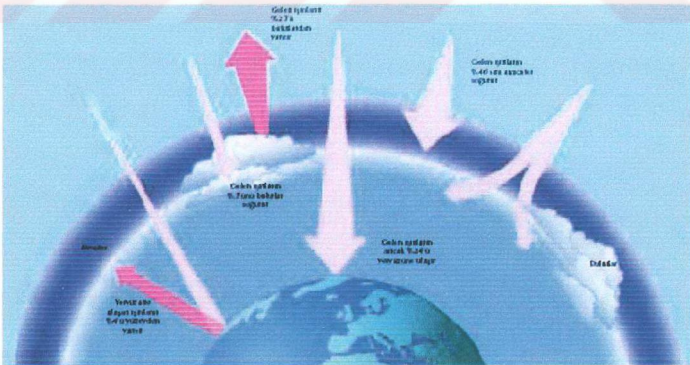
kez insan etkinliklerinin de küresel iklimi etkilediği yeni bir döneme girilmiştir. İklim değişikliği; hükümetler arası iklim değişikliği paneli'nde (IPCC), "karşılaştırılabilir bir zaman periyodunda gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan yada dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan değişiklik" biçiminde tanımlanmıştır .

### 3.2. Küresel Isınma

Küresel ısınma son zamanlarda tartışılan en önemli çevresel ve sınırlar ötesi sorundur. Bu sorun endüstriyel devrimin başlangıcından 1940'lı yıllara kadar olan dönem içerisinde kontrol edilmemiş ancak 1940'tan hemen sonra bu çevresel değişiklik, bilim adamları tarafından izlenmeye başlanmıştır [10].

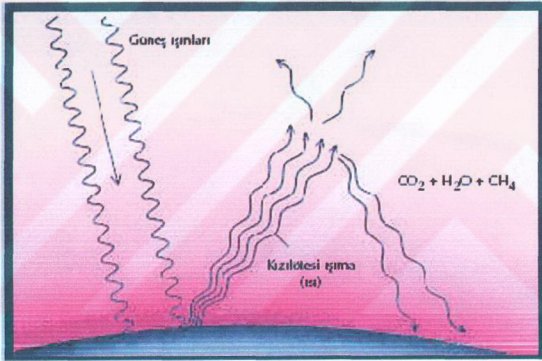
Küresel ısınmadan kaynaklanan iklim değişimi uzun dönemdeki ısısal dalgalanmalar, yağışlar, rüzgarlar ve dünyada bulunan diğer iklim değişimleriyle ilgilidir. İklim değişikliğinin en önemli nedeni, atmosferdeki karbondioksit (CO<sub>2</sub>) miktarının artmasıdır. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli'ne (IPCC) göre, geçtiğimiz yüzyılda dünya sıcaklığı 0,6 °C artmıştır. Son 50 yıldaki ısınmanın temel nedeninin, atmosferdeki sera gazları oranının artması olduğu düşünülmektedir. IPCC, 21. yüzyılda da sıcaklıklarda 6 °C ye kadar artış beklenebileceğini tahmin etmektedir.

### 3.3. Sera Etkisi



Şekil 3.1 Sera gazı etkisinin şematik olarak gösterimi.

Güneş'ten Dünya'ya gelen ışınların yaklaşık dörtte biri, bulutlardan yansiyarak uzaya dönmekte geri kalan kısmın yaklaşık yarısı (%46) ise dünya atmosferi tarafından emilmektedir (Şekil 3.1). Güneş ışınlarının yeryüzüne ancak dörtte biri ulaşabilmektedir. Yeryüzü güneşten gelen ışınlarla ısınır ve bu ısıyı yaymaya başlar. Ancak yerden kızıl ötesi ışınlar halinde uzaya yansıyan bu ışınlar atmosferde bulunan su buharı, karbondioksit ve metan molekülleri tarafından absorbe edilir (Şekil 3.2). Emilen bu ışınlar ısıya dönüşerek atmosferin alt katmanlarında sıcaklığın yükselmesine sebep olurlar. Böylece yerkürenin yüzeyi ve alt troposfer tabakası olması gerekenden daha sıcak olur. Bu olay, güneş ışınlarını içeriye hapseden bitki yetiştiriciliğinde kullanılan seraya benzediğinden sera etkisi olarak isimlendirilmiştir. Bu sürecin oluşumunu sağlayan su buharı, karbondioksit ve metan gazlarına da sera etkisini oluşturan gazlar yada kısaca sera gazları denir [8].



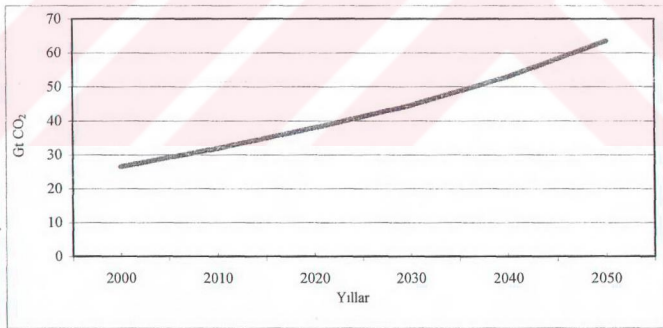
Şekil 3.2: Sera etkisine neden olan gazların oluşum kaynakları.

Sera etkisine sebep olan gazların yıllık artış oranları, konsantrasyon artış miktarları ve en önemli kaynakları Çizelge 3.1 de verilmiştir. Çizelge 3.1 incelendiğinde en yüksek konsantrasyon artışının R13 gazında olduğu görülmektedir. Bunu, soğutucu akışkanlar ve elektronik çözümlerden kaynaklanan gazların artış oranı takip etmektedir.

**Cizelge 3.1.** Sera etkisine neden olan gazların artış oranı ve en önemli kaynakları [11].

Gazlar	Konsantrasyon Artışı (%/Yıl)	En Önemli Kaynakları veya Nedenleri
CO <sub>2</sub>	0,3	Fosil yakıtların yanması
CH <sub>4</sub>	0,8-1	Biomass, fermantasyon, çöplük, ormanların bozumu
NO <sub>x</sub>	0,2	Doğal kaynaklar, gübrelili topraklar, yakıtların yanması
CFCl <sub>3</sub> (R11)	4	Çeşitli aerosollar ve köpük üretimleri
CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> (R12)	4	Çeşitli aerosollar, köpük üretimleri ve soğutucu akışkanları
CHClF <sub>2</sub> (R22)	7	Soğutucu akışkanları
C <sub>2</sub> Cl <sub>3</sub> F <sub>3</sub> (R13)	11	Elektronik çözücüler
CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>	7	Endüstriyel çözücüler
CCl <sub>4</sub>	1	R-12 ve R-11 üretiminde ara elemanlar, çözücüler

Sera etkisini oluşturan gazların içinde % oranı en yüksek olan CO<sub>2</sub> nin şu anki üretimini ve 2050 yılına kadar nasıl artış göstereceği Şekil 3.3' de gösterilmiştir.



**Şekil 3.3:** Sera etkisine neden olan gazlardan CO<sub>2</sub> nin artış miktarı [12].

Dünyanın ortalama hava sıcaklığı 15 °C'dir. Eğer atmosferin doğal sera etkisi olmasaydı dünyanın ortalama hava sıcaklığı 33 derece daha soğuk, yani -18 °C olacaktı. Ancak atmosferdeki sera etkisini oluşturan gazların miktarı her geçen gün artmaktadır. Dünya ikliminin önümüzdeki yüz yıllık dönemde yeniden dengeye kavuşabilmesi için atmosferdeki

karbondioksitin, okyanusların ve ormanların emebileceği bir düzeye indirilmesi gerekmektedir. Bu da yılda en fazla 1-2 milyar tonluk bir CO<sub>2</sub> atılımı ile sağlanabilir; diğer bir deyişle bugünkü miktarın % 20'sine karşılık gelmektedir. Ancak tahminlere göre; 2015'te insan etkinlikleri yüzünden atmosfere karışan karbondioksit miktarının 1990' daki miktarın % 50 fazlası olacağı, 2100 yılındaysa üç katına çıkacağı tahmin edilmektedir (şekil 3.3). Bu sebepten dolayı atmosferdeki sera gazları miktarının artışının sınırlandırılmasına yönelik uluslararası çalışmalar yaklaşık 15 yıldır sürdürülmektedir. Son olarak 1997'de Japonya'nın Kyoto kentindeki konferans; 160 ülkenin katılımıyla gerçekleşmiştir. Buna göre gelişmiş ülkeler, başta karbondioksit ve metan olmak üzere sera gazı üretimlerini 2012 yılına kadar 1990 düzeylerinin en az %5 altında olacağını taahhüt etmişlerdir. Ancak protokolün yürürlüğe girebilmesi için, onaylayan ülkelerin 1990'daki emisyon miktarlarının, dünyadaki toplam emisyon miktarına oranının % 55'i geçme şartı getirilmiştir. Bu nedenden dolayı protokolün yürürlüğe girmesi sekiz yıl sonra, 16 Şubat 2005 tarihinde, Rusya'nın katılımıyla gerçekleşebilmiştir [9].

### 3.3.1. Sera etkisine neden olan gazlar ve emisyonları

Sera etkisine neden olan gazlar ve emisyon kaynaklarının en önemlileri Çizelge 3.2 de verilmiştir. Çizelgede sera etkisine neden olan gazların oluşumunda insan kaynaklı etkilerin önemi ve büyüklüğü açıkça görülmektedir

Çizelge 3.2. Sera etkisinin kaynakları.

Sera gazları	Emisyon Kaynakları
Karbondioksit (CO <sub>2</sub> )	Kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtların yakılması
Metan (CH <sub>4</sub> )	Pirinç tarlaları Büyükbaş hayvan atıkları Biyomasın yakılması Çöp toplama alanları Doğalgaz boru hatlarındaki kaçaklar Kömür madenleri
Su Buharı (H <sub>2</sub> O)	Stratosferin üst kısımlarındaki su buharının konsantrasyonunun artması
Ozon (O <sub>3</sub> )	Trafik Termik santrallerdeki yanma olayları Tropikal ormanların yok olması
Azot oksit (NO <sub>x</sub> )	Tarımda suni gübre kullanımı
Kloroflorokarbon (CFC)	Sprey kutularındaki aerosoller Buzdolaplarındaki soğutucu maddeler Özellikle elektronik sanayide kullanılan temizleme maddeleri. Aircondition sistemleri



Çizelge 3.2 de verilen ve sera etkisine neden olan gazların etkilediği durumlar ve sınıflandırmaları ile ilgili detaylı bilgi aşağıda verilmektedir.

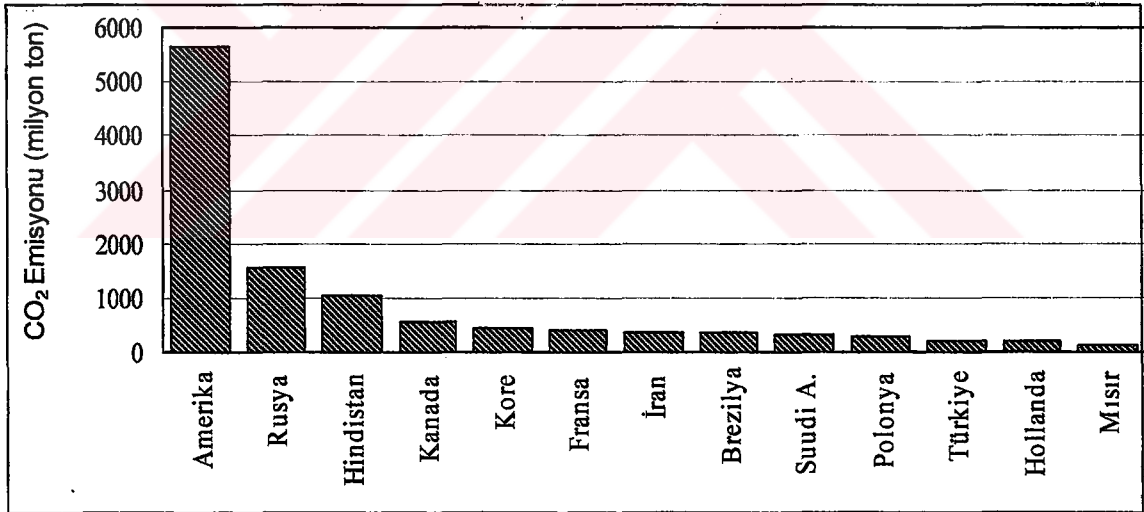
- Su buharı (H<sub>2</sub>O): İnsan kaynaklı su buharının küresel konsantrasyonun ortalamasına direkt olarak etki ettiğine dair kesin bir kanıt bulunamamıştır. Ancak daha sıcak atmosfer, suyun tutunma kapasitesini yükseltmekte ve artan su buharının konsantrasyonu güneşten gelen ışınları absorbe eden ve yansıtan bulutların oluşumunu etkilemektedir [13].
- Karbondioksit (CO<sub>2</sub>): Atmosferin ısınması; iklimlerin değişmesi, buzulların erimesi ve deniz seviyelerinin yükselmesi gibi ekolojik dengeyi bozan olayların oluşmasındaki en önemli pay, gerçekte özellikleri nedeni ile kirletici olarak sınıflandırılmayan karbondioksite aittir. Atmosferin bileşiminde bulunan CO<sub>2</sub> gazı tek yönlü filtre görevi yapmaktadır.
- Endüstriyel devrimden önce (1750 öncesi), atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu birkaç bin yıl boyunca 280 ±10 ppm iken 1750'den sonra atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonları %30 artış gösterip 367 ppm'e ulaşmıştır. Bu artışın CO<sub>2</sub> emisyonlarının 3/4 lük değeri fosil yakıtların yanmasıyla oluşmaktadır [14].

Çizelge 3.3'te değişik fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> emisyonlarının karşılaştırılması verilmektedir. Üretilen aynı ısı miktarına karşılık en büyük CO<sub>2</sub> emisyonu kömür kullanımında görülmektedir. Diğer yandan kömür ve petrol türevli yakıtların yerine kullanımının artırılmasına çalışılan doğalgaz, SO<sub>x</sub> açısından olumlu ise de önemli ölçüde CO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonuna neden olmaktadır. Bu sebeple doğalgaz kullanımı, hava kalitesine olumlu katkıda bulunmakla birlikte, hava kirliliği için kesin çözüm değildir.

**Çizelge 3.3.** En çok kullanılan fosil yakıtların CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> emisyonları [15].

<b>Enerji Türü</b>	<b>CO<sub>2</sub> (kg/GJ)</b>	<b>CH<sub>4</sub> (kg/GJ)</b>
Kömür	94,6	0,0020
Doğalgaz	56,1	0,0030
Nükleer Enerji	0	0
Jeotermal	0	0
Biomass	0	0,0320
Rüzgar Enerjisi	0	0
Güneş Enerjisi	0	0
Propan	63,1	0,0010

Karbon; dünya üzerindeki bitki örtüsü ve ormanlık alanlarda, ağaç dokularında, okyanuslarda ve kayalarda yoğun bir biçimde depolanmaktadır. Bitki örtüsü ve ormanlık alanlar CO<sub>2</sub> gazının azaltılmasında, okyanuslardan sonra en büyük yutak konumundadırlar. Yaşayan ormanlar yeryüzündeki, geçmiş dönemlerde yaşamış ormanlar ise yer altında bulunan (kömür, petrol ve doğalgaz biçiminde) karbon depolarıdır. Dünyadaki doğal süreçlerin on milyonlarca yıldır depoladığı bu karbon stokları, yirminci yüzyıl boyunca insanlar tarafından çok hızlı bir biçimde atmosfere (karbondioksit olarak) geri verilmeye başlanmıştır. Oluşan CO<sub>2</sub> emisyonu, ormanlık alanlar tarafından absorbe edilmekte ve oksijen olarak tekrar atmosfere iade edilmektedir. Bu bakımdan, ormanlık alanların azaltılması, oluşan CO<sub>2</sub> emisyonunun absorbe edilme oranını düşürecektir. Bu durum da CO<sub>2</sub> emisyonunda bir artış meydana getirecektir. Fosil yakıtların tüketimi ve ormansızlaşma yüzünden her yıl atmosfere yaklaşık 7 milyar ton karbondioksit salınmaktadır. Mevcut CO<sub>2</sub> emisyonlarının (milyon ton) ülkelere göre dağılımı Şekil 3.4'te verilmiştir [16].



Şekil 3.4 Bazı ülkelerin CO<sub>2</sub> emisyonları [10].

- Metan (CH<sub>4</sub>): Metan temel olarak doğada biyolojik sistemlerdeki organik maddelerinin ayrışımı boyunca üretilir. Metan gazı aynı zamanda doğalgazın, petrolün üretimi ve dağılımında yayılır, kömürün ve fosil yakıtın tamamlanmamış yanması esnasında ortaya çıkar. Metanın atmosferik konsantrasyonu endüstriyelleşme zamanı öncesinden beri yaklaşık %150 artmıştır [13].
- Azotoksit (NO<sub>x</sub>): Suda ve topraktaki biyolojik kaynakların geniş bir değişkenlikle doğal olarak üretilen, kimyasal ve radyoaktif olarak aktif bir sera gazıdır. NO<sub>x</sub> emisyonları

CO<sub>2</sub> emisyonlarından çok daha düşüktür. İnsan aktivitelerinin oluşturduğu azotoksit emisyonları tarımsal topraklarda kullanılan gübrelerden, özellikle sentetiğin kullanımından, fosil yakıtların yanması (özellikle taşıtlar), naylon ve nitrik asit üretiminden, atık su işlemlerinden, atık yakımından ve biomass yanmasından kaynaklanmaktadır. 1750'li yıllardan günümüze NO<sub>x</sub>'li bileşiklerin atmosferik konsantrasyonu %16 artmıştır . [13]

- Halokarbonlar: Halokarbonların büyük bir bölümü insan yapımı kimyasallardır Halokarbonlar; klorin, Kloroflorokarbon'lar (CFC), HCFC, metil kloroform, karbon tetraklorit, metil bromit ve hidrobromoflorokarbon (HBFC) stratosferik ozon tüketimine yol açan gazlardır. Buzdolaplarında soğutucu gaz olarak ve strapor izolasyonunun yapımında kullanılan CFC gazları ozon tabakasının incelmesinde en etkin gazdır. 1986 yılı ölçümlerine göre, küresel CFC üretiminin dörtte biri soğutma amacıyla kullanılsa da, şu anda Avrupa topluluğu'na üye ülkelerde CFC gazlarının üretimi yasaklanmış bulunmaktadır [13].
- Ozon (O<sub>3</sub>): Zararlı seviyelerdeki ultraviyole ışınına kalkan olarak bulunan stratosferin tabakasının üstünde ve insanlardan kaynaklanan duman gazları gibi fotokimyasal içeriğe sahip olan troposfer tabakasının (en alt tabaka) içerisinde düşük oranlarda bulunur [13]. Ozon, üç tane oksijen (O<sub>2</sub>) atomunun birleşmesiyle oluşmaktadır. Güneşten gelen yüksek enerjili ultraviyole ışınımının (görünür ve uzun dalga boyulu) etkisiyle atmosferde oksijen molekülü (O<sub>2</sub>) parçalanarak, serbest oksijen atomu haline dönüşmektedir. Daha sonra bu serbest haldeki oksijen atomları (O) yine ultraviyole radyasyonunun etkisiyle oksijen molekülüyle (O<sub>2</sub>) birleşerek ozon molekülünü (O<sub>3</sub>) oluşturmaktadırlar. Yüksek enerjili ultraviyole radyasyonu (UV) ozonun hem oluşumunda, hem de parçalanmasında tek başına etken bir rol oynamaktadır. Ozon atmosferde bulunan Azot (N), Oksijen (O<sub>2</sub>) ve Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) gibi temel gazlara göre oldukça düşük orandadır ve iklimi etkilemekte ve yeryüzündeki canlıların korunmasında önemli rol oynamaktadır [17].

### 3.3.2. Ozon tabakası

Ozon, atmosferde en yoğun olarak troposfer ve stratosfer tabakaları olmak üzere iki ayrı tabakada ve ayrı şekilde bulunmaktadır. Bunlardan ilki, stratosfer tabakası içerisinde, yerden yaklaşık 10-50 km'ler arasında doğal olarak bulunan ve atmosferdeki toplam ozonun % 90'ını oluşturan stratosferik ozondur. Güneşten gelen zararlı ultraviyole radyasyonunu emmesi (tutması) nedeniyle hayati önem taşıyor ve iyi huylu ozon olarak isimlendirilmektedir.



İkincisi ise; yer yüzeyi ile 10 - 15 km arasında bulunan, atmosferdeki toplam ozonun % 10'unu oluşturan ve insan kaynaklı olan troposferik ozondur. Özellikle, Azot oksit ( $\text{NO}_x$ ) türevlerinin güneş ışığı ile tepkimeye girmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. İnsan sağlığını olumsuz yönde etkilediğinden kötü huylu ozon olarak isimlendirilmektedir. Toplam ozon ise, bu iki farklı huylu ozonun birleşmesinden ibarettir.

- 3 Ozon Tabakasının İncelenmesi:

Yeryüzünde günlük yaşantının bir parçası olan ve içerisinde ozonu parçalayan klor, brom, metan gibi zararlı kimyasal maddeleri bulunduran soğutucular, klimalar, deodorant ve sanayide temizleyici olarak kullanılan kimyasal çözücüler, insanlar tarafından sürekli kullanıldıkça, atmosfere CFC'lar ve bunların türevleri gibi çeşitli maddeleri salıvermektedirler. Atmosfere salıverilen bu zararlı klor bileşenleri atmosferin üst katlarına kadar taşınmakta ve ozonun en yoğun bulunduğu ozon tabakasına kadar ulaşabilmektedir. Burada yüksek enerjili ultraviole radyasyonunun katkısıyla ozon molekülünü ( $\text{O}_3$ ) parçalayarak, oksijen molekülü ( $\text{O}_2$ ) ve oksijen atomu (O) şekline dönüştürmektedirler. Sonuç olarak; parçalanmış ozon atomları nedeniyle ozon tabakası içerisindeki ozonun yoğunluğu azalmakta ve güneş radyasyonunun zararlı etkilerinin yeryüzüne kadar ulaşmasına neden olmaktadır.

- Ozon tabakasını iyileştirmek:

CFC'lar (Kloroflorokarbon) içinde bulunan kloru hem doğa hem insan üretmektedir. Doğanın ürettiği klorun suda çözünebilir kısmı, stratosfere kadar ulaşmamaktadır. İnsan yapımı klor stratosfere ulaşmaktadır. Bu klor ve buna ek olarak üretilen bromit'in miktarı düşmedikçe, ozon tabakası zarar göremeye devam edecektir. Bilim adamları, alınan kararlara uyulduğu takdirde ozon tabakasının bu yüzyılın ortalarında kendini yenileyerek normal seviyesine ulaşacağını düşünmektedirler. Yenileme sürecinin bu kadar uzun olmasının nedeni de CFC ve diğer zararlı bileşiklerin ömürlerinin uzun olmasıdır.

CFC'lar dışında tarım zararlılarına karşı kullanılan bazı pestisitler de ozon tabakasını etkilemektedir. 1997 Ağustos ayında bilim adamlarının Birleşmiş Milletler Çevre Programı'na gönderdiği raporda tehlikeli pestisitlerde kullanılan metil bromit kimyasal maddesiyle ilgili bilgiler bulunmaktadır. Bu rapora göre, madde toprağa zarar verdiği gibi, ozon tabakasının yıkımında da onda bir oranında sorumludur. Fakat bu konuyla ilgili önlemlerin yürürlüğe girmesi ve kısıtlama şimdilik dörtte üç oranında olması beklenmektedir. İlerleyen yıllarda metil bromit'in kullanımının tamamen kaldırılması ve daha katı kurallar getirilmesi beklenmektedir.

Ozon tabakasını etkileyen kimyasalların başında temizlik malzemelerinin içinde bulunan trikloroetanda ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ) gelmektedir. Bu maddenin kullanımının günümüzde

sınırlandırılmış olmasından dolayı ozon tabakasında belli bir iyileşmenin olacağı tahmin edilmektedir. Ancak diğer halokarbonların da azaltılmasına hızlı bir gereksinim vardır. Diğer halokarbonların başında da CBrClF<sub>2</sub> (halon-1211) gelmektedir. Ozon tabakasını en çok etkileyen bu gazın kullanımında henüz bir azalma olmamıştır. İnsan yapımı bu gazların azalmasıyla ozon tabakasında daha hızlı bir iyileşme olabileceği öngörülmektedir .



## 4. HAVA KİRLİLİĞİ ve DOĞALGAZ' IN İRDELENMESİ

### 4.1. Hava Kirliliği

Doğal olarak havada bulunmayan (çeşitli kimyasal süreçlerle açığa çıkan gaz yada parçacık halindeki) maddelerin yada normalde zararlı olmayan miktarlarda bulunan maddelerin artmasına bağlı olarak canlıların yaşamını, insanların sağlığını olumsuz etkileyen, fiziksel zararlara yol açan ve ekonomik kayıplara neden olan duruma hava kirliliği denir. Bu maddelerin bir bölümü canlıların yaşamlarını doğrudan etkiledikleri gibi, diğer bölümü de dolaylı olarak etkilemektedir. Kirleticilerin derişikliği ve bunlara maruz kalma süresi etkin faktörlerdir. Kısa sürede yüksek derişiklik veya uzun sürede düşük derişiklik canlı yaşamına aynı etkiyi yapabilir. Genel olarak hava kirleticileri, özellikleri ve orijinleri göz önüne alınarak sınıflandırılırlar [3].

- Birinci dereceden hava kirleticiler;
  - Partikül Maddeler (PM)
  - Kükürtoksitler (SO<sub>x</sub>)
  - Azotoksitler (NO<sub>x</sub>).
- İkinci Dereceden Hava Kirleticiler;
  - Hidrokarbonlar,
  - Karbonmonoksitler
  - Ağır Metaller (Kurşun, Çinko, Kadmiyum)

Ayrıca hava kirliliğinin nedenlerini iki ana grupta incelemek mümkündür. Bunlar;

- Isıtma amaçlı yakıt tüketiminden kaynaklanan hava kirliliği;
  - Isı tasarrufu ve yalıtımla ilgili nedenler
  - Yakıtlarla ilgili nedenler
  - Yakma sistemi ile ilgili nedenler
- Isıtma dışında kalan nedenlerden kaynaklanan hava kirliliği;
  - Yapılaşmadan kaynaklanan hava kirliliği
  - Sanayiden kaynaklanan hava kirliliği
  - Taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliği

#### 4.1.1. Temiz hava planı

Hava kirlenmesinin, kış aylarında belirli alanlarda yönetmelikler tarafından belirlenmiş uyarı kademelerini aşması, kirlenme boyutunun insan yaşamını tehdit edebilecek sınırlara geldiğini göstermektedir. Yoğun kirlenme dönemlerinde trafiğin sınırlandırılması, kalorifer

kazanları ve sobaların yakılmasının engellenmesi veya kısıtlanması ile sorunların yeterince çözülememesi, sorunlar ile yeterince mücadele edilmediğini göstermektedir.

Temiz hava planı (THP); hava kirlenmesi sorununun yaşandığı bölgelerde kirliliğin kaynaklarını, etkilerini kısa ve uzun vadede sorunun çözümlerini ortaya koyan çalışmalardan oluşur. THP bir bölgede kirlenme ortaya çıktıktan sonra veya zararlı etkilerin görülmesi durumunda yapılması gereken planlar değil tam aksine çevreyi kirletmemek olmalıdır. Bu nedenle sadece hava kirliliğinin var olduğu bölgelerde değil tüm yerleşim alanlarında uygulanmalıdır. THP' nın uygulama aşamaları;

- Mevcut durumun belirlenmesi;
  - Bölgenin hava kalitesinin belirlenmesi,
  - Kirletici kaynakların belirlenmesi,
  - Yakıtlarla ilgili bilgilerin toplanması,
  - Meteorolojik özelliklerin belirlenmesi,
- Değerlendirme ve planların hazırlanması,
- Hazırlanan planların uygulama ve sürekliliğinin sağlanması, şeklindedir [20,23].

#### 4.1.2. Meteorolojik Şartlar

Katı, sıvı ve gaz yakıtların yanması sonucu yayılma miktarı çok yüksek olan kirleticilerin yanı sıra, yakacağın türüne ve yanma prosesine bağlı olarak çeşitli miktarlarda değişen azot oksitler, karbon monoksit, hidrokarbonlar, klor, halojenli bileşikler ve partikül maddeler atmosfere yayılmaktadır. Bu yayılan zararlı bileşikler özellikle konut veya sanayinin olduğu belirli bölgelerde insan sağlığını tehdit edebilecek düzeylere ulaşabilir. Hava kirliliğinin bu düzeylere ulaşmasında insan kaynaklı nedenlerin yanında birde doğal sebepler mevcuttur. Bu sebeplerin en önemlileri şunlardır.

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

- Basınç: Çok yavaş hareket eden yüksek basınç merkezleri; bulunduğu bölge üzerinde kirletici konsantrasyonların artmasına sebep olur.
- İncersiyon: İncersiyonlu günlerde bacadan atılan sıcak kirletici gazlar yer seviyesinde tutulabilir ve birikebilir. Bu durumda bacalardan ve egzozlardan atılan kirleticiler incersiyon tabakası içinde veya altında tutulur ve birikmeye başlar. Bacadan atılan kirletici miktarı azaltılmıyorsa ve incersiyon süresi de uzuyorsa o bölgede ciddi sonuçlara varabilecek hava kirliliği problemi yaşanabilir [19].

Dünyada çeşitli tarihlerde büyük facialarla sonuçlanmış incersiyon olayları meydana gelmiştir. Bunlardan en büyüğünde 1952 yılında Londra'da 5000 kişi ölmüş ve binlerce kişi kalıcı solunum sistemi rahatsızlıklarına yakalanmıştır [19]. Türkiye'de ise en büyüğü 1993 yılı kış ayında İstanbul Fatih ilçesinde meydana gelmiştir. Burada tespit edilen SO<sub>2</sub> değerinin birkaç günlük ortalaması 2.000 µg/m<sup>3</sup> değerinin üstündedir. Kütahya'da ise 15 Ocak 1998 tarihinde ölçülen SO<sub>2</sub> değeri 1433 µg/m<sup>3</sup> tür [20].

#### 4.1.3. Hava kirliliğinin nedenleri ve insan sağlığına olumsuz etkileri

İnsan sağlığının korunması amacıyla çevrede kısa ve uzun dönemde herhangi bir olumsuz etkinin ortaya çıkmaması için, atmosferdeki hava kirleticilerinin bir arada bulduklarında, değışen zararlı etkileri de göz önüne alınarak tespit edilmiş konsantrasyon birimleri ile ifade edilen seviyelerine hava kalitesi sınır değerleri denir. Bu değerler kısa vadeli ve uzun vadeli sınır değerler olarak iki kısma ayrılmakta olup bir yıl içinde aşılması gereken, tüm ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalamasına Uzun Vadeli Sınır Değer (UVS), 24 saatlik ortalamalar veya bir yıl içinde bütün ölçüm sonuçlarının sayısal değerlerinin büyüklüklerine göre sıralandığında ölçüm sonuçlarının %95'ini aşmaması gereken değerlere de Kısa Vadeli (24 saatlik) Sınır Değer (KVS) denilmektedir. Ülkemizde kentlerin kirlilik dereceleri SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarına göre belirlenmektedir. Kentsel yaşamda insan sağlığını en çok tehdit edebilecek kirlilik emisyonlarının bazıları ile KVS ve UVS sınır değerleri Çizelge 4.1 de verilmiştir. Buna göre illerimizi üç grupta inceleyebiliriz;

- Sürekli hava kirliliğinin etkisi altında olan şehirler: Uzun vadeli sınır değerini aşan kentler,
- Belirli bir zamanda hava kirliliğinin etkisi altında olan şehirler: Kısa vadeli sınır değerini aşan kentler,
- Hava kirliliği problemi olmayan şehirler: Kirletici konsantrasyonları kış mevsiminde 100 µg/m<sup>3</sup> değerinin altında kalan kentlerdir [4].

**Çizelge 4.1.** Kısa vadeli ve uzun vadeli hava kalitesi sınır değerleri [20].

Emisyonlar	Birim	KVS	UVS
SO <sub>2</sub> ve SO <sub>3</sub>			
-Genel		400	150
-Endüstriyel Bölgeler	µg/m <sup>3</sup>	400	250
-Maksimum Saatlik ortalama		900	
Karbonmonoksit (CO)	µg/m <sup>3</sup>	30.000	10.000
Azotdioksit (NO <sub>2</sub> )	µg/m <sup>3</sup>	300	100
Havada asılı partikül maddeler, 10µm ve daha küçük partiküller, (PM)			
-Genel	µg/m <sup>3</sup>	300	150
-Endüstriyel Bölgeler		400	200

Çizelge 4.1'e göre genel olarak tabir edilen ve kentsel yaşamda dikkat edilmesi gereken sınır değerler maksimum olabilecek en yüksek değerlerdir. Bu çizelgenin dışında birde kış sezonu ortalama sınır değerleri mevcuttur. Bu değerler kış döneminde ısınmadan kaynaklanan hava kirleticilerinin yerleşim bölgelerinde yapılan ölçümlerinin istenen ortalamalardır. Bu ortalamalar; kükürtdioksit (SO<sub>2</sub>) için 250 µg/m<sup>3</sup>, havada asılı Partiküler Maddeler (PM) için 200 µg/m<sup>3</sup> dür.

Kirliliğin yüksek olduğu durumlarda alınması gereken acil tedbirlere yön vermek üzere, uyarı kademeleri belirlenmiştir. Bu kademeler Çizelge 4.2'te verilmektedir.

**Çizelge 4.2.** Uyarı kademeleri [20].

	Kükürtdioksit (SO <sub>2</sub> ) (µg/m <sup>3</sup> )	Partikül Maddeler (PM) (µg/m <sup>3</sup> )
I.Kademe	700	400
II.Kademe	1000	600
III.Kademe	1500	800
IV.Kademe	2000	1000

Türkiye'de bilinen hava kirliliği genel olarak evsel ısıtma ve taşıtlardan kaynaklanmaktadır. Endüstriyel bölgelerde bu kaynakların üzerine endüstri emisyonlarından meydana gelen kirlilikler eklenmektedir. Endüstriden kaynaklanan hava kirliliği yöresel olarak

çok önemli olabilmektedir. Ancak bu kirlilik tesislere özgü olduğundan ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinden farklı olarak değerlendirilmesi gerekmektedir [21]. Son yıllardaki hızlı ve plansız şehirleşme sebebiyle oluşan lokal kirlilik sorunları, dünyada 1960'lı yıllarda çözülmüş olmasına rağmen Türkiye'de hızla artmaktadır [22].

Türkiye'de her ne kadar insan sağlığını koruma amaçlı çıkarılan çeşitli yönetmeliklerle belirli sınırlamalar getirilse de bu konuda diğer ülkelerdeki sınırlamalar çok farklıdır. Örneğin Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından önerilen rehber değerler (Çizelge 4.3) Türkiye'deki sınırlamaların oldukça altındadır.

**Çizelge 4.3.** Halk sağlığının korunması amacıyla WHO (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından önerilen rehber değerler [23].

Hava Kirlleticileri ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SO <sub>2</sub>	PM	NO <sub>x</sub>	CO
Saatlik Ortalama	350	-	400	-
8 Saatlik Ortalama	-	-	-	10000
24 Saatlik Ortalama	100-150	100-150	150	-
Yıllık Ortalama	40-60	40-60	50	-

**Çizelge 4.4.** Avrupa Birliği tarafından uygulanan sınır değerler [24].

	Periyot	Birim	Sınır değerleri	Uygulamaya Geçiş Tarihi
SO <sub>2</sub>	1 saat		350	01.01.2005
	24 saat	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	125 <sup>1</sup>	01.01.2005
	1 yıl		20 <sup>2</sup>	19.07.2001
PM	24 saat		50 <sup>3</sup>	01.01.2005
	1 yıl	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	40	01.01.2005
			20	01.01.2010
NO <sub>x</sub>	1 saat		200 <sup>4</sup>	01.01.2010
	1 yıl	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	40	01.01.2010

<sup>1</sup>Bir yıl boyunca 3 defadan fazla aşılmamalı.

<sup>2</sup>Ekosistemin korunması için önerilen sınır değerler.

<sup>3</sup>Bir yıl boyunca 35 defadan fazla aşılmamalı. 2010 yılından itibaren ise bu sayı 7 defa ile sınırlandırılmıştır.

<sup>4</sup>Bir yıl boyunca 7 defadan fazla aşılmamalı.

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre hava içerisindeki SO<sub>2</sub> gazı miktarı 100-150 µg/m<sup>3</sup>'den fazla olduğu takdirde insan sağlığı için tehlikeli boyutlara ulaşmaktadır. Türkiye'de kabul edilen sınır ise günlük maksimum 400 µg/Nm<sup>3</sup> dir. WHO'nun dışında tüm Avrupa Birliği ülkelerinin de 1999 yılında almış oldukları ve birçok maddesini 2005 yılında uygulamaya başladıkları hava kalitesi sınırlamaları mevcuttur. Bu sınırlar ve uygulamaya geçiş tarihleri Çizelge 4.4 de verilmektedir.

## 4.2. Doğalgaz

### 4.2.1. Genel özellikleri

Doğal Gaz, içinde büyük oranda Metan (CH<sub>4</sub>) ve daha az oranlarda Etan (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), Propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), Bütan (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) gibi elementleri ihtiva eden renksiz, kokusuz bir gazdır. Özgül kütlesi 1 atm basınçta ve oda sıcaklığında 0,6-0,8kg/m<sup>3</sup> arasındadır. Havaya göre (1 atm basınçta ve 293,15 K de 1,19kg/m<sup>3</sup>) daha hafif olduğundan uçucu özelliğe sahiptir. Ancak hava içinde belirli bir yüzdeye ulaştığında tehlikeli olabilir Bu limitler arasında tutuşturucu bir kaynakla temas ettiğinde patlar. Ancak kurallara uygun olarak doğru bir şekilde kullanıldığında doğalgazın en az diğer yakıtlar kadar güvenli olduğu da unutulmamalıdır. Zehirli bir gaz değildir ancak kaçaklarda havadaki gaz miktarının artmasıyla boğulmalara yol açabilir [25].

Dünyada ispatlanmış doğalgaz rezervi yaklaşık 139,7x10<sup>12</sup> m<sup>3</sup> dir. Türkiye'de doğalgazın ihtiyacı karşılayamayacak kadar az olması bütün dünyada yükselen bir değer olan doğalgaz da dışa bağımlı olmamızı zorunlu hale getirmiştir. Türkiye; sınır komşusu ülkelerin çoğunda doğalgaz rezervlerinin yüksek miktarda bulunmasından dolayı doğalgazı çok çeşitli hatlarda ve şekillerde ithal edebilme olanağına sahiptir.

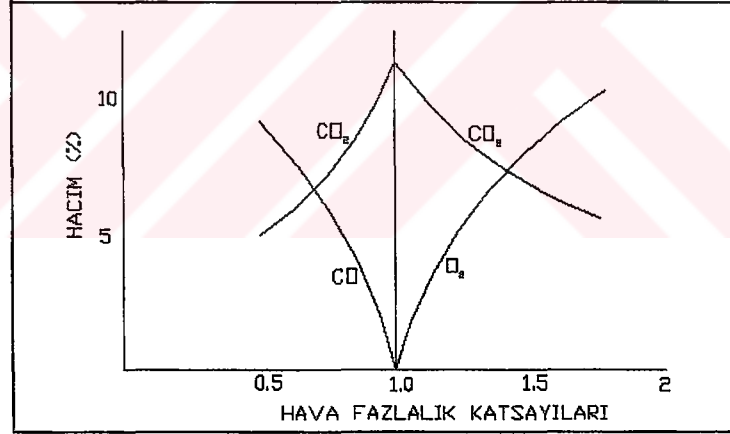
Çizelge 4.5. Çeşitli yanıcı gazların alt ve üst alevlenme noktaları (Hacimsel) [26].

Yanıcı Gazlar	Alt Limit %	Üst Limit %
Propan	3,37	9,5
n-Bütan	1,86	9,05
Hava Gazı	4,0	40,0
Metan	5,3	14,9
Doğalgaz	5,4	14,8
LPG	1,5	9,0



Doğalgaz içinde yüksek miktarda metan gazı ihtiva ettiğinden dolayı Çizelge 4.5' den de görüldüğü gibi alevlenme noktası metan gazına çok yakındır. Doğalgazın konut ve işyerlerinde kullanımı yüksek yanma verimi açısından önemli ölçüde yakıt ekonomisi sağlamaktadır. Doğalgazın yakıt hava karışımı gaz ortamında olduğundan az miktarda hava fazlalığı ile tam yanma sağlanabildiğinden baca gazında zararlı emisyonların miktarları düşmektedir. Doğalgaz ihmal edilebilecek derecede düşük kükürt içermesi nedeniyle de çevre kirliliği açısından tercih edilebilir özelliklerde bir yakıttır [27]. Bu durum, doğalgaz kullanımında Kükürtdioksit değerinin azalması ve korozyon sorununun da ortadan kalkması anlamına gelmektedir.

Doğalgaz yakıtlı bir kazanda fazla havanın yakıtın özelliğine göre değişimi bacadan  $CO_2$  çıkışını da etkilemektedir. Teoride fazla hava oranı, her ne kadar 1-1.05 gibi bir aralıkta görünse de uygulamada kazanın özelliklerinden dolayı tam olarak bu değerleri ayarlamak mümkün olmayabilir. Hava fazlalık katsayısının artırılması veya azaltılmasında gerçekleşecek durum Şekil 4.1'de gösterilmektedir [26].



Şekil 4.1. Doğalgaz yakıtlı bir kazanda fazla hava miktarına bağlı olarak baca gazı içindeki yüzde (%) değişimler [27].

#### 4.2.2. Dünyada doğalgaz'ın durumu

Doğalgaz tüketimi dünyada en hızlı artan birincil enerji kaynağıdır. Bunun nedeni doğalgazın petrolden veya kömürden daha temiz ve nükleer enerji kadar tartışmalı olmayan bir yakıt olmasıdır. Bu yüzden doğalgazın gelecekte bir çok ülke için tercih edilen bir yakıt olması beklenmektedir [2]. Dünya da doğalgaz rezervleri bakımından ülkeler karşılaştırıldığında ilk sıralardaki ülkelerin Türkiye'nin komşuları olduğu görülmektedir. Çizelge 4.6 ye göre dünyada

doğalgaz rezervi en fazla olan ülke Rusya'dır. Bunu Arap yarım adasındaki diğer ülkeler takip etmektedir.

**Çizelge 4.6.** Dünyadaki doğalgaz rezervleri (trilyon m<sup>3</sup>) [25].

	Rezerv (trilyon m <sup>3</sup> )	Toplam (%)
Rusya	48.0	27
İran	27.5	15
Arap Emirlikleri	6.06	3.5
Suudi Arabistan	6.75	3.7
Cezayir	4.55	2.5
Irak	3.17	1.7
Türkmenistan	2.9	1.6
Özbekistan	1.86	1.1
Kazakistan	3.0	1.7
Meksika	0.42	0.3
Hollanda	1.49	0.9
Kuveyt	1.57	0.9
Çin	2.23	1.3
Diğer Ülkeler	23.12	13
Toplam	179.53	

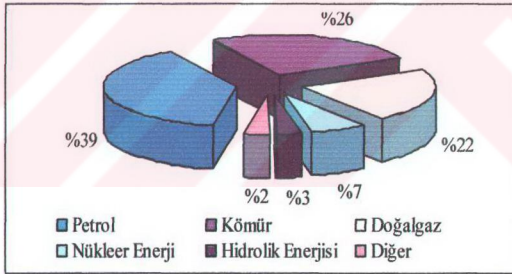
Dünya çapında doğal gaz tüketimi çeşitli nedenlerden dolayı artmaktadır. Bunlar; ücret, yakıt çeşitliliği, enerji güvenliği konularındaki pazarın tekrar düzenlenmesi (özellikle doğalgaz ve elektrik için), ekonomik büyüme, çevresel şartlar vb. dir. Bu sebepten dolayı bir çok ülke doğalgaz şirketlerinin öz sermayelerini stratejik açıdan elinde tutmaktadır [28].

1999-2020 yılları arasında doğalgazın ortalama yıllık büyüme oranının % 3,2 olacağı ve toplam birincil enerji tüketimindeki payının %23'den %28'e büyüyeceği tahmin edilmektedir. Dünyadaki gaz kullanımındaki en büyük artışın gelişen Asya ülkeleri ve Güney Orta Amerika'da olması ve bütün gelişen ülkelerde, endüstriyel ülkelerde, özellikle Kuzey Amerika (ABD) ve Batı Avrupa'da 2020 yılı itibariyle gaz kullanımında büyük bir artış beklenmektedir (Çizelge 4.7) [31,32].

**Çizelge 4.7.** Dünya enerji tüketiminin büyüme oranları tahmini (%) [29].

	2020		Dünya enerji Servisi DRI	2010	2015
	Uluslararası Enerji tahmini IEO	Uluslararası enerji temsilciliği IEA		Petrol Ekonomi Ltd PEL	Enerji grubu PIRA
Petrol	2.6	1.9	2.0	1.9	2.0
Doğalgaz	4.2	2.6	2.7	2.3	2.9
Kömür	2.5	2.1	2.1	2.2	2.2
Nükleer Enerji	0.3	0.0	0.7	0.5	0.5
Yenilenebilir	2.8	2.5	-	2.0	2.1

Şekil 4.2'te görüldüğü gibi 2004 yılında dünyadaki toplam enerji tüketiminin yaklaşık %87'si fosil kökenli yakıtlardan (petrol, kömür, doğalgaz vb.) karşılanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının payının tüm kaynaklar arasındaki oranının çok düşük seviyede olması düşündürücüdür.



**Şekil 4.2.** 2004 yılında dünya genelinde enerji kaynaklarının kullanım oranları [31].

#### 4.2.3. Türkiye'de doğalgaz tüketimi

Türkiye stratejik konumuyla Ortadoğu ve Hazar denizi bölgelerindeki başlıca petrol üreten alanlar ve diğer taraftan Avrupa'daki tüketici pazarları arasında doğal bir enerji köprüsü oluşturmaktadır.

Türkiye'de doğalgaz üretimi ve kullanımı 1976'da başlamıştır. 1987'den itibaren doğalgaz talebi hızla artmış ve 1990 ve 1998 arasındaki ortalama yıllık temel gaz talebindeki

büyüme oranı %15.3'e iken 1999 da bu oran %18.4 olmuştur. 1999 ve 2006 yılları arasındaki doğalgaz oranlarında, yılda yaklaşık %26 oranında çok hızlı bir talep artışı ve takip eden 15 yıl içinde %3,5-4 arasında daha kontrollü bir büyüme beklenmektedir [32]. 1990-2004 yılları arasında Türkiye'deki birincil enerji kaynakları (fosil kökenli ve yenilenebilir enerji) üretimi Çizelge 4.8'de, tüketimi ise Çizelge 4.9'da verilmektedir [33].

Çizelge 4.8. Türkiye'deki birincil enerji kaynaklarının üretimi [34].

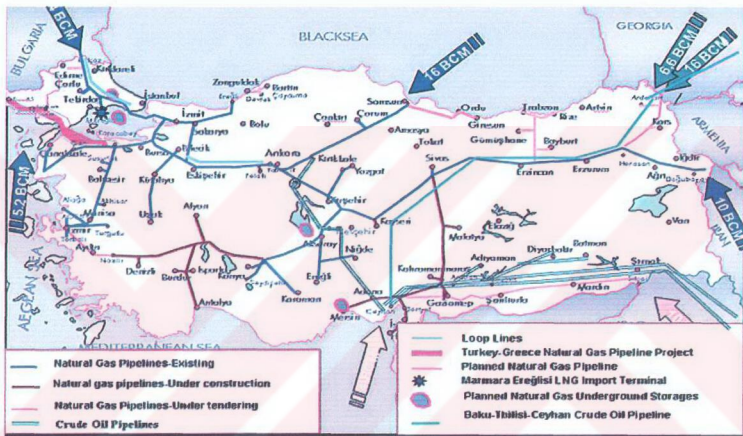
YILLAR	TAŞKÖMÜRÜ		LINYİT		ASFALTİT		PETROL		DOĞALGAZ		HİDROLİK		JEOTERMAL		RÜZGAR		GÜNEŞ		ODUN		HAYVAN VE BİTKİ ART.
	BinTon	BinTon	BinTon	BinTon	BinTon	BinTon	BinTon	BinTon	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	GWh	GWh	GWh	BinTep	GWh	GWh	BinTep	BinTon	BinTon	BinTon	BinTon	
1990	2745	44407	276	3717	212	23148	80	364	-	28	17870	8030									
1991	2762	43207	139	4451	203	22683	81	365	-	41	17970	7918									
1992	2830	48388	213	4281	198	26568	70	388	-	60	18070	7772									
1993	2789	45685	86	3892	200	33951	78	400	-	88	18171	7377									
1994	2839	51533	-	3687	200	30586	79	415	-	129	18272	7074									
1995	2248	52758	67	3516	182	35541	86	437	-	143	18374	6765									
1996	2441	53888	34	3500	206	40475	84	471	-	159	18374	6666									
1997	2513	57387	29	3457	253	39816	83	531	-	179	18374	6575									
1998	2156	65204	23	3224	565	42229	85	582	6	210	18374	6396									
1999	1990	65019	29	2940	731	34678	81	618	21	236	17642	6184									
2000	2259	60854	22	2749	639	30879	76	648	33	262	16938	5981									
2001	2357	59572	31	2551	312	24010	90	687	62	287	16263	5790									
2002	2245	51660	5	2420	378	33684	105	730	48	318	15614	5609									
2003	2011	46168	-	2375	561	35330	89	784	61	350	14991	5439									
2004	1946	43709	-	2276	561	46050	93	811	56	375	14393	5278									

Çizelge 4.9. Türkiye'deki birincil enerji kaynaklarının tüketimi [33].

YILLAR	JEOTERMAL										HAYVAN ve BITKİ ART. BinTon	NET ELEK. İTHALATI GWh	
	TAŞKÖMÜRÜ BinTon	Linyit BinTon	ASFALTİT BinTon	PETROL BinTon	DOĞALGAZ 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	HİDROLİK GWh	ELEKTRİK GWh	İSİ BinTep	RÜZGAR GWh	GÜNEŞ BinTep			ODUN BinTon
1990	8191	45891	287	22700	3418	23148	80	364	-	28	17870	8030	-731
1991	8824	48851	139	22113	4205	22683	81	365	-	41	17970	7918	253
1992	8841	50659	197	23660	4612	26568	70	388	-	60	18070	7772	-125
1993	8544	46086	102	27037	5088	33951	78	400	-	88	18171	7377	-376
1994	8192	51178	0	25859	5408	30586	79	415	-	129	18272	7074	-539
1995	8548	52405	66	27918	6937	35541	86	437	-	143	18374	6765	-696
1996	10892	54961	34	29604	8114	40475	84	471	-	159	18374	6666	-73
1997	12537	59474	29	29176	10072	39816	83	531	-	179	18374	6575	2221
1998	13146	64504	23	29022	10648	42229	85	582	6	210	18374	6396	3001
1999	11362	64049	29	28862	12902	34678	81	618	21	236	17642	6184	2045
2000	15393	64384	22	31072	15086	30879	76	648	33	262	16938	5981	3354
2001	11039	61010	31	29661	16339	24010	90	687	62	287	16263	5790	4146
2002	13756	52039	5	29776	17694	33684	105	730	48	318	15614	5609	3153
2003	17487	46051	-	30669	21374	35330	88,6	784	61	350	14991	5439	570
2004	18845	46226	-	31726	22229	46050	93	811	56	375	14393	5278	-642



Bütün dünyada olduğu gibi doğalgaz talebi Türkiye’de de artmasına rağmen, Türkiye’nin doğalgaz rezervi ve üretimi yeterli değildir. Türkiye’deki gaz üretimi iç tüketimin %2.8’ini karşılamaktadır [2]. Türkiye’de doğalgaz 13 sahada çıkarılmaktadır. Bu sahalar Hamitabat, Umurca, Karacaoğlan, Değirmenköy, Karacali, Kuzey Marmara, Silivri, Çamurlu Hayrabolu, Derin Berber, Hayrabolu, Gelindere, Tekirdağ, Kumrular ve Ardıç bölgesindedir. Bu bölgelerin toplam gaz rezervleri 19,2 milyar m<sup>3</sup>tür [28].



Şekil 4.3. Türkiye’de doğalgazın mevcut durumu [35].

Türkiye’de mevcut durumdaki doğalgaz boru hattı ve yapım aşamasındaki hatların durumu Şekil 4.3’te görülmektedir. Bu hatlarla, Türkiye’nin 2020 yılına kadar olabilecek doğalgaz talep miktarlarının tahmini Çizelge 4.10 ve 4.11’de verilmektedir.

Çizelge 4.10. Türkiye’nin doğalgaz talep tahmini (milyon m<sup>3</sup>) [16].

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2015	2020
Yurtiçi	24980	32342	34876	36354	37543	38531	41062	43185
İhracat (Yunanistan)	-	246	492	737	737	737	737	737
Toplam	24980	32588	35368	37091	38280	39268	41799	43922



**Çizelge 4.11.** Doğalgaz alım anlaşmaları yapılan ülkeler ve alım miktarları (milyon m<sup>3</sup>) [17,38].

	Süre (yıl)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2015	2020
Rusya	25	5000	6000	6000	6000	6000	6000	-	-
Cezayir (LNG)	20	4444	4444	4444	4444	4444	4444	-	-
Nijerya (LNG)	22	1338	1338	1338	1338	1338	1338	1338	1338
İran	25	6689	8600	9556	9556	9556	9556	9556	9556
Rusya (ilave)	25	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000
Rusya (Karadeniz)	23	6000	8000	10000	12000	14000	16000	16000	16000
Azerbaycan	15	-	-	2000	3000	5000	6600	6600	6600
<b>Toplam</b>		<b>31471</b>	<b>36382</b>	<b>41338</b>	<b>44338</b>	<b>48338</b>	<b>51938</b>	<b>41494</b>	<b>41494</b>

Türkiye'nin doğalgaz tüketimi enerji üretimi, konut ve endüstri alanlarında yoğunlaşmaktadır. Bu oranların yıllara göre değişimi Çizelge 4.12 verilmiştir

**Çizelge 4.12.** Türkiye'de sektörlere göre doğalgaz tüketim oranları (bin ton) [37,39].

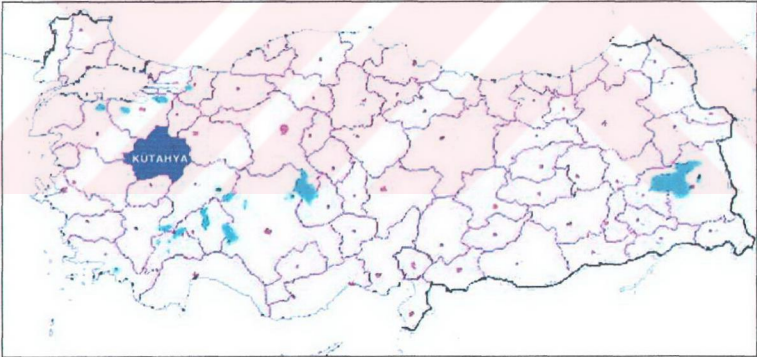
Sektörler	1989	1993	1998	2004
Enerji Üretimi	2712	2470	5485	11869
Endüstri	380	1891	2096	10430
Konut	35	552	2655	4383

Konutlarda talep edilen doğalgazın çok büyük bir kısmı ısınma amaçlıdır ve bu yüzden kış aylarında tüketim artmaktadır. Isıtma dönemi dışında kalan aylarda doğalgaz tüketiminin sıfır noktasına inmemesinin nedeni, konutlarda ısınma ihtiyacının karşılanması dışında farklı amaçlar içinde doğalgaz kullanılmasıdır. Doğalgaz kullanımının maksimum olduğu aylar, Aralık ve Ocak, minimum kullanımı ise ihtiyacın en az olduğu Temmuz ve Ağustos aylarındadır [38].

## 5. KÜTAHYA' DA HAVA KİRLİLİĞİ ve DOĞALGAZIN MUHTEMEL ETKİLERİ

### 5.1. Kütahya'nın Genel Durumu

İç Batı Anadolu'da yer alan Kütahya; arazi yapısı, iklimi ve bitki örtüsü itibariyle İç Anadolu bölgesinden Ege bölgesine geçiş özelliği gösterir (Şekil 5.1). Kütahya ili  $38^{\circ} 70'$  ve  $39^{\circ} 80'$  kuzey enlemleri ile  $29^{\circ} 00'$  ve  $30^{\circ} 30'$  doğu boylamları arasında kalmaktadır. Deniz seviyesinden yüksekliği 969 m olup 11 977 km<sup>2</sup> yüzölçümü ile Türkiye topraklarının %1.5'ini kaplamaktadır. Yıllık nüfus artış hızı % 12.81 dir. Yerleşim bölgeleri dışında kalan alanların %52 si ormanlarla kaplıdır ve %34 ü ise tarım arazisidir. Linyitin dışında gümüş, çinko, bakır, bor, mermer ve manyezit gibi madenlerde Kütahya' da bol miktarda bulunmaktadır. Ülkemizdeki linyit ihtiyacının yaklaşık %15'ii Kütahya'dan karşılanmaktadır. Ayrıca 2 termik ve 1 hidrolik olmak üzere toplam 3 adet santralde yılda yaklaşık 3,8 milyar kWh enerji üretilmektedir. Kütahya il merkezinde yaklaşık 54.000 daire de 166000 kişi yaşamakta olup buda ortalama km<sup>2</sup> de 55 kişinin yaşadığını göstermektedir [39].



Şekil 5.1. Kütahya'nın coğrafik konumu.

Ülke çapında pek çok ilimizde olduğu gibi Kütahya ilinde de hava kirliliği yoğun olarak yaşanmakta, başta insan sağlığı olmak üzere tüm çevre olumsuz etkilenmektedir. Özellikle kış aylarında herkesi rahatsız eden, görüş alanını daraltan, kokusu kolayca hissedilen kirlilik aylarca sürmektedir.

Kış aylarında ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin temel sebepleri; kömüre uygun yakma sistemlerinin kullanılmaması veya yaygınlaşmamış olması, yanlış yakma tekniklerinin uygulanması ve kullanılan kazanların bakımlarının düzenli yapılmaması olarak sıralanabilir. Bunun yanı sıra kentteki yerleşim, konut, altyapı ve ulaşım gibi etkenlerde çevre problemlerinin artışına neden olmaktadır.

3 Kentleşmenin, Kütahya’da topografik ve meteorolojik şartlar düşünülmeden rüzgarın önünü kesebilecek şekilde olmasından dolayı oluşan hava kirliliğinin dağılıma şansı azalmaktadır. Ayrıca kirlilik oranının oldukça yüksek olduğu şehir merkezinde, yatay hava hareketlerinin az olması, tersine çalışan hareketlerin oluşmasına ve havada bulunan partiküllerin ve diğer kirleticilerin daha uzun süre askıda kalmasına sebebiyet vermektedir.

Kütahya, son yıllarda önemli bir hava kirliliği sorunu ile karşı karşıyadır. Bu sorunun bir kısmı, Kütahya’nın coğrafik ve meteorolojik koşulları ile bu koşullara uygun olmayan yerleşim durumu gibi değiştiremeyeceğimiz faktörlere, bir kısmı ise; özellikle merkeze yoğunlaşmış trafik ve konutlarda kullanılan yakıt özellikleri ve yakma sistemleri gibi optimize edilebilecek faktörlere bağlıdır.

Kütahya’da hava kirliliğini olumsuz etkileyen nedenler şöyle özetlenebilir;

- Şehrin topografik yapısı,
- Meteorolojik şartlar,
- Hatalı kentleşme,
- Kullanılan yakıtın kalitesizliği,
- İnşaat kalitesi ve izolasyonda yetersizlikler,
- Motorlu taşıtlar,
- Kalorifer kazanlarının ve sobaların uygun tasarımda olmaması, periyodik bakımlarının yapılmaması,
- Yakma sistemlerinin yanlışlığı,
- Yeterince geniş olmayan cadde ve sokaklar,
- Kişi başına düşen enerji tüketiminin sürekli olarak artışı,
- Operatörlerin (yakıcıların) ehliyetsiz veya eğitimsiz olması [40].

## 5.2. Kütahya’da Kullanılan Yakıtların Özellikleri

Kütahya ve çevresindeki kömür ocaklarından çıkarılan ve kullanıma sunulan kömürler ile bunların kimyasal özellikleri Çizelge 5.1’de verilmiştir. Seyitömer linyitlerinin alt ısıl değeri

Çizelge 5.3' de verilen minimum değerlerin altındadır. Bu yüzden Seyitömer linyitleri hava kirliliği sorunu olan bölgelerde ısınma amaçlı kullanıma uygun bir yakıt değildir .

**Çizelge 5.1.** Kütahya ve yakın çevresinde çıkarılan linyitlerinin genel özellikleri (mm) [41].

	Nem %	Kül %	Uçucu Madde %	Sabit Karbon %	Yanar Kükürt %	Alt Isıl Değer kJ/kg
<b>SEYİTÖMER</b>						
Seyitömer +100	40,9	12	29,27	17,7	0,94	11400
Seyitömer 50-100	40,5	13,9	18,47	27,18	0,67	11000
<b>TAVŞANLI - TUNÇBİLEK</b>						
Tunçbilek +18	15	20,8	31,12	33,09	1,44	19150
Tunçbilek 10-18	16,2	20,8	30,6	32,45	1,5	18700
Tunçbilek 0,5-18	19,1	16,9	30,52	33,52	1,54	19000
Ömerler 0,5-18	18,3	13,9	32,04	35,78	0,92	20200
Tunçbilek Krible +20	14,5	24	32,66	28,88	1,75	17500
Tunçbilek Krible 0-20	15,3	31,7	29,98	23,08	1,71	14000
<b>SOMA</b>						
Kısrakdere +18	16,6	14,9	35,87	32,59	0,54	18100
Kısrakdere 10-18	17,6	14,2	35,37	32,89	0,51	18000
Kısrakdere 0,5-10	18,8	11,4	34,46	35,31	0,53	18500
Briket (Torbali)	9,2	14,5	39,71	36,56	0,12	19800
Kısrakdere Krible +20	16,8	10,8	35,57	36,86	0,71	19700

Kütahya'da bu kömürlerin haricinde alt ısıl değerleri daha yüksek olan ithal kömürlerde kullanılmaktadır. Bu kömürlerde olması istenen minimum özellikler ise Çizelge 5.2 de verilmiştir.

**Çizelge 5.2.** Kütahya il merkezinde satışına izin verilen ısınma amaçlı ithal kömürlerin özellikleri [42].

Özellikleri	Sınır Değeri
Alt Isıl Değeri	25950 kJ/kg (min.)
Kükürt	% 0.9 (max.)
Uçucu Madde	% 10-28 ( $\pm$ % 2)
Toplam Nem	% 10 (max.)
Kül	% 14 (max.) ( $\pm$ %1)
Boyut	18-150 mm ( $\pm$ %10)

7 Ocak 2004 tarihinden itibaren satışına izin verilen Kütahya ili için ısınma amaçlı olarak kullanılacak yerli kömürlerde olması gereken özellikler Çizelge 5.3'te verilmiştir.

**Çizelge 5.3.** Isınma amaçlı kullanılacak yerli linyit kömürlerinin özellikleri [42].

Özellikleri	Sınır Değeri
Alt Isıl Değeri	16750 kJ/kg en az
Yanar Kükürt	% 1 Maksimum
Boyut	18-200 mm. (% 10 tolerans)

Mevcut konutların büyük bir çoğunluğunda; son yıllara kadar kükürt, kül ve nem oranı yüksek, fakat ısıl değeri düşük olan kömürler kullanılmasına rağmen, geçtiğimiz yıllarda belirli kısıtlamalar gelmiştir. Alınan bu önlemlere rağmen, binalardaki yalıtımın yetersiz oluşu, verimsiz yakma sistemleri, eğitimsiz yakıcılar ve denetim yetersizliği gibi etkenler nedeniyle hava kirliliği değerlerinde gözle görülür bir düşüş yaşanmamaktadır. Kütahya'da 2005 yılı itibarı ile doğalgaz kullanımı başlamasıyla özellikle SO<sub>2</sub> değerinde azalma beklenmektedir.

Doğalgaz kullanımının hava kirliliğine etkisine somut bir örnek olan komşu il Eskişehir'de doğal gaz kullanımı öncesi hava kirliliği ciddi boyutlarda bulunmaktaydı. Devlet İstatistik Enstitüsünün yaptığı hava kirliliği sıralamasında kirlilik bakımından üst sıralarda bulunan Eskişehir, 1996 yılında doğalgaz kullanımına başlamasıyla birlikte listenin altlarına



doğru, her geçen yıl doğalgaz kullanımının artmasıyla birlikte, inmeye devam etmektedir. Çizelge 5.4' de Eskişehir il merkezinin yıllık ortalama SO<sub>2</sub> ve PM ölçüm sonuçları verilmiştir.

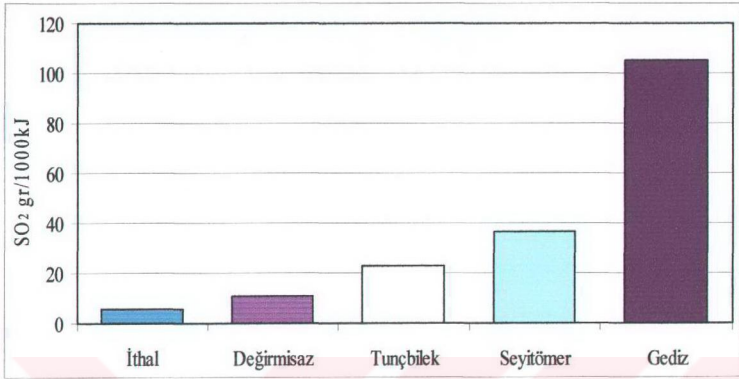
**Çizelge 5.4.** Eskişehir il merkezinde SO<sub>2</sub> ve PM ölçüm sonuçları [20].

Yıllar	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PM (µg/m <sup>3</sup> )
2000	43	47
2001	46	40
2002	44	44
2003	47	39
2004	51	38

Kütahya'da yaşanan hava kirliliğine çözüm olarak görülen doğalgazın kent merkezindeki tüm binalarda kullanım potansiyeli yaklaşık olarak yıllık 83.000.000 m<sup>3</sup> dür. Mevcut çalışmalara göre ise ancak 2010 yılında bu değerın yaklaşık %50'si kullanılır olacaktır. Yapılan hesaplamalarda tüketim miktarlarının;

- 2006 yılında 19.000.000 m<sup>3</sup>/yıl
- 2008 yılında 37.000.000 m<sup>3</sup>/yıl
- 2010 yılında 42.000.000 m<sup>3</sup>/yıl olması beklenmektedir [45,46].

Bu çalışmada, Kütahya' da kullanılan kömürlerin kükürt içeriklerine göre, yanma sonucu açığa çıkan SO<sub>2</sub> miktarları hesaplanmış ve bulunan sonuçlar Şekil 5.2 de verilmiştir. Şekil 5.2 incelendiğinde, SO<sub>2</sub> emisyonu sınır değeri olan 9,2 gr/1000 kJ değerini sadece ithal kömürün sağladığı görülmektedir. Bu değerın hesaplanmasında yanar kükürt ve alt ısıl değer temel olarak alınmıştır. Kömürlerin çevre kirlenme özellikleri belirlenirken, yalnızca kükürt içeriklerinin tek başına bir parametre olarak kullanılması kıyaslama yapmada yeterli olmamaktadır. Çünkü kükürt içeriği daha yüksek olan bir kömür, ısıl değeri yeterince yüksekse diğer bir kömüre kıyasla net enerji üretimi bazında daha az kirlenici olabilmektedir [40].



Şekil 5.2. Kömürlerin SO<sub>2</sub> emisyonu açısından karşılaştırılması.

### 5.3. Kütahya'da Hava Kirliliği Ölçüm Sonuçları

Bayındırlık ve İskan Bakanlığının 8 Mayıs 2000 yılında hazırladığı Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliğine göre Kütahya 3. bölgede Afyon, Burdur, Ankara, Eskişehir, Konya illeri ile birlikte yer almaktadır. Isıtma dönemi, Ekim ve Nisan ayları arasındadır. Bunun haricindeki aylarda oluşan kirlilik değerleri insanlardan, taşıtlardan, fabrikalardan vb. nedenlerle kaynaklanan ısınma amaçlı yakıt tüketimi haricindeki hava kirliliğidir.

Türkiye'de hava kirliliğini belirleme çalışmaları ilk kez 1962 yılında Ankara'da başlatılsa da yurt genelinde 1982 yılında yaygınlaştırılmış ve Kütahya'da ilk istasyon 1990 yılında kurulmuştur. 1990 da 2. istasyon kurulmuş, 1992 den itibaren 6 istasyona çıkarılmıştır.

Bu istasyonlarda;

- Birinci bölge (Valilik)1990 yılından itibaren,
- İkinci bölge (Sağlık müd) 1991 yılından itibaren,
- Üçüncü bölge (Köy Hizmetleri Toprak Su Şub) 1994 yılından itibaren,
- Dördüncü bölge (Tarım İl Müd.) 1994 yılından itibaren,
- Beşinci bölge (5 nolu Sağlık Ocağı) 1994 yılından itibaren,
- Altıncı bölge (Halk Sağlığı Lab. Müd.) 1994 yılından itibaren ölçüm yapılmaya başlanmıştır.

Ancak 2005 yılı Mart ayından itibaren ölçüm istasyonu sayısı 4' e indirilmiştir. Buna göre ölçüm istasyonunun bulunduğu bölgeler;



- Birinci bölge: Bayındırlık Müdürlüğü,
- İkinci bölge: Sağlık Müdürlüğü,
- Üçüncü bölge: Tarım İl Müdürlüğü,
- Dördüncü bölge: Halk Sağlığı laboratuvarı olarak değiştirilmiştir.

Bu çalışmada, Kütahya'da 2000-2005 yılları arası emisyon ölçümlerinin değerlendirilmesi Çevre İl Müdürlüğünden alınan veriler baz alınarak yapılmıştır. Fakat, ölçüm istasyonlarında meteorolojik büyüklükler ölçülmediği için kirlilik değerlerinin sağlıklı bir şekilde yapılması mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, 6 ayrı bölgede yapılan hava kirliliği ölçüm sonuçlarının, aynı bölgelerde kurulacak ölçüm istasyonlarında ölçülecek meteorolojik büyüklükler (rüzgar hızı, sıcaklık, nem, basınç) ile ilişkilendirilerek değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, sürekli kirlilik ve meteorolojik analizler yapabilen komple sistemlerin bu istasyonların bulunduğu bölgelere kurulması düşünülmelidir.

2003-2005 ısıtma sezonunda KVS sınır değerlerinin aşıldığı günler Tablo 5.5'de görülmektedir. Çizelge 5.5 incelendiğinde; I. bölgenin kirlilik düzeyi bakımından en kötü durumda olduğu anlaşılmaktadır. Belirtilen zaman aralığında SO<sub>2</sub> miktarındaki en yüksek değer, 29 Kasım 2004 tarihinde I. bölgede 1190 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Bu değer, hava kalitesinin korunması yönetmeliğine göre 3. kademe uyarı tedbirlerinin alınmasını gerektirmektedir.

**Çizelge 5.5.** 2003-2005 yılları kış aylarında günlük maksimum emisyonlar ve bölgeleri.

	Tarih	Maksimum SO <sub>2</sub> Değeri µg/m <sup>3</sup>	Bölge
2003	16 Ocak	553	I
	28 Şubat	399	V
	12 Mart	517	I
	11 Nisan	425	I
	29 Ekim	338	I
	25 Kasım	746	I
	20 Aralık	608	II
2004	09 Ocak	841	VI
	14 Şubat	697	I
	15 Mart	631	II
	05 Nisan	490	I
	27 Ekim	471	I
	29 Kasım	1190	I
	01 Aralık	765	I
2005	14 Ocak	922	I
	13 Şubat	465	I

Kütahya Çevre İl Müdürlüğü verilerine göre Kütahya'da 1994-2004 yılları arasında aylık ortalama hava kirliliği ölçüm sonuçları Çizelge 5.7 de verilmektedir. Çizelge incelendiğinde, bazı ayların ortalama kirlilik değerlerinin KVS değerlerinin üzerinde veya bu sınıra çok yakın oldukları görülmektedir. Bu değerler Çizelge 5.6 da gösterilmiştir.

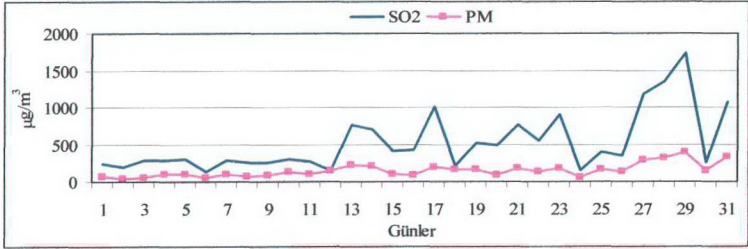
**Çizelge 5.6.** 1994-2004 yılları aylık ortalaması  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü geçen maksimum kirlilik değerleri.

Tarih	Birim	Değer
Ocak 1994		472
Ocak 1997		399
Ocak 1998		454
Ocak 1999	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	410
Aralık 1999		461
Ocak 2000		420
Ocak 2002		521
Şubat 2002		426

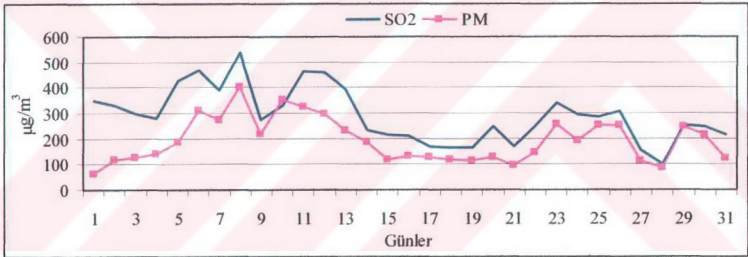
Çizelge 5.7. 1990-2004 yılları arasında Kütahya ilinde aylara göre yapılan SO<sub>2</sub> ve PM ölçüm sonuçları (µg/m<sup>3</sup>).

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
SO <sub>2</sub> PM	SO <sub>2</sub> PM	SO <sub>2</sub> PM	SO <sub>2</sub> PM	SO <sub>2</sub> PM	SO <sub>2</sub> PM	SO <sub>2</sub> PM	SO <sub>2</sub> PM	SO <sub>2</sub> PM	SO <sub>2</sub> PM	SO <sub>2</sub> PM	SO <sub>2</sub> PM
OCAK	472 150	227 75	314 86	399 137	454 135	410 70	420 127	266 146	521 253	177 112	270 170
ŞUBAT	295 98	318 94	206 64	386 117	321 82	279 67	385 113	257 143	426 267	179 105	250 143
MART	206 65	152 55	142 56	244 84	188 58	388 89	334 96	287 150	197 135	192 120	185 114
NİSAN	126 44	152 51	121 46	118 53	102 50	198 76	89 66	135 70	387 102	134 91	158 93
MAYIS	50 35	61 32	40 29	59 50	45 35	41 39	54 51	97 54	37 41	51 34	103 49
HAZİRAN	37 22	33 29	16 26	38 36	24 24	27 30	27 34	36 24	17 26	42 30	68 34
TEMMUZ	22 20	24 22	30 24	31 29	28 26	39 30	32 32	27 23	16 22	40 25	50 27
AĞUSTOS	32 27	20 24	21 24	40 31	37 26	34 33	29 33	27 30	14 27	40 27	56 34
EYLÜL	49 47	32 36	33 29	49 35	41 30	54 52	39 45	24 19	23 33	49 40	60 41
EKİM	82 65	148 77	135 88	108 59	130 68	166 100	114 107	177 121	102 123	107 67	168 107
KASIM	234 99	306 122	327 143	256 122	230 68	318 114	345 72	290 134	328 237	293 250	312 249
ARALIK	377 137	232 74	273 84	296 95	241 74	461 158	360 202	246 115	288 195	305 168	368 293
ORT.	160 96	149 59	138 59	167 69	148 56	159 52	186 82	156 86	196 122	134 122	171 111

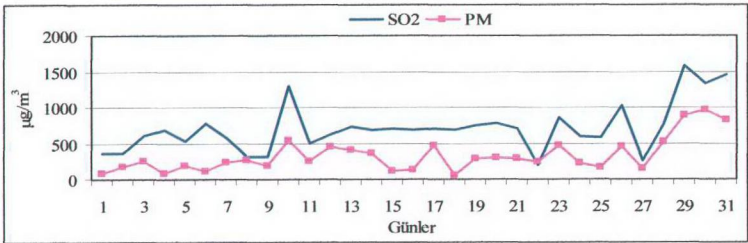
Kütahya’da son 5 yıldaki SO<sub>2</sub> ve Partikül Madde değerleri Ocak ayı baz alınarak Şekil 5.3-5.8 de verilmektedir.



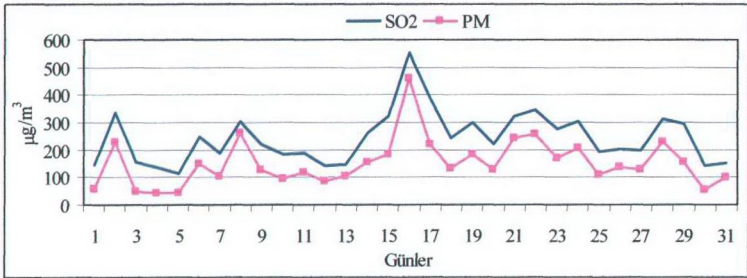
Şekil 5.3. Kütahya ili 2000 yılı Ocak ayı SO<sub>2</sub> ve PM değerleri değişimi.



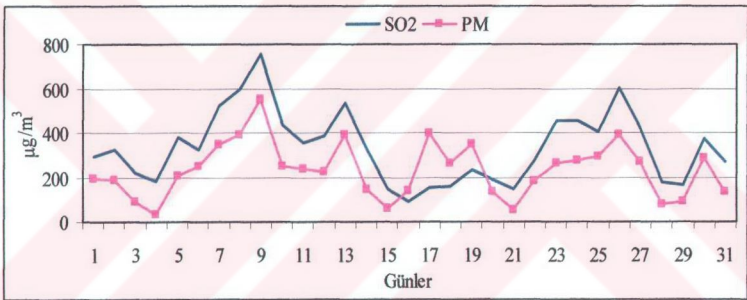
Şekil 5.4. Kütahya ili 2001 yılı Ocak ayı SO<sub>2</sub> ve PM değerleri değişimi.



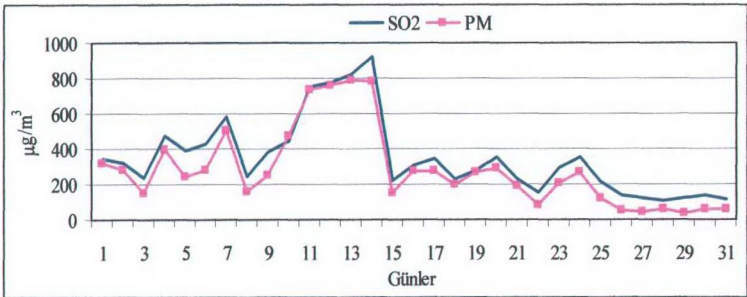
Şekil 5.5. Kütahya ili 2002 yılı Ocak ayı SO<sub>2</sub> ve PM değerleri değişimi.



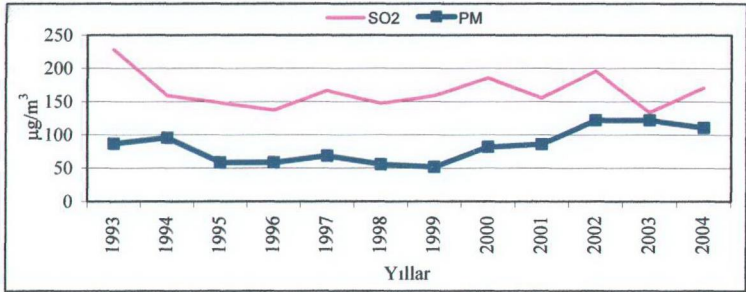
Şekil 5.6. Kütahya ili 2003 yılı Ocak ayı SO<sub>2</sub> ve PM değerleri değişimi.



Şekil 5.7. Kütahya ili 2004 yılı Ocak ayı SO<sub>2</sub> ve PM değerleri değişimi.



Şekil 5.8. Kütahya ili 2005 yılı Ocak ayı SO<sub>2</sub> ve PM değerleri değişimi.

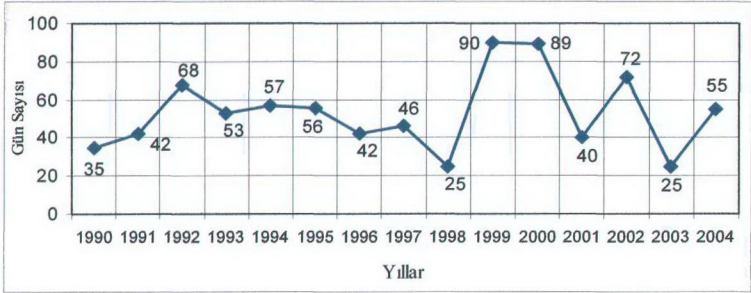


Şekil 5.9. Kütahya ili 1990-2004 yılları arası hava kirliliği grafiği .

Kütahya il merkezinde, 1993-2004 yılları arasında SO<sub>2</sub> ve PM değerlerindeki değişim Şekil 5.9'da verilmektedir. Buna göre şehir merkezinde alınan değerler 1993 yılında diğer yıllara göre hafif bir artış göstermiş olsa da genel olarak her yıl birbirine yakın çıkmaktadır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken husus; Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen sınır değerlerde SO<sub>2</sub> ortalamasının en yüksek. 40-60 µg/m<sup>3</sup> olması gerektiğidir. Şehirdeki alınan ölçüm sonuçları ise WHO tarafından belirlenen sınır değerlerin oldukça üzerindedir.

Kütahya'da yaşanan hava kirliliği değerleri, 2 Kasım 1986 tarihinde yayınlanan "Hava Kalitesinin Kontrolü Yönetmeliği"nde belirtilen sınır değerlere göre irdelenmiştir. Yapılan inceleme sonrası oluşturulan Şekil 5.10 - 5.15'den de görülebileceği gibi her yıl en az birkaç defada olsa sınır değerler aşılmıştır. Ölçüm yapılan 6 bölge içerisinde sınır değerlerin en fazla aşıldığı bölge birinci bölgedir. Bunu İl Sağlık Müdürlüğü'nde yapılan ölçümler çok yakın olarak takip etmektedir. En az sayıda sınır değerlerinin aşıldığı bölgeler olarak, üçüncü ve dördüncü bölgeler görülmektedir. Hava kirliliği değerlerinin I. bölgede yani Valilik civarında yüksek çıkmasının nedenleri arasında m<sup>2</sup> başına düşen ısıtılacak mekanların fazlalığı, nüfus yoğunluğu ve Kütahya'daki hakim rüzgarın şehir merkezdeki yüksek yapılar nedeniyle önünün kesilmesidir.

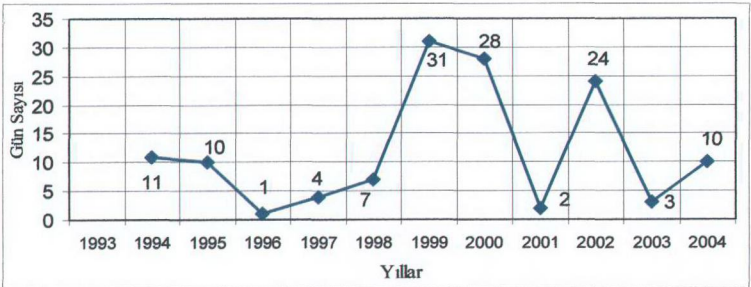




Şekil 5.10. Birinci bölgede KVS' ye göre SO<sub>2</sub> değerlerinin aşıldığı gün sayısı.

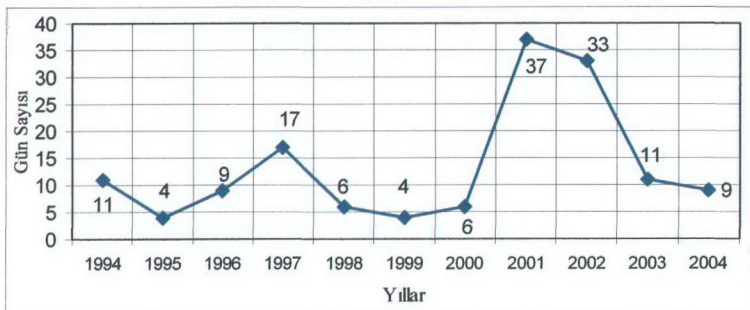


Şekil 5.11. İkinci bölgede KVS' ye göre SO<sub>2</sub> değerlerinin aşıldığı gün sayısı.



Şekil 5.12. Üçüncü bölgede KVS' ye göre SO<sub>2</sub> değerlerinin aşıldığı gün sayısı.

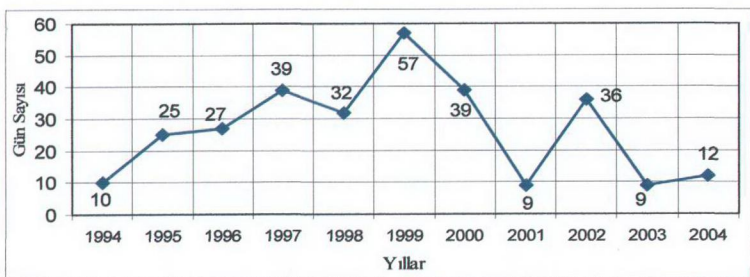




Şekil 5.13. Dördüncü bölgede KVS' ye göre SO<sub>2</sub> değerlerinin aşıldığı gün sayısı.



Şekil 5.14. Beşinci bölgede KVS' ye göre SO<sub>2</sub> değerlerinin aşıldığı gün sayısı.



Şekil 5.15. Altıncı bölgede KVS' ye göre SO<sub>2</sub> değerlerinin aşıldığı gün sayısı.

Ülkemizde özellikle büyük şehirlerimizde 1970'li yıllarda yaşanmaya başlanan hava kirliliği 1980'li yılların sonlarına doğru insan sağlığını ciddi boyutlarda tehdit edebilecek düzeye gelmiştir. Hava kirliliğinin yoğun yaşandığı şehirlerimizde doğalgaz kullanımı ile hava kirliliği değerleri azalmaya başlamış ve belirtilen sınır değerlerin altında bir seyir takip etmiştir. Ülkemizde, 2002-2004 yılları arasında şehirlerimizde yaşanan hava kirliliği değerleri incelendiğinde Kütahya'nın ilk sırada olduğu görülmektedir. Devlet İstatistik Enstitüsü verilerine göre oluşturulan Çizelge 5.8 ve 5.9, son üç yılın sırasıyla SO<sub>2</sub> ve PM değerlerinde en kirliliği 10 il merkezini vermektedir. Çizelgede ilk sıralarda yer alan illerin, ısınma ihtiyaçlarını kömür kullanarak karşıladığı düşünülürse, doğalgazın kirliliğin azaltılmasında önemli bir payının olacağı görülmektedir. Ayrıca, doğalgaz kullanımının olduğu illerde de (Ankara, Bursa gibi) hava kirliliği sorununun yaşanması, çözümün tek doğalgaz da olmadığını göstermektedir.

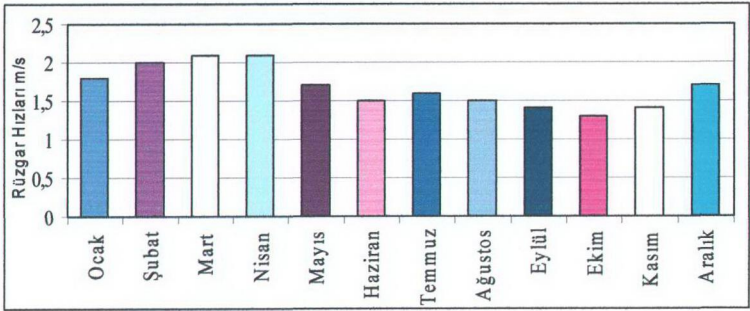
**Çizelge 5.8.** SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yıllık ortalamalarına göre en kirliliği il merkezleri [45].

	2002		2003		2004
Yozgat	152	<b>Kütahya</b>	128	<b>Kütahya</b>	146
<b>Kütahya</b>	144	Tekirdağ	117	Erzurum	132
Çorum	134	Bingöl	110	Çanakkale	107
Edirne	119	Edirne	110	Çorum	101
Erzurum	119	Çorum	96	Bingöl	98
Samsun	119	Samsun	94	Bursa	95
Denizli	99	Bursa	84	Tekirdağ	95
Bingöl	90	Gaziantep	84	Elazığ	84
Ağrı	88	Niğde	82	Kayseri	84
Kayseri	87	Manisa	81	Gaziantep	82

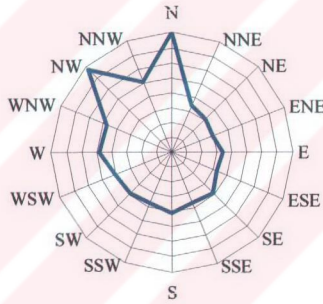
Çizelge 5.9. PM konsantrasyonlarının yıllık ortalamalarına göre en kirli il merkezleri [45].

2002		2003		2004	
<b>Kütahya</b>	111	<b>Kütahya</b>	89	<b>Kütahya</b>	95
Kayseri	88	Balıkesir	76	Balıkesir	84
<sup>3</sup> Rize	83	Kayseri	72	Çorum	81
Çorum	82	Çorum	68	Kayseri	77
Sivas	79	Gaziantep	68	Gaziantep	63
Denizli	77	Bingöl	61	Bursa	58
Balıkesir	75	Ankara	56	Kastamonu	56
Isparta	73	Antalya	56	Aksaray	54
Ankara	68	Bursa	54	Antalya	52
Konya	63	Sivas	52	Bingöl	52

Kütahya'da yaşanan hava kirliliği değerlerinin tam irdelenebilmesi için şehrin meteorolojik parametrelerinin de bilinmesi gerekmektedir. Şehir merkezinde son üç yılda sıcaklık ve rüzgar değerlerindeki değişim Çizelge 5.10 ve 5.11'de verilmektedir. Çizelgelere ve Kütahya için yapılan genel istatistik değerlere bakıldığında Kütahya'da hakim rüzgar yönünün kuzey olduğu görülmektedir. Yıllık ortalama rüzgar hızının 1.7 m/s olması ve şehrin topoğrafik yapısı yaşanan kirliliğin en önemli nedenlerindedir. Yapılan değerlendirmelerde, 2003-2004 yılı kış aylarında rüzgar şiddetinin en yüksek değerinin 9 Ekim 2003 tarihinde 20.9 m/s hızında, güney-güneybatı yönünde ölçüldüğü görülmektedir. Fakat aynı günün ortalama rüzgar hızının 3.7 m/s olarak hesaplanması, Kütahya'nın rüzgar enerjisi yönünden zayıf olduğunun bir göstergesidir. Kütahya Meteoroloji Müdürlüğünden alınan rüzgar verilerine göre yıllık ortalama rüzgar hızı Şekil 5.16'da, Kütahya merkez için rüzgar gülü ise Şekil 5.17'de verilmiştir. Çizelge 5.10 ve Çizelge 5.11 incelendiğinde, ortalama rüzgar hızının en yüksek değerlere özellikle kış şartlarının daha ağır geçtiği günlerde ulaştığı görülmektedir.



Şekil 5.16. Yıllık ortalama rüzgar hızları.



Şekil 5.17. Kütahya merkezinde rüzgarların yönler göre dağılışı.

Çizelge 5.10. Kütahya ilinde 2003-2004 ve 2004-2005 yılları kış aylarında günlük en düşük sıcaklıklar ( $^{\circ}\text{C}$ ).

GÜNLER	2003			2004						2005			
	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
1	11,8	11,4	-1	-0,4	-4,6	4	10,2	3,8	3	2	-5	-0,7	-2,4
2	11	5,9	1,9	2,2	-3,2	3,8	6,8	3,8	0,9	0,6	-5,8	1	-4
3	7,8	7,6	3	0,7	-0,8	5,6	6,6	8	2,2	-0,8	0,6	0,2	-3,4
4	5,8	7,6	2,2	3,6	-0,4	2,9	8,6	7,8	2,3	-4,4	-0,8	-1,2	-3,2
5	12	10,3	0	1	-2,8	-2,5	8,2	-0,8	3,8	-5	-3,1	0,8	-3,6
6	13,3	8,8	-4,6	-5,4	2,8	-6,8	7,9	-1,8	0,9	0,2	-7,4	6,2	-3
7	12,4	10,3	1	-10,3	1	-7	10,4	8	-0,8	-3,3	-7	3	1,9
8	13,7	6,6	-0,4	-15,2	8,4	-6	9,6	7,2	-0,1	-0,6	-5,8	1,2	6
9	8,8	3,7	0,7	-11,9	6,6	-1,1	7,6	10,6	-3,8	-5,8	-7,2	-1	3,9
10	0,8	2	0,8	-11,8	-0,3	2	5	9,8	-2,2	-4,8	8,4	-2,3	5
11	3,6	1,2	0,8	-4,2	-6,8	0,3	6,6	9	-5,4	-3,5	-9,4	-4,4	6,2
12	0,7	1,4	0,2	-0,1	-1,2	-1,1	9,2	4,8	-2	-3,8	-11,3	-8,4	8,8
13	1	0,8	0,8	0,2	-7,8	1	8,2	6	-6,6	-4	-6,8	-4	12,4
14	1,6	-2,2	2	0,6	-11	-1,8	6,3	6,9	-2,4	-3	2,7	2,9	5,6
15	2,8	-2,2	1,8	6,1	-17,8	-4,6	7,4	9,8	-5,4	-0,4	5,4	0	5,4
16	3,4	1,1	0,8	0,4	-4,6	-1,9	10,6	7,8	-5	-0,7	3	1,6	7,6
17	7,2	-1	-1,4	-6,2	-9	0,4	14	3	-8,4	-0,1	2,6	0	8,6
18	9,5	1	-5,8	-5,8	-5,2	5	11,9	0,5	-3,8	1,6	0,5	-0,3	10
19	8,8	2,4	-6,2	-3,8	-6,8	-1	6,2	-1,8	2,2	-1,8	-1,8	2,4	5,8
20	14,8	1,2	-8,2	1	-2,4	-2,2	8,8	-0,9	2,5	-2,6	1,2	0,8	4,2
21	13,2	-0,2	-9,4	5,3	-6,8	-1,8	9,6	-4,3	2,8	-0,2	-1	-0,2	6,4
22	15,2	0	-9,2	-1,9	-7,5	5,8	5,4	-6,5	3	1,8	3,1	-4,6	10
23	16,7	-0,2	-3	-7,8	-5,2	3,8	4,2	-8	0,6	-3	1,6	-5	7,3
24	15	-1,6	2,9	-13,6	1,4	7,4	3,8	-5,4	-2,2	-8,2	2,8	-5	4
25	14	-1,2	2,2	-11,5	5,4	5,9	3	-4,8	-6,2	-3,2	-1,2	-4,1	2,4
26	9,1	-1	1	-4	6,6	7	5	-6	-6,6	3,6	2,8	0,1	5,2
27	3,8	-1,8	0,8	-3,2	8,4	12,4	5,7	-7,3	-1,2	5	3,6	6,4	10,2
28	-0,2	-2,6	-2,4	-4,4	12,8	12,4	6,6	-7,4	-0,3	5	0,4	10,9	4,6
29	-2	-2,4	-3,4	4,4	6,8	4,8	4,4	-4	5,8	7	-	8,6	4,6
30	-1,6	-1,2	-3,2	2,6	-	1,4	5,8	0,7	6,6	1	-	3,6	1,9
31	7	-	-1,8	0	-	-1,2	4,8	-	1	-1,8	-	0,9	-



**Çizelge 5.11.** Kütahya ilinde 2003-2004 ve 2004-2005 yılları kış aylarında günlük ortalama rüzgar hızları (m/s).

GÜNLER	2003			2004							2005			
	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
1	2,2	1,7	0,9	1,3	0,5	1,4	0,8	15,4	14,1	6,4	1,5	1,7	0,5	2,9
2	1,1	0,2	1,7	1,4	1	1,6	2,4	14,1	14,6	5,5	0,8	1,1	2,4	3,7
3	0,3	0,5	2,1	1,8	1,2	1,4	2,2	12	12,2	7,7	0,8	3,5	2,3	3,6
4	1	1,2	2,8	2,2	2,8	1,4	1,2	12,2	11,2	6,8	0,9	1,5	1,2	1,4
5	1,8	1,2	0,8	0,9	0,7	2,8	0,9	12,1	7,3	5,5	2,6	2,7	2,2	1
6	2,3	1	1	1,4	2,2	1,8	1,8	12,4	9,3	2,3	0,6	2,4	2,4	0,5
7	0,6	1,6	1,1	2,6	1,2	1,4	2,2	12,4	11,4	1,5	0,8	3,5	1,7	0,9
8	2,6	2,6	0,6	0,7	2,4	2,4	3,4	12,6	13,9	1,9	0,5	3,3	2,9	0,9
9	3,7	2	0,8	0,4	2,6	1,8	0,9	11,6	14,8	0,8	0,4	1,6	2	0,9
10	1,6	3,7	2	0,4	2,4	3,6	1,1	13,8	13,2	0,6	1	1,1	2,5	0,6
11	1,7	3,1	0,7	0,8	1	1,9	1,5	17,1	13,7	-0,9	0,1	0,6	1,6	1
12	1,1	1,5	0,5	0,8	3,3	0,7	1,5	12	13,2	0,2	0	0,7	1,1	1,8
13	1,1	0,8	0,7	1	3,3	2	3,5	9,8	12,7	0,6	0,4	3,4	2	1,6
14	0,7	1,4	0,8	1,5	2,2	1,8	2,3	12,8	15,9	-0,9	0,8	3,4	1,2	3,4
15	0,5	0,5	1,3	2,6	2	0,8	2,7	15,2	12,5	-3,5	1,2	5,2	0,4	1,6
16	0,5	0,9	1,7	2,7	0,8	1,4	3	16,6	9,8	-2,4	0,9	4,1	1	2,5
17	0,8	0,8	2,8	0,9	0,7	2,5	1,7	19,4	4,2	-1,4	0,3	2,2	0,9	2,8
18	1,4	1,6	2,5	0,7	1	3,3	1,5	17,2	3,8	3,7	1,6	1,4	1,6	3
19	1,5	1,4	1,1	0,7	1,4	1,7	1,1	15,3	7	5,3	0,8	1,4	1,7	2,6
20	2,7	1,5	0,7	1,4	1,3	1,6	1,1	15,5	5	6,1	0,8	1,5	1,9	1
21	3,4	0,1	0	3,4	3	1,2	1,9	13,9	-2,9	6,2	1,4	1,2	1,1	2,8
22	2,3	0,3	0,7	4,3	1,9	1,6	2,5	13,6	-2,8	4,6	1,2	1,5	1,6	1,5
23	3,4	0,3	3,3	2,5	0,7	1,4	2,2	12,3	-3,4	1	2,7	2,2	1,7	1,5
24	5,8	0,2	2,8	1	1,8	3,3	1,2	12	0	-0,8	1,2	1,5	0,6	0,9
25	3,5	0,3	1,1	0,8	2,9	2,7	0,6	13,8	-3,6	-1,4	2	0,4	1	0,4
26	2,7	0,3	1,1	1,5	2,6	2,8	1,3	14,5	-4,7	0,4	3,8	2	0,7	1,4
27	0,9	0,4	1,3	1,2	3,9	2,8	0,9	15,3	-3,6	3	4,7	3,3	1,8	1,3
28	3,6	0,6	0,6	3,1	3,8	2,7	1,5	14,4	-1,7	7,5	3,3	1,2	3,7	1,3
29	1,5	0,1	0,8	2,6	1,6	2,1	1,5	13,8	1,4	8,7	3,6	-	1,6	1
30	2,5	0,5	2	1,7	-	1,5	1,1	13,8	6,3	7,7	1,4	-	0,8	1,9
31	2	-	0,6	2,1	-	1,1	-	13,4	-	3,8	1,1	-	1,2	-

#### 5.4. Kütahya'da Hava Kirliliğinin Kontrolü

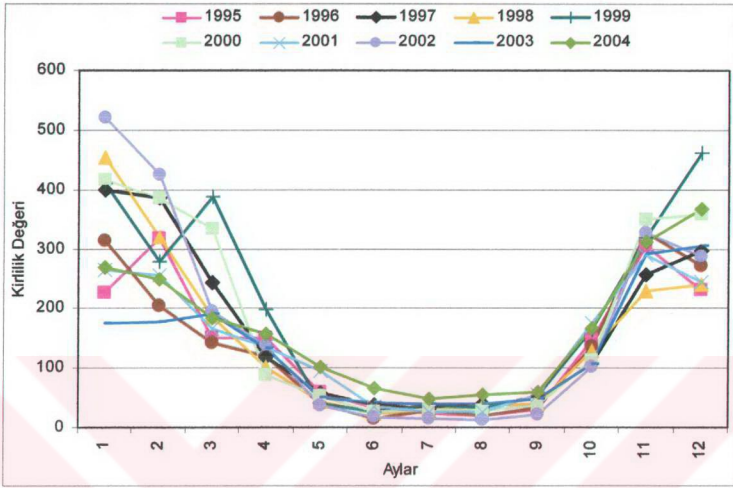
Kütahya'da, ısıtma sezonu (Ekim-Nisan) özellikle kış ayları süresince önemli derecede hava kirliliğinin oluşması, şehrin iklim ve topografik özellikleri ile yakından ilişkilidir. Jeomorfolojik özellikler ve hava sıcaklığının ısıtma sezonu boyunca düşük olması, bu aylarda kent üzerinde kalıcı bir inversiyon tabakasının oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca kış aylarında yatay rüzgar hareketleri fazla olmamaktadır.

Kütahya'da, atmosferin, kirleticileri yayma ve dağıtma özelliklerini etkileyen meteorolojik parametreler, özellikle ısıtma sezonunda olumsuz bir yapının oluşmasına neden olmaktadır. Isıtma sezonunda; gece yüzey inversiyonları, sakin rüzgar koşulları ve binaların nazım planlarının hakim rüzgar doğrultusunda olmayışı, zayıf dispersiyon koşullarını yaratarak, yüksek hava kirliliği potansiyeli oluşturmaktadır. Sonuç olarak, atmosferin dispartif gücü son derece zayıftır. Ayrıca, şehrin yeni yerleşim bölgelerinin yer seçiminde yapılacak planlamalarda mutlaka vantilasyon özelliklerinin göz önünde tutulması gerekmektedir [46].

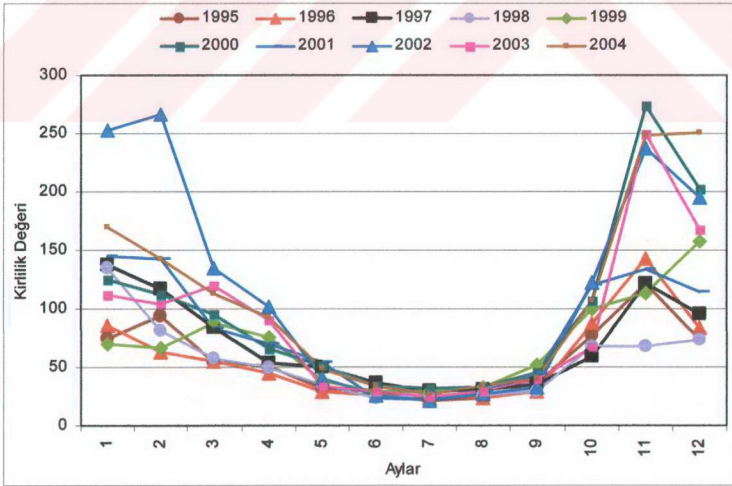
Çevre İl Müdürlüğünce yapılan emisyon ölçümleri incelendiğinde; KVS değerinin en fazla aşıldığı bölgelerin sırasıyla, Valilik binası çevresi ve Sağlık İl Müdürlüğü binası çevresi olduğu görülmektedir. Hava kirliliğinin önlenmesi amacıyla alınacak önlem ve tedbirlerin, öncelikli olarak bu iki bölgede uygulanması, denetimlerin sıklaştırılması şarttır. SO<sub>2</sub> emisyonu pratik olarak sifıra yakın olan doğalgaz, diğer yakıt türlerine kıyasla ideal bir çevre dostudur. Ancak, azotoksit emisyonu açısından incelendiğinde özellikle yanma sıcaklığının yüksek olmasından dolayı belirli miktarlarda NO<sub>x</sub> emisyonu söz konusudur.

Kütahya'da, 1995-2004 yılları arası SO<sub>2</sub> ve PM miktarlarının tüm aylar bazında karşılaştırıldığı Şekil 5.18 ve 5.19 incelendiğinde, 2002 kış dönemi hariç kirlilik değerlerinin birbirine yakın çıktığı ve alınan önlemlerin kirlilik değerlerinde belirgin bir düşüşe neden olmadığı görülmektedir. Yaşanan hava kirliliğinin oluşumunda, kullanılan yakıtların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanında yakma yöntemi de etkili olmaktadır. Uygun olmayan bir yöntem ile yakılan soba ve kalorifer kazanı, düşük kaliteli kömürlerden atmosfere yayılan parçacık ve özellikle karbonmonoksit gazı miktarını önemli derecede arttırmaktadır.

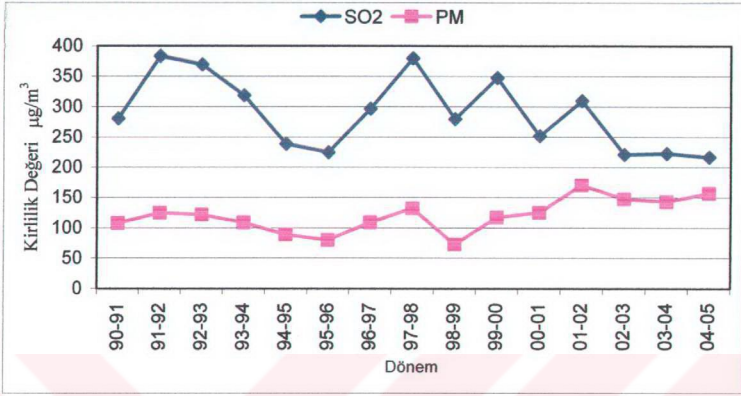




Şekil 5.18. 1995-2004 yılları arası SO<sub>2</sub> miktarları değişimi.



Şekil 5.19. 1995-2004 yılları arası PM miktarları değişimi.



**Şekil 5.20.** Son 15 yılın ısıtma sezonu hava kirlilik değerleri.

Sağlık İl Müdürlüğünün 8 Haziran 2000 tarihli yazısıyla, konutlarda ve resmi kuruluşlarda Seyitömer kömürü, dökme Tunçbilek kömürü ve toz kömürün kullanılması yasaklanmıştır. Yukarıda belirtilen tarihten sonraki ölçüm sonuçlarında, Kütahya’da yaşanan hava kirliliğinde önemli bir azalma görülmemesi, yapılan denetim ve alınan tedbirlerin yetersiz kaldığını göstermektedir. 1990-1991 ısıtma sezonundan itibaren 2004-2005 ısıtma sezonu dahil kirlilik değerleri değişimi Şekil 5.20’ de verilmektedir. Şekilden de görülebileceği ve PM miktarında önemli bir değişiklik yaşanmamıştır. Ancak 2002 yılından itibaren alınan tedbirlerin bir sonucu olarak ani kirlilik artışı görülmemiş ve son 3 yılın ortalamaları birbirine çok yakın değerler çıkmıştır. Ayrıca kış dönemi ortalaması SO<sub>2</sub> için olması gereken maksimum nokta olan 250 µg/m<sup>3</sup> değeri, son 3 yılın harici yalnız 94-95 ve 95-96 yılları kış aylarında aşılmamıştır.

## 6. ATAKENT BÖLGESİNİN MODELLENMESİ

Kütahya'nın yeni yapılan mahallelerinden biri olan 75.Yıl mahallesinde bulunan Atakent konutları çoğunlukla yüksek katlı yapılardan oluşmuş nispeten uydu kent görünümünde bir toplu konut bölgesidir. Buradaki binaların tamamına yakınında merkezi ısıtma sistemi olup yakıt olarak kömür kullanılmaktadır.

Bu çalışmada; Atakent bölgesinde rastgele seçilen 20 binadan alınan detaylar ile bir genelleme yapılmıştır. Bacalardan çıkan ve hava kirliliğine sebep olan başta SO<sub>2</sub> ve PM olmak üzere bu bölgedeki zararlı atık oranı, mevcut kullanım (kömür) için hesaplanmıştır. Mevcut durumun kazanlarda, yakıt olarak doğalgaz kullanılması durumunda değişimi ve aradaki farklar karşılaştırılmıştır.

Atakent bölgesinde Mayıs 2005 tarihi itibari ile toplam olarak

- 90 adet merkezi sistem kaloriferli bina,
- 2 adet yapımı süren bina,
- 37 adet dublex bina, ve
- 3450 adet kaloriferli daire bulunmaktadır.

Yapılan çalışma ile, Atakent bölgesindeki binaların yaklaşık olarak %21,3 ünün;

- Kalorifer kazanlarının ısı kapasiteleri,
- Daire sayıları,
- Yıllık tüketilen kömür miktarları tespit edilmiştir.

Buna göre, araştırma yapılan 20 adet konutta toplam 736 daire bulunmaktadır ve ısınma amaçlı olarak toplam 6675 kWh enerji ihtiyaç vardır Bu ihtiyaç daire bazında 32650 kJ/h'lik bir enerji karşılık gelmektedir.

### 6.1. Yakıt Tüketiminin Bulunması

Örnekleme yapılan kısmın toplam olarak ısıtma sezonu boyunca yakıt tüketimi eşitlik 1 kullanılarak bulunmuştur.

$$B_Y = \frac{3,6xQ_k xZ_g xZ_y}{2xH_u x\eta_k} \dots\dots\dots(1)$$

Burada;

$B_y$  : Hesaplanan yılın yakıt tüketimi (kg/yıl) ( $Nm^3/yıl$ )

$Q_k$  : Kazan ısıt kapasitesi (W)

$Z_g$  : Kazan günlük çalışma süresi (saat/gün)

$Z_y$  : Kazan yıllık çalışma süresi (gün/yıl)

$H_u$  : Yakıtın alt ısıt değeri (kJ/kg) ( $kJ/Nm^3$ )

$\eta_k$  : Kazan verimi (%)

Yakıt tüketimi hesabı için yapılan kabuller ise;

- Kazan verimi; doğalgaz için %85-92; linyit kömürü için %60-65
- Yakıtın alt ısıt değeri; doğalgaz için  $34500 kJ/Nm^3$ ; ithal kömür için  $23000 kJ/kg$
- Kalorifer kazanının günde 16 saat yakıldığı,
- Kış sezonunun Ekim-Nisan ayları arasında toplam 212 gün olduğu kabul edilmiştir.

Yapılan hesaplama sonucunda gerekli yakıt miktarı ithal kömür olarak yılda 2314 ton olarak bulunmaktadır.

Bu örnekleme Atakent bölgesinin tamamına uygulandığında ise 10863 ton ithal kömür ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Hesaplamalarda, dış sıcaklığın sürekli olarak  $-12^{\circ}C$  de sabit olarak kaldığı yada kalorifer kazanın sürekli olarak maksimum kapasitede çalıştığı göz önüne alınmıştır.

Atakent bölgesinin ısınma ihtiyacının kömür yerine doğalgaz ile karşılanması düşünüldüğünde, örnekleme yapılan bölge için  $1.402.511 Nm^3/yıl$ , Atakent'in tamamı için ise  $6.584.558 Nm^3/yıl$  değeri bulunmaktadır.

## 6.2. Derece – Gün Hesabı

Bir önceki bölümde yakıt tüketimi hesabı yapılırken iç ortam ve dış hava sıcaklığı değişimleri ihmal edilmiştir. Ancak dış sıcaklık ile iç sıcaklık arasındaki fark yıl içinde sürekli olarak bir değişim içindedir Kalorifer kazanının ısıt yükü hesaplanırken, dış ortam sıcaklığını göz önünde bulunduran derece-gün yöntemi, ısıtılmak istenen mahallerin ısıt yüklerinin teorik olarak hesaplanmasında hata payının en az olduğu yöntemdir. Konutların ısıtılmasında o bölgenin derece-gün değerine bağlı olarak eşitlik 2' den yararlanarak yaklaşık yakıt tüketimleri hesaplanabilir. Bu çalışmada da, Derece-Gün yöntemi kullanılmıştır.

$$DG = \sum_{j=1}^Z (T_i - T_d)_j \dots\dots\dots(2)$$

Burada;

Z : Bir aydaki toplam gün sayısı

$T_i$  : Isıtılan mahalin iç sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_d$  : Günlük ortalama dış sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ )

DG : Aylık derece-gün değerini belirtir [38].

Günlük ortalama sıcaklıklardan derece-gün hesabı yapılırken dikkat edilecek husus ısıtmaya başlanacak sıcaklık değeridir. Genellikle dış ortam sıcaklığı  $15^{\circ}\text{C}$ 'in altında olduğu sıcaklıklar göz önüne alınır. Yani hava sıcaklığı  $15^{\circ}\text{C}$  ye düştüğü zaman ısıtmanın yapıldığı ve ısıtılacak mahal sıcaklığının da  $20^{\circ}\text{C}$  olduğu kabul edilir. Dünyada, Ülkemiz iklimine yakın olup sıcaklık uygulamalarında farklı değerler alan ülkeler bulunmaktadır. Bunlardan biri olan Almanya' da iç sıcaklık ( $T_i$ ) değeri  $19^{\circ}\text{C}$  olarak kabul edilirken ısıtmaya başlama sıcaklığı  $12^{\circ}\text{C}$  olarak alınmaktadır [47].

Bu çalışmada, Kütahya için ısıtmaya başlama sıcaklığı  $14^{\circ}\text{C}$  olarak alınmıştır. Ortalama dış hava sıcaklığının bu derecenin altına düştüğü durumlarda konutlarda ısıtma gereksiniminin olacağı varsayılmaktadır.

Kütahya'da derece-gün hesabı 2004-Ekim ile 2005-Nisan ayları arası (kış sezonu) için hesaplanmıştır.

$$DG (\text{Ekim ayı için}) = (20-12) + (20-12,2) + (20-12,1) + (20-12,4) + (20-12,4) + (20-12,6) + (20-11,6) + (20-13,8) + (20-12) + (20-9,8) + (20-12,8) + (20-13,9) + (20-13,6) + (20-2,3) + (20-12) + (20-13,8) + (20-13,8) + (20-13,8) + (20-13,8) + (20-13,4) = 110$$

$$DG (\text{Kasım ayı}) = (20-14,6) + (20-12,2) + (20-11,2) + (20-7,3) + (20-9,3) + (20-11,4) + (20-13,9) + (20-13,2) + (20-13,7) + (20-13,2) + (20-12,7) + (20-12,5) + (20-9,8) + (20-4,2) + (20-3,8) + (20-7) + (20-5) + (20+2,9) + (20+2,8) + (20+3,4) + (20-0) + (20+3,6) + (20+4,7) + (20+3,6) + (20+1,7) + (20-1,4) + (20-6,3) = 312,8$$

$$DG (\text{Aralık ayı}) = (20-6,4) + (20-5,5) + (20-7,7) + (20-6,8) + (20-5,5) + (20-2,3) + (20-1,5) + (20-1,9) + (20-0,8) + (20-0,6) + (20+0,9) + (20+3,5) + (20+2,4) + (20+1,4) + (20-3,7) + (20-5,3) + (20-6,1) + (20-6,2) + (20-4,6) + (20-1) + (20+0,8) + (20+1,4) + (20-0,4) + (20+3) + (20-7,5) + (20-8,7) + (20-7,7) + (20-3,8) = 517,3$$



$$\begin{aligned} DG (\text{Ocak ayı}) = & (20-5,8) + (20-1,3) + (20-0,4) + (20+0,7) + (20+0,5) + (20-2,1) + (20-1) + \\ & (20-0,8) + (20-0,4) + (20-2,1) + (20+0,8) + (20+2,9) + (20+2,5) + (20+3,4) + (20-0,8) + (20-0) \\ & + (20-3,2) + (20-2,2) + (20-0,3) + (20-2) + (20+5,8) + (20+2,9) + (20-3,6) + (20+7,3) + \\ & (20+2,3) + (20+3,4) + (20-7,8) + (20-7,6) + (20-10,4) + (20-2,8) + (20+0,9) = 546,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DG (\text{Şubat}) = & (20+2,8) + (20+0,2) + (20-3,4) + (20-0,9) + (20+2,1) + (20+5,4) + (20+4,4) + \\ & (20+4,7) + (20+5,4) + (20+3,4) + (20-1,8) + (20-5,8) + (20-7,6) + (20-5,2) + (20-0,8) + (20-5,6) \\ & + (20-7,1) + (20-7,3) + (20-6,5) + (20-5,3) + (20+7,8) + (20+1,7) = 506,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DG (\text{Mart ayı}) = & (20-1) + (20-7,4) + (20-1,8) + (20-3,9) + (20-6,6) + (20-8,2) + (20-8,2) + \\ & (20-3) + (20-1) + (20+0,4) + (20+3,7) + (20+0,4) + (20-4) + (20-6,6) + (20-7,6) + (20-6,6) + \\ & (20-7,5) + (20-9,7) + (20-10,8) + (20-3) + (20-2,7) + (20-1,5) + (20-1,6) + (20-4,1) + (20-7,4) + \\ & (20-8,3) + (20-11) + (20-10,9) + (20-8,9) + (20-3,8) = 411 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DG (\text{Nisan}) = & (20+1,4) + (20+2,4) + (20+1,4) + (20+0,2) + (20-1,9) + (20-6,2) + (20-9,8) + \\ & (20-11,9) + (20-9,2) + (20-9,8) + (20-11,9) + (20-6,6) + (20-9,2) + (20-9,8) + (20-12,8) + \\ & (20-9,8) + (20-13) + (20-12,6) + (20-9,2) + (20-9,2) + (20-11,8) + (20-12) + (20-11,1) + \\ & (20-6) + (20-5,7) = 254,8 \end{aligned}$$

Yapılan işlemler sonucunda, 2004-2005 ısıtma sezonu (Ekim-Nisan) için derece-gün değeri 2658,4 olarak bulunmaktadır. Aynı işlemler ( $T_i \leq 14$  °C ve iç ortam sıcaklığı 20°C) 2003-2004 ısıtma sezonu için yapıldığında ise 2800,5 değeri bulunmaktadır. Yapılan işlemler sonucunda bulunan değerler karşılaştırmak amacıyla Çizelge 6.1'de verilmektedir.

**Çizelge 6.1.** 2003-2004 ile 2004-2005 ısıtma sezonu derece-gün değerleri.

Aylar	2003-2004	2004-2005
Ekim	162,4	110
Kasım	342,4	312,8
Aralık	574,4	517,3
Ocak	605,1	546,4
Şubat	442,6	506,1
Mart	399,9	411
Nisan	273,7	254,8
Toplam	2800,5	2658,4



Çizelge 6.2. Kütahya ili 2004 Ekim ile 2005 Nisan ayları arası günlük ortalama sıcaklıklar.

GÜN	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
1	15.4	14.1	6.4	5.8	-2.8	1.0	-1,4
2	14.1	14.6	5.5	1.3	-0.2	7.4	-2,4
3	12.0	12.2	7.7	0.4	3.4	1.8	-1,4
4	12.2	11.2	6.8	-0.7	0.9	3.9	-0,2
5	12.1	7.3	5.5	-0.5	-2.1	6.6	1,9
6	12.4	9.3	2.3	2.1	-5.4	8.2	6,2
7	12.4	11.4	1.5	1.0	-4.4	8.2	9,8
8	12.6	13.9	1.9	0.8	-4.7	3.0	11,9
9	11.6	14.8	0.8	0.4	-5.4	1.0	14,4
10	13.8	13.2	0.6	2.1	-5.6	-0.4	15,9
11	17.1	13.7	-0.9	0.8	-5.4	-3.7	17,8
12	12.0	13.2	0.2	2.9	-3.4	-0.4	18,3
13	9.8	12.7	0.6	2.5	1.8	4.0	15,6
14	12.8	15.9	-0.9	2.4	5.8	6.6	9,2
15	15.2	12.5	-3.5	0.8	7.6	7.6	9,8
16	16.6	9.8	-2.4	0.0	5.2	6.6	12,8
17	19.4	4.2	-1.4	3.2	4.7	7.5	15,7
18	17.2	3.8	3.7	2.2	3.2	9.7	12,8
19	15.3	7.0	5.3	0.3	3.0	10.8	9,8
20	15.5	5.0	6.1	2.0	3.0	3.0	13
21	13.9	-2.9	6.2	5.8	4.8	2.7	15,9
22	13.6	-2.8	4.6	2.9	5.6	1.5	12,6
23	12.3	-3.4	1.0	-2.3	7.1	1.6	9,2
24	12.0	0.0	-0.8	-3.4	7.3	4.1	9,2
25	13.8	-3.6	-1.4	3.6	6.5	7.4	11,8
26	14.5	-4.7	0.4	7.3	5.3	8.3	15,5
27	15.3	-3.6	3.0	7.8	7.8	11.0	12
28	14.4	-1.7	7.5	7.6	1.7	14.4	11,1
29	13.8	1.4	8.7	10.4	-	10.9	6
30	13.8	6.3	7.7	2.8	-	8.9	5,7
31	13.4	-	3.8	-0.9	-	3.8	-

Çizelge 6.2 yardımıyla yapılan hesaplarda, 2003-2004 ısıtma sezonu toplam derece-gün değeri, 2004-2005 ısıtma sezonu derece-gün değeri toplamından daha yüksek çıkmıştır. Bu veriler ışığında, 2004-2005 ısıtma sezonundaki sıcaklık ortalamasının bir önceki yıla oranla daha yüksek olduğu söylenebilir.

### 6.3. Yıllık Yakıt Miktarının Optimizasyonu

Dış hava sıcaklığına bağlı olarak yıllık enerji ihtiyacı 3 nolu eşitlik kullanılarak bulunabilir [47].

$$Q = \frac{86400 * K * A}{H_u * \eta} * (DG) \dots\dots\dots(3)$$

Burada;

Q : Yıllık enerji ihtiyacı (J)

K : Dış duvarın toplam ısı iletim katsayısı (W/m<sup>2</sup>K)

A : Isıtılacak mahalın dış duvar alanı (m<sup>2</sup>)

η : Isıtma sisteminin verimi

DG : Derece-gün değeri

Örnekleme yapılan binalarda, ısıtılacak mahallerin ısı kaybedecek yüzey alanlarının ortalama 60m<sup>2</sup>, ısıtma sisteminin veriminin ise ithal kömür için %53,doğalgaz için %74 olduğu kabul edilmiştir [50,51]. Buna göre yapılan hesaplamalarda, daire başına gerekli yakıt miktarı 1605 kg kömür/yıl yani yaklaşık 1,5 ton kömür/yıl olarak bulunmuştur. Ancak örnekleme yapılan kısımdaki yöneticilerin, 2004-2005 kış sezonu için beyan etmiş oldukları toplam harcanılan yakıt miktarının yaklaşık olarak 1480 ton olduğu göz önüne alındığında, her bir daire için gerekli kömür miktarının 2 ton olduğu görülmektedir. Ancak derece-gün hesabı ile yıllık yakıt miktarı optimize edildiğinde, yıllık gerekli kömür miktarının 1546 kg yani yaklaşık 1,5 ton olduğu görülür.

Yapılan hesaplamalar doğalgaz kullanımı için yapıldığında, bir daire için gerekli doğalgaz miktarı yılda 831,2 Nm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Bulunan değer Atakent'in tamamına uygulandığında gerekli yıllık doğalgaz miktarı 2.867.640 Nm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarda tüm Atakent bölgesinde ortalama 3450 adet daire olduğu kabul edilmiştir (Çizelge 6.3).

**Çizelge 6.3.** Optimizasyon sonrası yakıt miktarları.

Yakıt Türü	Toplam Yakıt Miktarı
Kömür	5175 ton kömür/yıl
Doğalgaz	2867640 Nm <sup>3</sup> doğalgaz/yıl

Yapılan hesaplamalardan yola çıkarak kömür için çevreye baca gazı olarak atılan SO<sub>2</sub> miktarının optimizasyon sonrası durumu Çizelge 6.4 verilmiştir..

**Çizelge 6.4.** Optimizasyon öncesi ve sonrasının karşılaştırılması.

	SO <sub>2</sub> Miktarı (ton)
Mevcut Durumda	62,1
Optimizasyon Sonrası	46,5

#### 6.4. Regresyon Analizleriyle Doğalgaz Kullanımı Etkilerinin Tahmini

Her bir daire için hesaplanan yaklaşık 2 ton kömür tüketimi il merkezinde mevcut durumdaki 54.000 daire içinde aynı olduğu kabul edildiğinde Kütahya'da bir kış sezonunda toplam tüketilen kömür miktarı, 108.000 ton olarak bulunmaktadır. Bu duruma göre kış sezonunda yanma ürünlerinden ortama bırakılan SO<sub>2</sub> miktarı ise 972 ton olmaktadır.

Kütahya il merkezi genelinde doğalgaz kullanımına 2004 yılı sonu itibari ile başlanmış olsa'da tahminlerine göre 2005 yılı sonunda ulaşılabilecek tüketim miktarı tüm Kütahya için tahmin edilen potansiyelin ancak %9,6'sı kadardır (Çizelge 6.5).

**Çizelge 6.5.** Doğalgazın kent merkezinde kullanım tahminleri.

Yıllar	Hedef milyon m <sup>3</sup> /yıl	Hedef %
2005	8	9,6
2006	19	22,9
2008	37	44,5
2010	42	50,6

Çizelge 6.6. 2004-2005 kış sezonu SO<sub>2</sub> değerleri Regresyon analizi sonuçları.

Kirleticiler	Aylar	Regresyon Analiz Değerleri
SO <sub>2</sub>	Ekim	$Y_1 = 59.08 - 3.24X_1 + 14.27X_2 + 1.11X_3 - 0.28X_4$
	Kasım	$Y_2 = 532.98 - 16.53X_1 - 71.60X_2 - 0.33X_3 + 0.57X_4$
	Aralık	$Y_3 = 320.17 + 7.64X_1 - 99.75X_2 + 0.05X_3 + 0.44X_4$
	Ocak	$Y_4 = 313.38 + 2.87X_1 - 57.78X_2 - 0.90X_3 + 1.47X_4$
	Şubat	$Y_5 = 31.97 - 6.65X_1 - 3.12X_2 + 1.41X_3 - 0.76X_4$
PM	Ekim	$Y_6 = 69.06 - 4.77X_1 + 8.79X_2 + 0.76X_3 + 0.01X_4$
	Kasım	$Y_7 = 424.62 - 11.21X_1 - 79.41X_2 + 0.34X_3 - 0.16X_4$
	Aralık	$Y_8 = 151.67 - 0.04X_1 - 64.05X_2 + 0.02X_3 + 0.62X_4$
	Ocak	$Y_9 = 281.85 + 3.78X_1 - 68.89X_2 - 1.16X_3 + 1.72X_4$
	Şubat	$Y_{10} = -66.34 - 3.56X_1 - 5.84X_2 + 1.91X_3 - 1.05X_4$

Kütahya il merkezine ait bazı meteorolojik parametreler ile SO<sub>2</sub> ve PM derişimleri arasındaki ilişkiler SPSS (İstatistik Paket Programı) ile incelenmiştir. Hesaplamalar için 2004-2005 Kış sezonundaki değerler alınmıştır. 2005 yılının Mart ayından itibaren ölçüm istasyonlarının yerleri değiştirildiği için hesaplamalar Ekim-Şubat aralığında yapılmıştır. Bulunan regresyon analiz değerleri Çizelge 6.6.'da verilmektedir. Çizelgedeki parametreler:

$Y_x$  : Regresyon analiz değerlerini,

$X_1$  : Günlük ortalama sıcaklık değerini ( $^{\circ}C$ ),

$X_2$  : Günlük ortalama rüzgar hızları değerini (m/s),

$X_3$  : Bir önceki günün SO<sub>2</sub> değerini ( $\mu g/m^3$ ),

$X_4$  : Bir önceki günün PM değerini ( $\mu g/m^3$ ) göstermektedir.

Kütahya il merkezindeki hakim rüzgar hızlarının düşük olması nedeniyle bir önceki günden kalan kirlilik bir sonraki günün etkileyerek konsantrasyon değerlerini artırmaktadır. Bu nedenle regresyon hesaplarında bir önceki günün kirlilik konsantrasyon değerleri kullanılmıştır. Bulunan sonuçların gerçek değerleri ne kadar yansıttığı ve hata oranının ne olduğunu görebilmek için kış sezonu ölçüm sonuçları ile kıyaslama yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar Çizelge 6.8'de, partikül madde için yapılan ise ve 6.9'da rakamsal olarak verilmiştir. Sonuçların grafiksel gösterimi ise Ekim 2004 ve Şubat 2005 aralığı için Şekil 6.1-6.10'da verilmektedir

Çizelge 6.7. Kirlilik değerleri ile teorik olarak hesaplanan SO<sub>2</sub> değerlerinin karşılaştırılması.

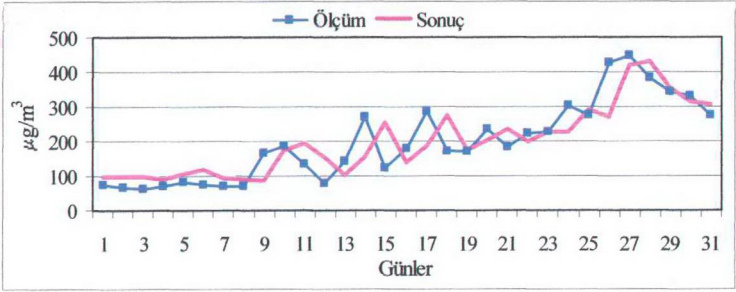
	Ekim		Kasım		Aralık		Ocak		Şubat	
	Ölçüm	Sonuç	Ölçüm	Sonuç	Ölçüm	Sonuç	Ölçüm	Sonuç	Ölçüm	Sonuç
1	78	99	425	328	765	499	350	328	159	163
2	67	102	362	334	557	625	320	425	229	192
3	63	101	171	322	458	588	239	403	141	199
4	74	94	205	284	683	545	479	271	145	155
5	84	107	455	379	656	632	389	315	145	164
6	78	122	467	426	596	452	430	295	120	187
7	74	98	440	386	466	406	583	305	174	162
8	73	92	353	305	407	416	245	508	218	204
9	168	90	345	248	276	419	383	303	210	262
10	187	177	333	319	189	342	444	286	262	251
11	137	195	329	325	437	359	755	610	265	303
12	62	158	410	356	366	423	779	723	393	257
13	143	102	429	389	591	453	824	712	365	306
14	271	156	140	262	315	372	922	698	145	199
15	126	255	179	247	307	215	224	575	125	96
16	182	140	138	270	383	284	311	289	145	94
17	289	187	333	270	591	286	347	433	174	162
18	173	277	284	293	274	311	234	326	198	163
19	171	176	413	398	182	162	279	349	198	177
20	237	206	158	193	223	385	352	412	188	177
21	184	236	534	546	445	330	229	365	128	166
22	224	199	405	284	267	398	155	333	114	183
23	228	226	653	618	236	385	294	155	-	-
24	306	230	472	504	369	292	354	308	-	-
25	278	293	281	505	391	381	217	264	-	-
26	459	273	406	351	277	398	140	65	-	-
27	471	418	623	572	497	316	121	16	-	-
28	385	433	651	637	579	495	110	105	-	-
29	345	354	601	601	437	453	120	123	-	-
30	332	316	477	377	297	502	139	186	-	-
31	277	307	-	-	233	365	117	212	-	-



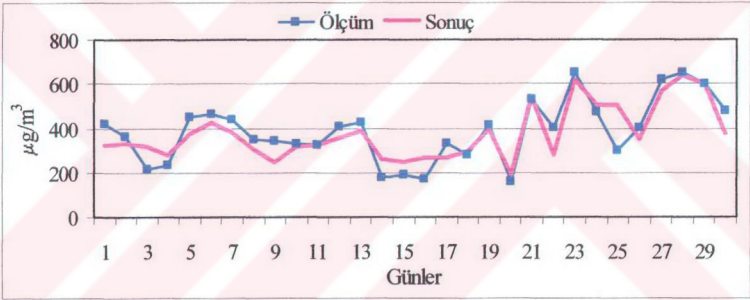
Çizelge 6.8. Kirlilik değerleri ile teorik olarak hesaplanan PM değerlerinin karşılaştırılması.

	Ekim		Kasım		Aralık		Ocak		Şubat	
	Ölçüm	Sonuç	Ölçüm	Sonuç	Ölçüm	Sonuç	Ölçüm	Sonuç	Ölçüm	Sonuç
1	59	67	395	297	671	356	320	274	83	91
2	52	73	320	295	482	537	288	375	159	146
3	145	76	90	279	387	441	154	351	84	170
4	56	70	173	278	649	388	398	205	102	103
5	63	80	409	313	593	535	245	230	102	96
6	63	91	431	370	418	417	287	219	75	108
7	56	76	409	331	407	333	508	225	124	78
8	55	71	259	258	303	336	158	447	141	134
9	122	72	308	258	236	308	251	243	147	211
10	131	138	326	281	174	238	476	208	174	194
11	107	143	326	269	297	238	735	582	221	267
12	49	127	390	297	251	312	759	681	339	215
13	107	82	411	335	520	315	791	666	392	303
14	235	124	107	214	284	357	788	644	97	178
15	94	211	117	211	241	193	156	487	87	51
16	132	100	107	237	221	218	278	228	48	38
17	214	132	231	231	462	207	280	390	117	130
18	128	217	163	200	153	276	199	258	145	124
19	128	134	307	372	113	72	266	298	145	142
20	173	153	143	135	185	199	296	367	123	141
21	149	189	294	416	389	187	196	307	167	139
22	179	159	360	273	192	304	86	281	152	164
23	191	188	517	495	173	249	209	78	-	-
24	260	193	322	444	256	193	267	245	-	-
25	223	244	185	446	287	279	120	183	-	-
26	396	222	287	241	201	292	53	38	-	-
27	396	354	494	501	414	198	47	83	-	-
28	327	367	574	576	492	360	59	24	-	-
29	310	302	432	514	369	353	37	46	-	-
30	293	272	377	378	231	349	62	119	-	-
31	247	265			200	236	62	147	-	-

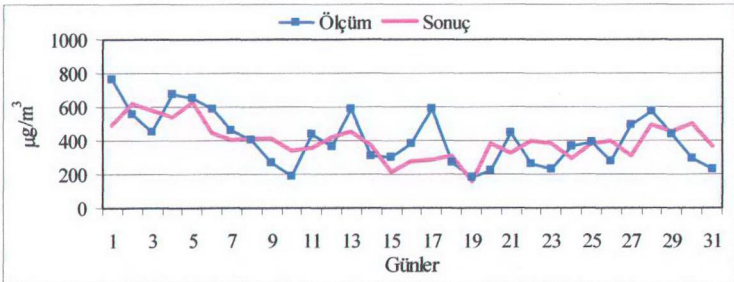




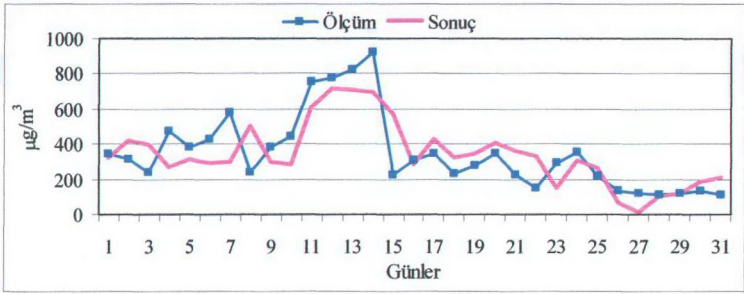
Şekil 6.1. 2004 Ekim ayı SO<sub>2</sub> değerlerinin karşılaştırılması.



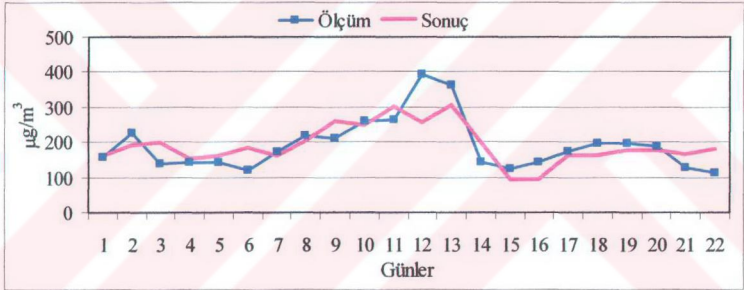
Şekil 6.2. 2004 Kasım ayı SO<sub>2</sub> değerlerinin karşılaştırılması.



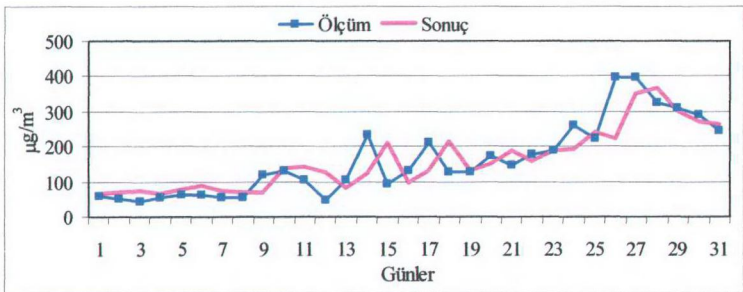
Şekil 6.3. 2004 Aralık ayı SO<sub>2</sub> değerlerinin karşılaştırılması.



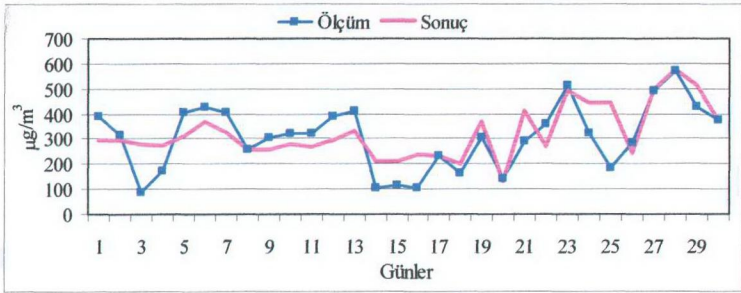
Şekil 6.4. 2005 Ocak ayı SO<sub>2</sub> değerlerinin karşılaştırılması.



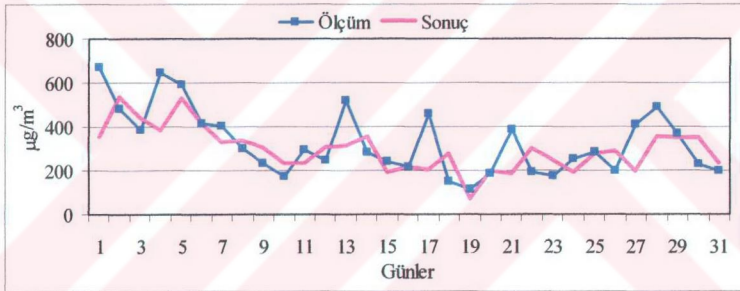
Şekil 6.5. 2005 Şubat ayı SO<sub>2</sub> değerlerinin karşılaştırılması.



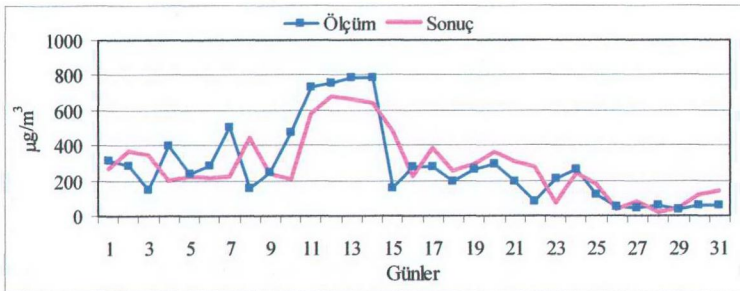
Şekil 6.6. 2004 Ekim ayı PM değerlerinin karşılaştırılması.



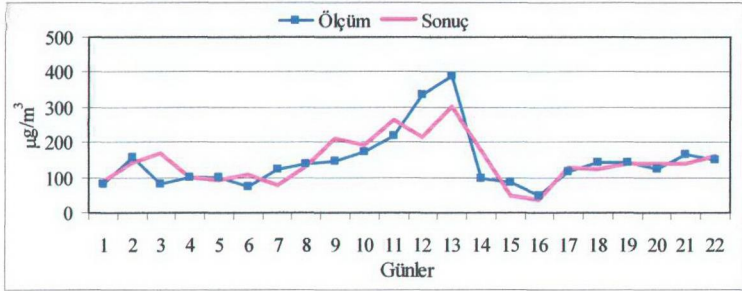
Şekil 6.7. 2004 Kasım ayı PM değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 6.8. 2004 Aralık ayı PM değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 6.9. 2005 Ocak ayı PM değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil 6.10. 2005 Şubat ayı PM değerlerinin karşılaştırılması.

## 7. MALİYET ANALİZİ

Bu bölümde mevcut durumdaki kömür kullanan ısıtma sisteminin doğalgaz sistemine dönüşümündeki maliyetteki avantaj ve dezavantajlar karşılaştırılmıştır. Yapılan hesaplamalar, ısıtma sisteminin merkezi ve lokal olmasına göre ayrı ayrı yapılmıştır. Doğalgaz yakıtlı kazan sistemine dönüşümü yapılan konutlar 6. bölümde analizi yapılan Atakent bölgesindedir. Bu bölgede ısıtma amaçlı doğalgaz kullanımını 2005-2006 kış sezonunda başlayacaktır. Doğalgaza geçişe yönelik, halkın beklentileri pozitif anlamda ve maksimum seviyededir. Bunun nedeni olarak ta kentte yaşanan hava kirliliği sorunu gösterilmektedir. Yalnız, daire sakinleri enerji maliyetleri yönünde kafalarındaki sorulara cevap bulamadıklarını ifade etmektedirler. Bu durumda da mesken sahipleri, doğalgaza geçiş sürecinde, çok katlı binalarda merkezi sistem ile bireysel ısıtma arasında karar vermek durumunda kalmaktadır. Bundan dolayı bu bölümde bir binanın her iki sisteme de geçiş durumu maliyet yönünden karşılaştırılmıştır.

### 7.1. Kazan Dairesi Dönüşümü

Kazan dairesi dönüşümü hesaplamalarında, mevcut sistemin kömür kazanlı merkezi sistem olduğu ve bu sistemin doğalgaz kazanlı ve otomatik kontrollü merkezi ısıtma sistemine dönüşümünün yapıldığı kabul edilmiştir. Hesaplamalar, farklı daire sayısına sahip dört ayrı bina için yapılmıştır. Binalardaki daire sayıları sırasıyla 4, 8, 14 ve 40 olarak alınmıştır. Bulunan fiyatlar Kütahya şehir merkezindeki firmalardan alınmış rakamların ortalamasıdır. Çizelge 7.1'de sırasıyla 4, 8, 14 ve 40 dairelik binalar için toplam dönüşüm maliyetleri ile her daire için gerekli toplam maliyet bedelleri verilmiştir. Çizelge incelendiğinde açıkça görülmektedir ki, daire sayısı arttıkça her bir daire için gerekli toplam maliyet azalmaktadır.

Çizelge 7.1. Dönüşüm maliyetlerinin daire sayılarına oranları.

Daire Sayısı	Toplam Dönüşüm Ücreti YTL	Her Daire İçin Toplam Maliyet YTL
40	15.230	680
14	12.830	1.215
8	9.710	1.515
4	8.890	2.520

Hesaplamalarda merkezi sistem kalorifer kazanı olarak çelik kazanlar göz önünde bulundurulmuştur. Bunun en önemli sebebi çelik kazanların diğer tip (döküm) kazanlara göre ortalama 2,5 kat daha ekonomik olmasıdır [52]. Çizelge 7.2 de kazan dairesi dönüşümü için gerekli olan malzemelerin fiyat listesi verilmektedir.

**Çizelge 7.2.** Gerekli olan malzeme ve cihazlar [52].

<b>Malzeme ve Cihazlar</b>	<b>Özellikleri</b>	<b>Adedi</b>	<b>Fiyatı (YTL)</b>
Çelik Kazan	1.255.800 kJ/h	1	3.50
Brülör	1.255.800 kJ/h	1	3.500
Baca	0,7mm TS316	1	1.100
Havalandırma Malzemesi ve İşçiliği	Temiz ve pis hava	-	350
Filtre regülatör	50 mm	1	90
Kompansatör	50 mm	1	50
Emniyet selenoidi	32 mm	1	210
Doğalgaz ana kapama vanası	TS 9809	1	50
Otomatik kontrol ünitesi		1	780
Üç yollu vana		1	670
Fittings ve gaz alarm cihazı	TS11	1+1	145
Oto. Gaz kesme selenoidi		1	170
Kazan bağlantı vanaları	TS 9809	3	275
Doğalgaz borusu	TS 6047	3	105
Sıhhi tesisat borusu		4	50
Kazan dairesi kapısı		1	230
Elektrik mlz. + işçiliği		-	250
İnşaat mlz + işçiliği		-	310
Termometre, Hidrometre, Manometre		1+1+1	60
Kazan dairesi işçiliği		-	450
Dış hava ve kazan suyu sensörü		1+1	141
3 yollu vana motoru		1	165
Kapalı Genleşme Tankı		1	350
Proje+sigorta		-	250
KDV			2.323
<b>Genel Toplam</b>			<b>15.230</b>



## 7.2. Kolon Hattı Tesisatı:

Bina içi kolon hattı yapım ücreti olarak her bir daire için firmalar tarafından istenen ücret Çizelge 7.3'de verilmiştir.

Çizelge 7.3. Kolon hattı yapım giderleri.

Malzemeler	Özellikleri	Fiyatı (YTL)
Doğalgaz Borusu	TS6047	
Doğalgaz Vanası	TS9809	
Fittings	TS11	110 YTL
Proje+Sigorta		
İşçilik		

## 7.3. Kombi Tesisatı:

Kombi tesisatı için; merkezi sistem kömür yakıtlı kalorifer kazanından bireysel ısıtmaya geçildiği ve mevcut radyatörlerde herhangi bir değişiklik yapılmadığı kabul edilmiştir. Yapılan hesaplamalarda kullanılan değerler Çizelge 7.4 de verilmiştir.

Çizelge 7.4. Kombi tesisatı malzemeleri ve yapım ücretleri.

Malzemeler	Özellikleri	Fiyatı (YTL)
Kombi	86400 KJ/h	1,035
Temizleme filtreleri, Doğalgaz ve su bağlantı elemanları		55
Doğalgaz borusu	TS 301	30
Doğalgaz vanaları	TS 9809	45
Sihhi Tesisat Borusu	PPRC	65
Fittings	TS 11	50
Proje+Sigorta		180
İşçilik		150
Toplam		1,635
KDV dahil G. Toplam		1,930

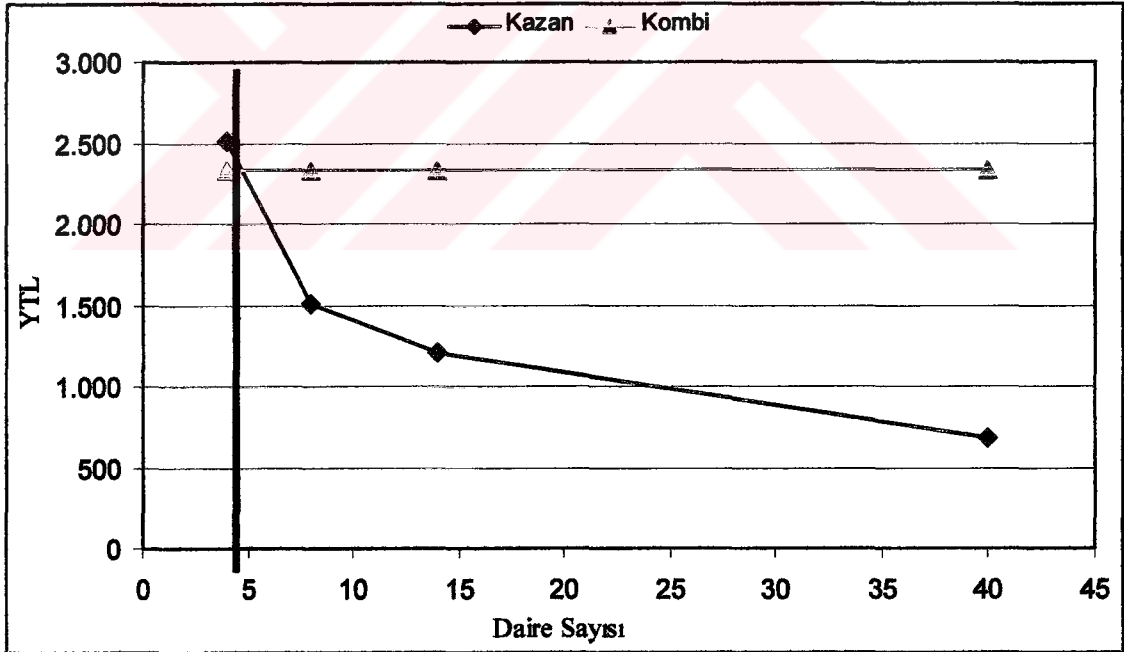
Ayrıca Kütahya Doğalgaz Dağıtım A.Ş. tarafından Kombi+Ocak aboneliği için her bir daireden

- 180\$ + KDV güvence bedeli
- 11,25 YTL + KDV daire içi gaz tesisatı abonelik ücreti alınmaktadır

Yapılan hesaplamalar sonucunda 15 Haziran 2005 tarihi itibarı ile her bir daire için kombi tesisatı maliyeti 2.340 YTL

- Kapıcı Maliyeti: Konutlarda kapıcı çalıştırma ile ilgili herhangi bir zorunluluk sağlayacak kanun maddesi veya yönetmelik yoktur. Ancak çalıştırıldığı takdirde 03.03.2004 tarihli ve 25391 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan kuralların uygulanması zorunludur ve verilmesi gereken net ücret sigorta primleri ve asgari ücret dahil 539,643 YTL'dır [53].

#### 7.4. Maliyetlerin Karşılaştırılması



Şekil 7.1 Kazan ve kombi dönüşümlerinde maliyetlerin daire sayısı ile karşılaştırılması.

Mevcut ısınma şekli merkezi sistem kömür yakıtlı kalorifer kazanları olan binalarda, doğalgaz dönüşümü yapılması planlandığında en önemli sorun hangi ısınma şekline geçilmesi gerektiğidir.

Dönüşüm maliyetleri açısından bireysel ısınma ve merkezi sistem doğalgaz kazanları karşılaştırıldığında doğalgaz dönüşüm sırasında her bir daireye olan maliyet Şekil 7.1' de gösterilmiştir. Burada dikkat edilecek en önemli nokta hangi ısınma sistemine geçişin, daha uygun olduğudur. Şekilden de görülebileceği gibi daire sayısı yaklaşık 5 ve daha az olan binalarda mevcut merkezi sistemin doğalgaza dönüşüm maliyeti, bireysel ısınma şekline (Kombi) geçişe göre daha fazladır. Daire sayısı 5'i geçtiğinde ise bu durum tam tersinedir ve binada mevcut daire sayısı arttıkça her bir dairenin dönüşüm için ödemesi gereken ücret azalmaktadır.

Ancak mevcut sistemin kombi ile ısınma şekline dönüştürülmesi esnasında daireler arasında kalan duvarlarında yalıtılması gerekmektedir. Bunun sebebi merkezi sistem ile ısıtma sistemlerindeki proje hesaplamalarında alt, üst veya yan dairelerden olabilecek ısı kayıplarının göz önünde bulundurulmamasıdır. Fakat bireysel ısınma söz konusu olduğunda sadece dış duvarlardan değil aynı zamanda daireler arası duvarlardan da ısı kaybı olacağı unutulmamalıdır.

Isınmada kullanılan enerji kaynaklarına göre, birim enerji maliyeti ve ucuzluk sıralaması Çizelge 7.5.'de verilmektedir.

Çizelge 7.5. Isınma amaçlı kullanılan yakıt çeşitleri ve güncel yakıt fiyatları [54].

Yakıt	Isıl değer	Birim Fiyatı	Ortalama Verim	Ucuzluk sıralaması
Güneş Enerjisi (Yıllık Ortalama)	18.837 kJ/m <sup>2</sup> gün	Bedelsiz	% 55-74	1
Doğal Gaz (Konut)	34.500 kJ/m <sup>3</sup>	0,39	% 91	2
İthal Kömür	25.900 kJ/kg	0,25	% 65	3
Fuel-Oil Kalorifer yakıtı	40.600 kJ/kg	1,23	% 81	4
Elektrik (Konut)	3.600 kJ/kWh	0,16	% 99	5
LPG tüp 12 kg	46.000 kJ/m <sup>3</sup>	2,25	% 91	6
Motorin	42.700 kJ/kg	2,24	% 85	7

Çizelge incelendiğinde, doğalgazın en ucuz motorinin ise en pahalı ısıtmada kullanılan enerji kaynağı olduğu görülmektedir. Buradan, doğalgazın çevre kirliliğini önlemedeki faydaları kadar aynı zamanda maliyet açısından da ne kadar önemli bir noktada olduğu anlaşılmaktadır.

## 8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, hava kirliliğinin nedenleri ve alınması gereken önlemler ile birlikte, Kütahya için mevcut durumdan hava kirliliğine çözüm olarak ısıtmada doğalgaz kullanımına geçişin etkileri ve Kütahya'ya getireceği sonuçlar incelenmiştir.

Kütahya'da, kış ayları boyunca önemli derecede hava kirliliğinin ortaya çıkması şehrin iklim ve topografik özellikleri ile yakından ilişkilidir. Jeomorfolojik özellikler ve hava sıcaklığının kış sezonu boyunca düşük olması, bu aylarda kent üzerinde kalıcı bir inversiyon tabakasının oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca kış aylarında yatay rüzgar hareketleri fazla olmamaktadır. Hava akımlarının soğuk olan günlerdeki durgunluğu, kirleticilerin kent üzerinde yoğunlaşmasına neden olmaktadır.

Kütahya'da hava kirliliği için alınacak önlemlerin planlanmasında önemli olan husus hava kalitesinin bir bütün olarak ele alınmasıdır. Havadaki kirleticilerin bazılarının veya çoğunun standart değerlerine getirilmesi yeterli değildir. Çünkü önemli olan bütün etkili parametrelerin sürekli kontrolüdür. Bu nedenle tasarruf ve verimlilik çalışmaları başta olmak üzere, temiz ve kaliteli yakıt kullanımı, emisyon kontrol teknolojilerinin uygulanması gibi bir dizi önlemin, enerji tüketimi ile ilgili her sektörde uygulanması gerekmektedir.

Kış aylarında ısınma amaçlı yakıtlardan kaynaklanan hava kirliliğini aza indirmek, hava kalitesini korumak ve enerjinin en etkin şekilde değerlendirilmesini sağlayabilmek için: yakma sistemlerinin doğru seçilmesi ve uygun tasarlanmış birimlerde kaliteli ve temiz yakıtların kullanılması, yanmanın kontrol altına alınması, kayıp ve kaçak emisyonların mevcut yasalara bağlı kalınarak önlenmesi ve "enerji tasarrufuna" yönelik çalışmaların yapılması en etkin yol olarak görülmektedir.

Çevre İl Müdürlüğüne yapılan emisyon ölçümleri incelendiğinde; KVS değerinin en fazla aşıldığı bölgelerin sırasıyla Valilik binası çevresi ve Sağlık İl Müdürlüğü binası çevresi olduğu görülmektedir. Hava kirliliğinin önlenmesi amacıyla daha önce belirtilen, alınacak önlem ve tedbirlerin, öncelikli olarak bu iki bölgede uygulanması, denetimlerin sıklaştırılması şarttır. Ayrıca çalışması süren "Doğal Gaz Projesi" nin öncelikli olarak, hava kirliliğinin yoğun olduğu bölgelerde uygulanması düşünüldüğünde, bazı sıkıntılar ile karşılaşılacağı açıktır. Çünkü Kütahya'da bu bölgelerde sokakların dar olması ve alt yapı sorunu gibi olumsuzluklar projenin uygulanmasını güçleştirecek boyuttadır.

Kütahya'da yanma sonu ürünleri içindeki SO<sub>2</sub> ve PM derişimlerini azaltmak için uzun vadede önlemler alınmalıdır. Bunların başında şüphesiz yakıt olarak kullanılması önerilen doğalgaz gelmektedir. Ancak özellikle şehir merkezinde doğalgaz ile birlikte kullanılacak olan linyitlerin kalitesinin devamlı olarak kontrolü gerekmektedir. Bunun yanında günlük kirlilik ölçüm sayıları ve istasyon sayıları artırılarak gün içinde şehrin hangi noktalarında ne gibi değişimler olduğunun kontrolü yapılmalıdır

Isıtma sistemlerinin dönüşümünde, mesken sahiplerinin konforundan ödün verilmeyecek şekilde tercih yapılmalıdır. Daire sayısı 10'un üzerinde olan binalarda merkezi sistem kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Burada kat malikleri arasındaki uyum önem arz etmektedir. Kat malikleri arasında uyum olduğu müddetçe ısıtmada kullanılacak en iyi yöntem merkezi sistemdir. Kat malikleri arasında ihtilaf olduğunda ise tercih, bireysel ısıtma sistemi yönünde olmalıdır.

Doğalgaz kullanımı sonrası özellikler Kütahya şehir merkezinde hava kirliliği değerlerinden düşüşler beklenmektedir. Doğalgaz boru hatlarının yapımına 2004 yılı sonunda başlanmasına rağmen, kullanımına ancak 2004-2005 ısıtma sezonunda başlanmıştır. Bu nedenle ısınma amaçlı olarak doğalgaz kullanımının etkileri, ancak kalorifer ve sobaların kullanımına başlandıktan sonra yani ekim ayından itibaren ortaya çıkacaktır.

Doğalgaz kullanımına çok daha önceden başlayan şehirlerde ise hava kirliliğindeki değişim aynı yıl içinde başlamış ve kullanımın artmasına paralel olarak da ivmelenerek azalmıştır. Kütahya şehir merkezi içinde aynı etki beklenmektedir. Ancak doğalgaz kullanımının teşvik edilmesinin yanında kömür kullanımının da kontrolü sıkı bir şekilde devam edilmelidir. Çünkü 2006 yılı sonunda tüm Kütahya' da ısınma amaçlı doğalgaz kullanımı, diğer yakıtların ancak %22 si kadar olabilecektir.

Hava kirliliği sorunu, sadece yakıtla bağlı olmadığı için, yakıt değişimi ile tam bir sonuç alınması mümkün değildir. Bütün bunların yanı sıra aşığıda belirtilen çalışmalara da önem verilmelidir.

- Bölgelerde yapılan hava kirliliği ölçüm sonuçlarının, ayrıca aynı bölgelerde ayrı ayrı kurulacak ölçüm istasyonlarında ölçülecek "meteorolojik büyüklükler (rüzgar hızı, sıcaklık, nem, basınç vb.) ile de ilişkilendirilmeleri gerekmektedir. Bu amaçla sürekli kirlilik ve meteorolojik analizler yapabilen komple sistemlerin kurulması düşünölmelidir.

- Kütahya'da yaygın olarak kullanılan kömürlerin (Tunçbilek, Seyitömer) kimyasal analizlerine göre kazan ve soba dizaynları bilimsel olarak tasarlanmalı ve deneysel olarak da yanma ve emisyon açısından verimlilikleri incelenerek piyasaya sunulmalıdır.
- Kütahya'da mevcut binalarda başta çatı yalıtımı olmak üzere, dış duvar, pencere ve döşemeler için çeşitli yalıtım ve benzeri önlemler alınması gerekmektedir. Ayrıca ısıtma tesisatında buhar, kaynar su ve sıcak su borularıyla, flanş ve vanalardan olan ısı kayıpları toplandığında büyük rakamlar ortaya çıkmakta ve bu kayıplar sistemin verimsiz ve dengesiz çalışmasına sebep olmaktadır. Isı yalıtım projelerinin, belediyece inşaat yapı ruhsatı verilirken titizlikle kontrol edilmesi gerekmektedir.
- Yeni yerleşim alanlarının planlanmasında, hava kirliliği sorunu dikkate alınarak, açılacak büyük caddelerin ağaçlandırılması, hakim rüzgar yönü paralelinde olmaları, rüzgar akımlarının azaldığı yerlerde, yüksek yapılara izin verilmemesi gerekmektedir. Kütahya'da imar planlarında, cadde tasarımı ve bina yüksekliklerinin, hakim rüzgarların önünü kesmeyecek şekilde yapılması hususu düşünülmediğinden oluşan kirliliğin dağılma şansı azalmaktadır. Bu yüzden, bundan sonra yapılacak binalarda ve toplu yerleşim merkezlerinde bu hususa dikkat edilmesi gerekmektedir.
- Sağlık il Müdürlüğünce hava kirliliğinin ölçümlerinde kullanılan İngiliz Volümetrik Yarı otomatik ölçüm cihazının, tam otomatik cihazla değiştirilmesi ve ölçümlerin ayrıca seyyar şekilde de yapılması, yapılacak olan ölçümlerin daha sağlıklı ve doğru olabilmesini sağlayacaktır. Mevcut ölçme ağı, sadece SO<sub>2</sub> ve PM ölçmesine dayalı olmaktan çıkarılmalı, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> gibi kirleticilerin de ölçümlerinin yapılması gerekmektedir. Ayrıca hava kalitesi ölçüm istasyonlarının sayıları arttırılmalı ve noktalar belirlenirken 2 Kasım 1996 Hava Kalitesi Yönetmeliğinde belirtilen hususlara uyulmalıdır.
- Yeni enerji kaynaklarından (jeotermal, biomas, güneş enerjisi v.s.) istifade etme girişimleri desteklenmeli ve kolaylıklar sağlanmalıdır.



## KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] Genceli F. O. ve Parmaksızoğlu C. İ., 2004, Kalorifer Tesisatı, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yayın no: 2004/352/2
- [2] Yazıcı N. and Demirbas A., 2001, Turkey's Natural Gas Necessity and Consumption, *Energy Sources* 23, 801–808
- [3] Aydın S. ve Yenikardeşler U., 1994, Kalorifer Kazanlarında Enerji Tasarrufu, Türkiye 6. Enerji kongresi Teknik Oturum tebliğleri 5, 64-76.
- [4] TC Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü, 1986, Hava Kalitesini Kontrolü Yönetmeliği
- [5] TC Çevre ve Orman Bakanlığı, 2005, Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
- [6] Köse R., 1992, Kömür Yakma Teknikleri,, Marmara Ün v 10.yıl etkinlikleri
- [7] Köse R.,1996, Düşük Kaliteli Kömürlerin Değerlendirilmesi ve SO<sub>2</sub> Emisyonu Kontrolü, Türkiye 10. Kömür Kongresi, 51-58
- [8] ODTÜ İnşaat Müh Bölümü 03-03-03-1-00-7 kod nolu danışmanlık projesi, 2003
- [9] Energy, sustainable development and health, 2004, Fourth Ministerial Conference on Environment and Health, 102p
- [10] Njau, E. C., 2005, Expected halt in the current global warming trend, *Renewable Energy*, V:30, 743–752
- [11] Köse R., 1998 Eylül, Ekolojik Dengenin Korunmasında Enerji Tasarrufunun Yeri, *Makine Tek Dergisi*, s 68-72
- [12] International Energy Agency (IEA), 2005, Legal Aspects of Storing CO<sub>2</sub>, 67p
- [13] Greenhouse gases and global warming Potential values, 2002, Excerpt from the inventory of U.S. Greenhouse Emissions and Sinks
- [14] Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J., Noguer M., Linden P.J., Dai X., Maskell K., Johnson C.A., *Climate Change 2001: The Scientific Basis* 1. book, Cambridge University Press, 83p
- [15] [www.retscreen.net/fichier.php/25/Textbook\\_Intro\\_B.pdf](http://www.retscreen.net/fichier.php/25/Textbook_Intro_B.pdf)
- [16] [http://www.botas.gov.tr/dogalgaz/dg\\_arztaleb\\_sen.asp](http://www.botas.gov.tr/dogalgaz/dg_arztaleb_sen.asp)
- [17] <http://www.meteor.gov.tr/2003/arge/ozon/ozonsorular.htm>
- [18] Müezzinoğlu M., 2000, Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları, 323s
- [19] Öztürk M., 2005, Hava kirliliğini Artıran Sıcaklık İnversonları, Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [20] <http://www.meteor.gov.tr>
- [21] Köse R. ve Yamık A., 2003, Kütahya'da Temiz Hava Planı Uygulamasının Gerçekleştirme Aşamaları, DPÜ Fen Bilimleri Dergisi, 231-238
- [22] <http://www.geocities.com/Paris/Louvre/4930/proje/sanayi.html>
- [23] World Health Organization, [www.who.int/en/](http://www.who.int/en/), (2005)
- [24] The Council Of The European Union Directive, Official Journal Of The European Commities, 1999/30/EC, (1999) 60
- [25] F.Pfiffer, M.Struschka, G.Baumbach, H.Hagenmaier and K.R. Hein, 2000, PCDD/PCDF Emissions From Small Firing Systems in Households, Chemosphere 40, 227p
- [26] Arıoğlu, E., 1997, Doğalgaz ve Konutlarda Enerji Tasarrufu, TMMOB Maden Müh. Odası İstanbul Şubesi Çalışma Raporu 4, İstanbul
- [27] Ünal N., 1991, Doğalgaz Kullanımının Diğer Yakıtlar ile Yanma verimi ve Enerji Maliyeti Yönünden Karşılaştırılması, Anadolu Üniv, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi
- [28] Öztürk H. K. and Hepbaşı, A., The Place of Natural Gas in Turkey's Energy Sources and Future Perspectives. Energy Sources, 25:293–307, 2003
- [29] EIA, Energy Information Administration, 2001, Natural Gas International Energy Outlook 2001
- [30] [http://www.eia.doe.gov/oiaf/fore\\_keywords.html#PetGas](http://www.eia.doe.gov/oiaf/fore_keywords.html#PetGas).
- [31] BP Statistical Review of World Energy, [www.bp.com](http://www.bp.com), Haziran 2004
- [32] Kaygusuz, K., 2003, Oil and Gas Market Developments in Turkey, Energy Sources, V:25, 229-240p
- [33] [www.enerji.gov.tr/enerjituketimi.htm](http://www.enerji.gov.tr/enerjituketimi.htm)
- [34] [www.enerji.gov.tr/enerjiuretimi.htm](http://www.enerji.gov.tr/enerjiuretimi.htm)
- [35] [www.botas.gov.tr](http://www.botas.gov.tr), Haziran 2005
- [36] <http://www.enerji.gov.tr/gaztarihce.htm>
- [37] Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001, 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, ÖİK:617, 130s
- [38] Aras, H. ve Aras, 2004, N. Forecasting Residential Natural Gas Demand Energy Sources, V:26, 463–472
- [39] Kütahya ili 2005 yılı görsel brifingi, 2005, [www.kutahya-bld.gov.tr](http://www.kutahya-bld.gov.tr)

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [40] Köse R., Erbaş O., 2003, Bazı Meteorolojik Faktörlerin Kütahya' daki Hava Kirliliğine Etkisi, DPÜ Fen Bilimleri Dergisi, Sayı 4, 255-269
- [41] <http://213.139.224.46/komurfiyat/jsp/komurFiyatGoruntule.jsp>
- [42] Kütahya Valiliği Mahalli Çevre Kurulu Kararları, Karar No: 2004/1
- [43] Doğalgaz, LPG & Fuel-oil dergisi, 2004, Yayın No: 92
- [44] Doğalgaz, LPG & Fuel-oil dergisi, 2004, Yayın No:93
- [45] Devlet İstatistik Enstitüsü, 2005, Türkiye İstatistik Yıllığı, 15-21
- [46] Erbaş O., 2001, Kütahya'da Hava Kirliliğinin Azaltılmasına Yönelik Çözüm Önerileri ve Matematiksel Modelleme, DPÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, 148s
- [47] Dağsöz A. K., 1998, Sıcak Sulu Kalorifer Tesisatı, İ.T.Ü. Makine Fak. Isı Geçişi ve Ekonomi Birimi, 649 s.
- [48] Sarak H. and Satman A., 2003, The Degree-day Method To Estimate The Residential Heating Natural Gas Consumption in Turkey: A Case Study, Energy Volume:28, 929-939
- [49] Hasan A., 1999, Optimizing İnsulation Thickness For Buildings Using Life Cycle Cost, Applied Energy Volume:63, 115-124
- [50] Arslan O., Yetgin H. S. ve Köse R., 2004, Kütahya Şehir Merkezinde Hava Kirliliği ve Doğalgaz, II. Ulusal Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi Bildiri Kitabı, 15-22
- [51] R. Köse, A. Yamık, O. Erbaş, 2001, Kütahya'da Hava Kirliliğinin Azaltılmasına Yönelik Çözüm Önerileri, Dumlupınar Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi, Proje No: 7, 148
- [52] <http://www.alarko-carrier.com.tr/Fiyatlar.htm>
- [53] [http://www.calisma.gov.tr/CGM/asmari\\_ucret\\_07\\_2004.htm](http://www.calisma.gov.tr/CGM/asmari_ucret_07_2004.htm)
- [54] <http://www.dosider.org/Çizelge/konutyakit.htm>