

**KÖMÜR SOBASININ ÜSTTEN VE ALTAN BESLEMELİ YAKILARAK
EMİSYONLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Engin ÖZBAŞ

**Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalında
Bilim Uzmanlığı Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Temmuz 2004**

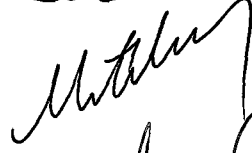
KABUL:

Engin ÖZBAŞ tarafından hazırlanan “KÖMÜR SOBASININ ÜSTTEN VE ALTTAN BESLEMELİ YAKILARAK EMİSYONLARININ KARŞILAŞTIRILMASI” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Makine Eğitimi Anabilim Dalında Bilim Uzmanlığı Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 01/07/2004

Başkan : Prof. Dr. Etem Sait ÖZ (ZKÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Metin KAYA (ZKÜ)

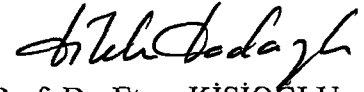


Üye : Yrd. Doç. Dr. Ayhan ÖZÇİFTÇİ (ZKÜ)



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. 01/07/2004



Prof. Dr. Etem KİŞİOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.

ÖZET

Bilim Uzmanlığı Tezi

KÖMÜR SOBASININ ÜSTTEN VE ALTTAN BESLEMELİ YAKILARAK EMİSYONLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Engin ÖZBAŞ

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Etem Sait ÖZ

Temmuz 2004, 77 Sayfa

Başta insanlar olmak üzere, tüm kara canlıları için, kendisiyle temasının kaçınılmaz olması nedeniyle, hava kirliliği çevre sorunlarının başında yer almaktadır. Bu çevre sorunun giderilebilmesi veya azaltılabilmesi için pek çok çalışmalar yapılmış, sonuçta kullanılan tekniğe ve kararlılık niyetine bağlı olarak başarı da sağlanabilmiştir.

Hava kirliliğinin nedenlerinden birisi de, kışın ısınmak için kullanılan kömür sobalarından kaynaklanan kirliliktir. Özellikle doğalgazın bulunmadığı yerleşim merkezlerinde, ekonomik nedenlerden dolayı kömür sobalarının kullanımı yaygındır. Kömür sobalarında, çoğunlukla yanlış yakma tekniklerinden dolayı, olması gerekenden daha fazla kirletici gaz yoğunluğu ve partikül madde oluşmaktadır. Alınabilecek basit yöntemlerle bu emisyon yoğunluklarının en aza çekilebilmesi mümkündür.

ÖZET (devam ediyor)

Bu çalışmada, hava kirliliğini azaltabileceği düşüncesiyle, üstten beslemeli bir kömür sobası, bir takım ek mekanizmalar ile alttan beslenmeli duruma getirilmiş, böylece her iki durumda da çıkan baca gazı emisyonları karşılaştırılarak, çevre üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

Deneylerde yakıt olarak linyit kömür kullanılmıştır. Baca gazı emisyonlarından da partikül madde, karbon monoksit (CO), azot oksit (NO_x) ve kükürt dioksit (SO₂) değişimleri incelenmiştir.

Toplam partikül madde emisyon miktarı alttan beslemede büyük ölçüde azalmış ve üstten beslemede Ringelmann skalasına göre 6 dereceye kadar çıkan partikül madde değişimi alttan beslemede en yüksek 4 dereceye çıkmıştır. Karbon monoksit (CO) emisyonu alttan beslemede %20'lik bir azalma gösterirken, azot oksit (NO_x) ve kükürt dioksit (SO₂) emisyonlarında önemli bir fark gözlenmemiştir.

Sonuçta, kömür sobalarında alttan besleme ile yakma işleminin hava kirliliğinin azalması yönünde, özellikle partikül madde üzerine, önemli bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Bu tip sobaların kullanımının tercih edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler : Hava Kirliliği, Yanma, Kömür, Kömür Sobası

Bilim Kodu : 626.11.01

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

COMPARISON OF THE EMISSIONS OF THE COAL STOVES FED FROM THE TOP AND THE BOTTOM

Engin ÖZBAŞ

**Zonguldak Karaelmas University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Machine**

Thesis Advisor: Prof. Dr. Etem Sait ÖZ

July 2004, 77 pages

Air pollution is the principal environmental problems because, human beings and all the land creatures inevitably need and touch it. To eliminate or minimize these environmental problems, lots of studies have been done and been successful to a degree depending on the technique used, and determination.

One of the sources of air pollution is the emission of the coal stoves used for heating in winters. Coal stoves are widely used especially where there is not natural gas facility and where people can spend less money for heating. Due to wrong burning technique, there becomes much more pollutant gas density and particulate matter than it could have been. It is possible to reduce these emission densities by taking simple precautions.

ABSTRACT (continued)

In this study, a coal stove which is fed from the top was modified by some additional equipment and became feedable from the bottom, then chimney gas emissions of these two kinds of stove were compared and their effects on the environment were investigated.

Lignite coal was used in the experiments. Particulate matter, carbon monoxide (CO), nitrogen oxide (NO_x) and sulfur dioxide (SO₂) changes in the chimney gas emissions were investigated.

According to the Ringelmann scale, total particulate matter emission of the stove fed from the top, was at a maximum of 6, while it reached a maximum of 4 for the stove fed from the bottom. Carbon monoxide (CO) emission was reduced 20 % for the latter one, nitrogen oxide (NO_x) and sulfur dioxide (SO₂) emissions were not changed significantly.

As a result, it was determined that in coal stoves, coal feeding from the bottom has a significant effect on especially the particulate matter. Thus this kind of stoves should be preferred to use.

Key Words : Air Pollution, Combustion, Coal, Coal Stove

Science Code : 626.11.01

TEŞEKKÜR

Lisans öğrenimimden başlayarak, yüksek lisans çalışmalarım boyunca da, her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen çok değerli hocam ve danışmanım Prof. Dr. Etem Sait ÖZ Beye, ayrıca değerli hocalarım Yrd. Doç. Metin KAYA Beye, Yrd. Doç. Dr. Sezai YILMAZ Beye ve burada adlarını saymadığım bilgi, kaynak ve görüşleriyle her zaman yardımcı olmaya çalışan tüm hocalarıma ve arkadaşlarıma sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tezin atölye çalışmalarından başlayarak, deneylerin yapılmasına ve yazım aşamasına kadar bütün çalışmalarında büyük bir sabır ile her an yanımda olan ve desteğini sürdüren kader birliği yaptığım, hayat arkadaşım Neşe ÖZBAŞ'a en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem Rukiye ÖZBAŞ'a, babam Mehmet ÖZBAŞ'a, ağabeyim Erhan ÖZBAŞ'a ve bugünlere gelmemde çok emekleri geçen halam Fatma AKREN ve eniştem İrfan AKREN'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
SİMGELER DİZİNİ.....	xvi
KISALTMALAR DİZİNİ	xvii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 ÇEVRE.....	3
2.1 EKOSİSTEM VE EKOLOJİ KAVRAMLARI	3
2.1.1 Ekosistem Kavramı	3
2.1.2 Ekoloji Kavramı	3
2.2 ÇEVRE SORUNLARI	3
2.3 ÇEVRE SORUNLARININ NEDENLERİ	4
2.4 KLASİK ÇEVRE SORUNU: ÇEVRE KİRLİLİĞİ	5
2.5 ÇEVRE KİRLİLİĞİNİN SINIFLANDIRILMASI.....	5
2.5.1 Hava Kirliliği.....	5
2.5.2 Su Kirliliği.....	5
2.5.2.1 Yeraltı Suları Kirliliği	5
2.5.2.2 Yerüstü Suları Kirliliği.....	6
2.5.3 Toprak Kirliliği	6
2.5.4 Gürültü Kirliliği.....	6
2.5.5 Görüntü Kirliliği.....	7

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.6 ÇEVRE KANUNU	7
2.6.1 Amaç, Tanımlar ve İlkeler	7
2.6.1.1 Amaç	7
2.6.1.2 Tanımlar	8
2.6.1.3 İlkeler	8
2.7 ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ (ÇED).....	9
BÖLÜM 3 HAVA KİRLİLİĞİ.....	11
3.1 ATMOSFER VE KİRLİLİK	11
3.2 HAVA KİRLİLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER	12
3.2.1 Sıcaklık.....	12
3.2.2 Basınç	12
3.2.3 Rüzgar	12
3.2.4 Yağış.....	13
3.2.5 Nem	13
3.2.6 Güneş Radyasyonu.....	13
3.3 HAVA KİRLİLİĞİ KAYNAKLARI.....	13
3.3.1 Doğal Kaynaklardan Hava Kirliliği	14
3.3.2 Yapay Kaynaklardan Hava Kirliliği.....	14
3.3.2.1 Sabit Kaynaklar	15
3.3.2.2 Hareketli Kaynaklar	15
3.3.2.3 Diğer Kaynaklar	15
3.4 HAVA KİRLİTİCİLER.....	16
3.4.1 Kaynaktan Çıkışlarına Göre	16
3.4.1.1 Primer Kirleticiler	16
3.4.1.2 Sekonder Kirleticiler	16
3.4.2 Kaynaklarına Göre Kirleticiler.....	17
3.4.2.1 Doğal Kaynaklarda Oluşan Kirleticiler.....	17
3.4.2.2 Yapay Kaynaklarda Oluşan Kirleticiler	17
3.4.3 Kimyasal Yapılarına Göre Kirleticiler	17

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.4.3.1 İnorganik Gazlar.....	17
3.4.3.2 Organik Gazlar	17
3.4.3.3 Partiküller	17
3.5 HAVA KİRLİLİĞİNİN ETKİLERİ	18
3.6 TAŞINMA VE BİRİKİM	19
3.6.1 Taşınma	19
3.6.2 Birikim	20
3.7 HAVA KALİTESİNİ KORUMA YÖNETMELİĞİ	20
3.7.1 Kanuni Dayanak, Amaç, Kapsam, İstisnalar, Tanımlar	21
3.7.1.1 Kanuni Dayanak	21
3.7.1.2 Amaç	21
3.7.1.3 Kapsam	22
3.7.1.4 İstisnalar	22
3.7.1.5 Tanımlar	23
3.7.2 Hava Kalitesi Sınır Değerleri, İzne Tabi Tesisler İçin Emisyon Sınır Değerleri	24
3.7.2.1 Hava Kalitesi Sınır Değerleri	24
3.7.3 EK – 1 Genel Kurallar, Birimler, Semboller, Çevirmeler.....	26
3.7.3.1 Hava Kalitesi	26
3.7.3.2 Emisyonlar	27
BÖLÜM 4 YAKITLAR VE YANMA	29
4.1 YAKITLAR	29
4.1.1 Yakıtların Sınıflandırılması.....	30
4.1.1.1 Katı Yakıtlar	30
4.1.1.2 Sıvı Yakıtlar	30
4.1.1.3 Gaz Yakıtlar	31
4.2 YANMA	31
4.2.1 Yanma Prensipleri	32
4.2.2 Yanma Reaksiyonları	33

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
4.2.3 Tutuşma Sınırları.....	35
4.2.4 Tutuşma Sıcaklıkları	35
4.2.5 Yanma Şekilleri.....	35
4.2.6 Yakacakların Isıl Değerleri	35
4.2.7 Deniz Seviyesinden Olan Yüksekliğin Etkisi.....	36
4.3 YANMA HESAPLARI	36
4.3.1 Yanma İçin Gerekli Hava Miktarı.....	36
4.3.2 Max. CO ₂ Oranı	39
4.3.3 Duman Gazı Miktarı	39
4.3.4 Duman Gazındaki Su Buharı ve Çiğ Noktası.....	39
4.4 YANMADAN KAYNAKLANAN HAVA KİRLİLİĞİ	40
4.4.1 Partikül Madde (PM).....	40
4.4.2 Karbon Monoksit (CO)	41
4.4.3 Hidrokarbonlar (HC).....	42
4.4.4 Azot Oksitler (NO _x)	42
4.4.5 Kükürt Oksitler (SO _x)	43
4.4.6 Karbondioksit ve Sera Etkisi	43
BÖLÜM 5 KÖMÜR VE KÖMÜRÜN YANMASI.....	44
5.1 KÖMÜRÜN OLUŞUMU VE SINIFLANDIRILMASI	45
5.1.1 Kömürün Oluşumu.....	45
5.1.2 Kömürün Sınıflandırılması.....	45
5.2 KÖMÜRÜN YANMASI.....	46
5.2.1 Yanmayı Etkileyen Faktörler.....	46
5.2.1.1 Yakıt Faktörü.....	47
5.2.1.2 Yakma Sistemi Faktörü.....	48
5.2.1.3 İşletme Faktörü.....	49
5.2.2 Kömürün Yanması	49
5.2.2.1 Kömürün Heterojen Yanma Mekanizması.....	50

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
5.2.3 Kömürün Yakılması Sırasında Çevreye Olan Olumsuz Etkiler.....	53
5.2.4 Kirleticiler İçin İmisyon ve Emisyon Kriterleri	54
BÖLÜM 6 DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	56
6.1 KÖMÜR SOBALARI.....	56
6.1.1 Soba.....	56
6.1.2 Döküm ve Sac Kömür Sobaları.....	57
6.2 UYGULANAN SİSTEM.....	58
6.2.1 Sistemin Özellikleri.....	58
6.2.2 Sistemin Parçaları ve Görevleri.....	59
6.2.2.1 Helezon.....	59
6.2.2.2 Helezon Kanalı.....	59
6.2.2.3 Yakıt Deposu.....	60
6.2.2.4 Izgara.....	61
6.2.2.5 Destek Düzeneği	61
6.3 KULLANILAN ÖLÇÜ CİHAZI	63
6.4 DENEYLER	64
6.4.1 Deneylerin Yapılışı	65
6.4.1.1 Sobanın Normal Üstten Beslemeli Yakılması.....	66
6.4.1.2 Sobanın Eklenen Sistem İle Altan Beslemeli Yakılması	67
6.4.2 Ölçülen Değerlerin Karşılaştırılması.....	68
6.4.2.1 İslilik Derecelerinin Karşılaştırılması	69
6.4.2.2 CO Değişiminin Karşılaştırılması	71
6.4.2.3 NO _x ve SO ₂ Değişimlerinin Karşılaştırılması	72
BÖLÜM 7 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	74
7.1 SONUÇLAR.....	74
7.2 ÖNERİLER.....	74

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
KAYNAKLAR.....	75
ÖZGEÇMİŞ.....	77



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
5.1	Turba, Kahverengi Kömür ve Bitümlü Kömür Oluşumu	45
6.1	Deneylerde kullanılan sobanın sistem eklenmemiş görünümü	57
6.2	Sistemin sobaya eklenmiş görünümü.....	58
6.3	Farklı açılardan helezonun görünümü.....	59
6.4	Farklı açılardan helezon kanalının görünümü.....	59
6.5	Helezon ile helezon kanalının montajlı görünümü	59
6.6	Yakıt deposunun izometrik görünümü.....	60
6.7	Helezon, helezon kanalının ve yakıt deposunun montajlı görünümü	60
6.8	Döküm ızgara	61
6.9	Sistemle beraber sobanın oturacağı destek düzeneği	61
6.10	Sistemin kendi arasında montajlı durumunun farklı açılardan görünüşleri.....	61
6.11	Sistemin montaj sırasındaki ve montajı bittikten sonraki görünüşleri	62
6.12	Ölçüm cihazı ve probu	63
6.13	İslilik ölçüm aparatı ve elektronik terazi.....	64
6.14	Deney ortamının genel görünümü.....	64
6.15	Farklı açılardan baca görünümü.....	65
6.16	Sobanın üstten yakılmaya hazır hale getirilmesi.....	66
6.17	Kömür, talaş, kağıt ve tahtaların hazırlanarak tutuşturulması.....	67
6.18	Üstten besleme yapıldıktan hemen sonrası görünüşleri	67
6.19	Kömürün helezon ile iletilmesi, talaş, kağıt ve tahtaların hazırlanması	68
6.20	Altan helezonla besleme yapıldıktan hemen sonrası görünüşleri.....	68
6.21	Üstten ve alttan besleme anlarında çıkan duman yoğunluklarının görünüşleri...	69
6.22	İslilik derecelerinin belirlendiği Ringelman skalası.....	70
6.23	Üstten ve alttan besleme durumunda elde edilen islilik derecelerinin değişimi ...	70
6.24	Üstten ve alttan besleme durumunda elde edilen CO değişimi.....	71
6.25	Üstten ve alttan besleme durumunda elde edilen NO _x değişimi	73
6.26	Üstten ve alttan besleme durumunda elde edilen SO ₂ değişimi	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>		<u>Sayfa</u>
3.1	Atmosferde 25 km yüksekliğe kadar bulunan gazların miktarları	12
3.2	Çeşitli Hava Kirleticileri İçin Uyulması Gereken Uzun ve Kısa Vadeli Sınır Değerler	25
3.3	Kış Sezonu Ortalama Sınır Değerleri.....	26
4.1	Çeşitli Yakacak Bileşenleri İçin Yanma Reaksiyonları	34
4.2	Çeşitli Yakacak Bileşenleri İçin Yanma Ürünleri	34
4.3	Yakacakların Teorik Yanmaları İçin Gerekli Teorik Hava Miktarları	37
4.4	Partikül Şeklindeki Kirletici Emisyonları	41
5.1	Bazı Katı Yakıtların Tutuşma Sıcaklıkları.....	52
5.2	Bazı Kirleticiler İçin 289 K ve 1 atm'de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile ppm Arasındaki Dönüşümler	54
5.3	Kömür Kaynaklı Önemli Kirleticiler İçin Bazı Ülkelerin Kabul Ettiği Belirli Zaman Aralığındaki İmisyon Sınır Değerleri	55
6.1	Kazanlar İçin Emisyon Sınır Değerleri	69

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Ar	:	argon
C	:	karbon
CFC	:	kloroflorokarbon
CO	:	karbon monoksit
CO ₂	:	karbon dioksit
COHb	:	karboksihemoglobin
GJ/h	:	bir saatte Giga joule
H	:	hidrojen
h	:	saat
H ₂ O	:	su buharı
H ₂ S	:	hidrojen sülfür
He	:	helyum
HF	:	hidrojen florür
H _o	:	yakıtın üst ısıl değeri
H _u	:	yakıtın alt ısıl değeri
kcal	:	kilo kalori
KJ/h	:	bir saatte kilo joule
m	:	mikrometre
M	:	hava kirleticinin mol kütlesi
m ³ /h	:	bir saatte metreküp (Hacimsel Debi)
mg	:	miligram
MJ/h	:	bir saatte Mega joule
N	:	azot
N ₂	:	azot (nitrojen)
Ne	:	neon
ng	:	nanogram
NO	:	azot monoksit
NO ₂	:	azot dioksit
NO _x	:	azot oksitler

SİMGELER VE KISALTMALAR (devam ediyor)

O ₂	:	oksijen
O ₂ Hb	:	oksihemoglobin
P	:	atmosfer Basıncı
ppm	:	parts per million
R	:	gaz Sabiti
S	:	kükürt
sn	:	saniye
SO ₂	:	kükürt dioksit
SO ₃	:	kükürt trioksit
T	:	mutlak Sıcaklık
t	:	ton
TJ/h	:	bir saatte Tera joule
V	:	hacim
µg	:	mikrogram

KISALTMALAR

ATS	:	Alt Tutuşma Sınırı
ÇED	:	Çevresel Etki Değerlendirme
KVS	:	Kısa Vadeli Sınır Değerleri
PAH	:	Polinükleer aromatik hidrokarbonlar
UVS	:	Uzun Vadeli Sınır Değerleri
ÜTS	:	Üst Tutuşma Sınırı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Canlıların, varlıklarını sürdürebildikleri, her birine özgü yaşam koşulları vardır. Kimi canlılar suda, kimi canlılar ise karada yaşamlarını sürdürebilmektedir. Canlıların en mükemmeli olan insanlar da doğal şartlarda karada yaşayabilen canlılardır. İnsanların, yaşamlarını en iyi ve en verimli şekilde sürdürebilmeleri, yaşam ortamları olan çevrenin özelliklerine ve kalitesine bağlıdır.

Teknolojik gelişmeler, insanlara daha konforlu, daha rahat bir yaşam sağlamış olsa bile, aynı zamanda bir çok olumsuzlukları da beraberinde getirmiştir. Bu olumsuzlukların en başında da çevre kirliliği gelmektedir. Başta insanlar olmak üzere, tüm kara canlıları için temasının kaçınılmaz olmasından dolayı, en öncelikli çevre sorunu da hava kirliliğidir.

Hava kirliliğinden söz edilebilmesi için, havayı oluşturan bileşik ve elementlerin oranlarındaki değişimlere ve normalde atmosferde bulunmayan atık gazların yoğunluklarındaki değişimlere bakılması gerekir. Bu değişimlere göre hava kirliliğinin derecelerinden bahsedilebilir.

Sebepleri arasında yer alan, ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin azaltılabilmesi için çeşitli çalışmalar yapılabilir. Bu çalışmalardan birisi de yakma tekniklerinin geliştirilerek yaygınlaştırılmasıdır. Özellikle ülkemizde oldukça çok kullanılan kömür sobalarının, yanlış tekniklerle yakılması, ciddi hava kirliliğine neden olmaktadır.

En doğru yakma tekniği, kömürün üstten tutuşturularak yakıldığı tekniktir. Bunu sağlayan en yaygın sobalar, kovalı tip sobalardır. Ancak, hangi tip sobalar olursa olsun, kullanımı kişinin inisiyatifine kaldığından istenilen hedeflere ulaşılamamaktadır.

Yapılan bu çalışmada ise, hem en doğru teknik olan, kömürün üstten tutuşturularak yakılması, hem de soba, helezonla alttan beslemeli olduğundan, kullanımının kişinin inisiyatifine bırakılmaması amaçlanmıştır.



BÖLÜM 2

ÇEVRE

Çevre, canlıların yaşamları boyunca ilişkilerini sürdürdükleri ve karşılıklı olarak etkileşim içinde buldukları fiziki, biyolojik, sosyal, ekonomik ve kültürel ortamdır. Özellikle insanlar için çevrenin tanımı yapılacak olursa, giyilen elbiselerden başlayarak, yatağı, odası, evi, sokağı veya caddesi, mahallesi, köyü veya kenti, coğrafi bölgesi, ülkesi, kıtası ve nihayet dünyasıdır, denilebilir.

2.1 EKOSİSTEM VE EKOLOJİ KAVRAMLARI

2.1.1 Ekosistem Kavramı

Canlı organizmalarla cansız çevre etmenleri birbirleriyle sıkı sıkıya bağlıdır. Karşılıklı olarak madde alışverişi yapacak biçimde birbirlerine etki yapan canlı organizmalarla, cansız maddelerin bulunduğu herhangi bir doğa parçası bir ekosistemdir (Şişli, 1999).

2.1.2 Ekoloji Kavramı

Ekoloji, doğa ve insanlığın doğal dünya ile ilişkisi hakkında “çevre” ye göre daha geniş bir kavrayış getiren ve biyosferin dengesini ve bütünlüğünü amaç olarak gören bir bilimdir (Görmez, 2003).

2.2 ÇEVRE SORUNLARI

Ekolojik sistem veya ekosistemi canlılarla bir arada ve uyum içinde gelişmeleri ve varlıklarını sürdürebilmeleri için gerekli şartlar bütünü diye tanımlanırsa, bu dengenin bozulmasını da ekosistemin ya da ekolojik sistemin bozulması olarak alınabilir.

Ekolojik dengeye yapılan müdahaleler mutlak olarak bu dengede değişimlere yol açmaktadır. Ancak bu müdahaleler bazen yeni bir dengeye yol açarken, bazen de denge bozulmakta ve büyük sorunlar ortaya çıkmaktadır.

İnsanlarla çevresi ve diğer canlılar ile doğal çevre arasındaki ilişkiler, insanlığın ilk yıllarından sanayi devrimine kadar değişime uğrasa da kısmi bir uyum içinde devam etmiştir. Ancak sanayi devrimi, insanın doğaya müdahale ederek doğal dengeyi bozma imkanlarını ve şartlarını hazırlamıştır. Bu süreçte ekolojik denge insan tarafından tahrip edilmeye, bozulmaya hatta canlılar için tehlikeli olmaya başlamıştır (Görmez, 2003).

2.3 ÇEVRE SORUNLARININ NEDENLERİ

En genel ifadesiyle, toplumun ekonomik faaliyetleri, sürekli bir malzeme akımı olarak düşünülebilir. İnsanoğlu çevreden çok sayıda bitki, hayvan ve mineral kökenli malzeme alır; bunları işleyerek daha çok sayıda ekonomik mal elde eder; bunları tüketir; tüketim esnasında bu mallar fiziki ve kimyevi değişiklere uğrar, sonunda çöp haline gelen ve istenmeyen bu tüketim atıkları çevreye geri verilir. Katı, sıvı ve gaz halinde bulunan ve istenmeyen bu atıklar, sadece tüketim sonucu değil, aynı zamanda madde akımının ikinci safhasını oluşturan üretim safhasında da ortaya çıkar ve gene aynı şekilde çevreye atılırlar. Nüfusun sabit, üretim ve tüketimin bir evvelki yılın aynı olduğu, teknolojik bir gelişmenin de ortaya çıkmadığı, yani hiçbir şeyin değişikliğe uğramadığı, durgun bir toplumda, maddenin sakınımı kanununu, çevreye atılan atıkların çevreden alınan bitki, hayvan ve mineral kökenli malzemeye eşit olduğunu ortaya koyar. Miktarları eşit olmasına rağmen, çevreden alınan malzeme ile çevreye geri verilen atık maddelerin tipleri ve şekilleri birbirlerinden çok farklıdır (Dales).

Ekosistemin dengesini bozan sebeplerden en önemlisinin sanayileşme ve sonucunda ortaya çıkan sanayi toplumu olduğu iddia edilir. “Önceleri sınırsız ve bedelsiz” kabul edilen tabiatın sürekli kar elde etme hırsı ile israf derecesinde kullanımı belki de çevre sorunlarının başında yer alıyor. Kesin bir ifadeyle birbirlerinden ayrı olarak düşünemezsek de çevre sorunlarının nedenlerini; sanayileşme, hızlı nüfus artışı, kentleşme ve bacasız sanayi olarak nitelendirilen fakat tarihi ve doğal güzelliklerin betonlaşmasına yol açan, turizm şeklinde sıralayabiliriz.

2.4 KLASİK ÇEVRE SORUNU: ÇEVRE KİRLİLİĞİ

Dar anlamda çevre sorunları, çevre kirliliği olarak da belirtilebilir. Kirlilik denildiğinde, insanların müdahalesi sonucu oluşan çevre bozulmaları anlaşılmalıdır. Çünkü, insanlar tarafından yapılan olumsuz müdahaleler kısa bir zaman aralığında ve büyük bir yoğunlukta meydana gelmektedir. Sonuçta ekolojik çevrede ortaya çıkan değişiklikler, canlıların yaşamını olumsuz yönde etkileyecek ciddi boyutlara ulaşmaktadır. İnsanlar da canlı varlıklar olarak ekolojik çevrenin bir parçasıdır ve kendisi tarafından oluşturulan bu olumsuzluklardan eninde sonunda etkilenmektedir.

2.5 ÇEVRE KİRLİLİĞİNİN SINIFLANDIRILMASI

Çevre kirliliği; hava kirliliği, su kirliliği, toprak kirliliği, gürültü kirliliği ve görüntü kirliliği şeklinde sınıflandırılabilir.

2.5.1 Hava Kirliliği

Canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen ve/veya maddi zararlar meydana getiren havadaki yabancı maddelerin normalin üzerindeki miktar ve yoğunluğa ulaşmasıdır. Bir başka deyişle hava kirliliği; havada katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zarar verebilecek miktar, yoğunluk ve sürede atmosferde bulunmasıdır (Çevre Bakanlığı, 2003).

2.5.2 Su Kirliliği

Su kirliliği iki guruba ayrılarak açıklanabilir.

2.5.2.1 Yeraltı Suları Kirliliği

Yağmur suyu yeryüzüne indiği andan itibaren kirlilik oranında ani bir artış olur. Hayvansal ve bitkisel atıklar, doğal ve suni gübreler vb. su ile yer altına doğru taşınır.

Yeraltı suyu kirlenmesinin en büyük sebebi, evsel ve endüstriyel atıkların arıtılmadan alıcı ortamlara verilmesidir. Katı, sıvı ve gaz atıklar alıcı ortama verildikten sonra; iklim

durumuna, toprağın yapısına, yeryüzü şekline, atığın cinsine ve zamana bağlı olarak yeraltı sularına karışır (Çevre Bakanlığı, 2003).

2.5.2.2 Yerüstü Suları Kirliliği

Yine benzer şekilde hayvansal ve bitkisel atıkların, doğal ve suni gübrelerin, evsel ve endüstriyel atıkların yağmur suyuyla toprak yüzeyinden akarak su kaynaklarına dökülmesiyle ve ayrıca rüzgar, yağmur gibi tabiat olaylarının atmosferdeki kirliliği su kaynaklarımıza taşınmasıyla meydana gelen bir kirliliktir.

Hızlı nüfus artışına karşın, akarsu, göl ve denizlerin oluşturduğu yerüstü su kaynakları sabit kalmaktadır. Dolayısıyla bu kaynakların kirletilmemesi ve çok iyi kullanılması gerekmektedir. Bilinçli su kullanımıyla, yaşam kalitesi bozulmadan alınacak basit tedbirlerle su kaynaklarının kirlenmesini ve tükenmesini önleyebiliriz (Çevre Bakanlığı, 2003).

2.5.3 Toprak Kirliliği

Toprak kirlenmesi toprağın insanlar tarafından özümleme kapasitesinin üzerindeki miktarlarda çeşitli bileşikler ve toksik maddeler ile yüklenmesi sonucunda anormal fonksiyonlar göstermesidir.

Toprak kirlenmesi deyince akla erozyon da gelmektedir. Toprak erozyonu arazinin tabii dengesinin çeşitli sebeplerle bozularak toprağın su ve rüzgarın etkisiyle taşınmasıdır (Görmez, 2003).

2.5.4 Gürültü Kirliliği

İnsanlar üzerinde olumsuz etki yapan ve hoşla gitmeyen seslere gürültü denir. Özellikle büyük kentlerde gürültü yoğunlukları oldukça yüksek seviyelerdedir. Gürültünün insan üzerinde, bazı seviyelere kadar psikolojik ve daha üst seviyelerde ise fiziksel olumsuzlukları söz konusudur (Çevre Bakanlığı, 2003).

2.5.5 Görüntü Kirliliği

Bilinçsizce ve sorumsuzca inşa edilen yapılardan dolayı oluşan görüntü kirliliğinin de insan psikolojisi üzerinde olumsuz etkileri vardır. Yaşanılan bölgenin düzenli oluşu oradaki toplumun gelişmişlik düzeyinin bir ifadesidir. Böyle bir kirliliği önlemek için biraz daha duyarlı davranmak yeterli olabilir.

2.6 ÇEVRE KANUNU

Sanayi devriminin başlamasıyla birlikte artan çevre sorunları bir müddet sonra ciddi seviyelere ulaşmış ve sonuçta bir takım önlemlerin alınması kaçınılmaz hale gelmiştir. Başta gelişmiş ülkelerde başlayarak bir çok ülkede ve uluslar arası örgütlerde çevre kirliliğini azaltmak ve önlemek amacıyla uyulması zorunlu kurallar getirilmiştir.

Ülkemizde de geç de olsa bir takım kuralların konulmasının kaçınılmaz olduğu gerçeği kabullenilmiş, sonuçta 9.8.1983 tarih ve 2872 nolu kanun, 18132 nolu Resmi Gazete’de 11.8.1983 tarihinde yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu kanuna göre;

2.6.1 Amaç, Tanımlar ve İlkeler

2.6.1.1 Amaç

Madde 1 – Bu Kanunun amacı, bütün vatandaşların ortak varlığı olan çevrenin korunması, iyileştirilmesi; kırsal ve kentsel alanda arazinin ve doğal kaynakların en uygun şekilde kullanılması ve korunması; su, toprak ve hava kirlenmesinin önlenmesi; ülkenin bitki ve hayvan varlığı ile doğal ve tarihsel zenginliklerinin korunarak, bugünkü ve gelecek kuşakların sağlık, uygarlık ve yaşam düzeyinin geliştirilmesi ve güvence altına alınması için yapılacak düzenlemeleri ve alınacak önlemleri, ekonomik ve sosyal kalkınma hedefleriyle uyumlu olarak belirli hukuki ve teknik esaslara göre düzenlemektir.

2.6.1.2 Tanımlar

Madde 2 – Bu kanunda geçen;

- a. “Çevre Korunması” terimi; ekolojik dengenin korunması, havada, suda, toprakta kirlilik ve bozulmanın önlenmesi ve çevrenin iyileştirilmesi için yapılan çalışmaların bütünü,
- b. “Ekolojik Denge” terimi; insan ve diğer canlıların varlık ve gelişmelerini sürdürebilmeleri için gerekli olan şartların bütünü,
- c. “Çevre Kirliliği” terimi; insanların her türlü faaliyetleri sonucu, havada, suda ve toprakta meydana gelen olumsuz gelişmelerle ekolojik dengenin bozulması ve aynı faaliyetler sonucu ortaya çıkan koku, gürültü ve atıkların çevrede meydana getirdiği arzu edilmeyen sonuçları,
- d. “Kirleten” terimi; fiilleri sonucu doğrudan veya dolaylı olarak çevre kirliliğine sebep olan gerçek ve tüzelkişileri,
- e. “Atık” terimi; herhangi bir faaliyet sonucunda çevreye atılan veya bırakılan zararlı maddeleri,
- f. “Alıcı Ortam” terimi; atıkların bırakıldığı yakın veya uzak çevreyi, ifade eder.

2.6.1.3 İlkeler

Madde 3 – Çevre korunmasına ve çevre kirliliğinin önlenmesine ilişkin genel ilkeler aşağıda belirtilmiştir.

- a. Çevrenin korunması ve çevre kirliliğinin önlenmesi gerçek ve tüzelkişilerle vatandaşların görevi olup, bunlar bu konuda alınacak tedbirlere ve belirlenen esaslara uymakla yükümlüdürler.
- b. Çevre korunmasına ve kirliliğine ilişkin karar ve önlemlerin alınması ve uygulanmasında; insan ve diğer canlı varlıklarının sağlığının korunması, alınacak önlemlerin

kalkınma çabalarına olumlu ve olumsuz etkileri ile fayda ve maliyetleri dikkate alınarak kısa ve uzun vadeli değerlendirmelerin yapılması esastır.

c. Arazi ve kaynak kullanım kararlarını veren ve proje değerlendirmesi yapan yetkili kuruluşlar, kalkınma çabalarını olumsuz yönde etkilememeyi dikkate alarak çevrenin korunması ve kirlenmemesi hedefini gözetirler.

d. Ekonomik faaliyetlerde ve üretim metotlarının tayininde çevre sorunlarının önlenmesi ve sınırlandırılması amacıyla en elverişli teknoloji ve yöntemler seçilir ve uygulanır.

e. Kirlenmenin önlenmesi, sınırlandırılması ve mücadele için yapılan harcamaların kirlenen tarafından karşılanması esastır. Kirlenenin kirlenmeyi durdurmak, gidermek ve azaltmak için gerekli önlemleri almaması veya bu önlemlerin yetkili makamlarca doğrudan alınması nedeniyle kamu kurum ve kuruluşlarınca yapılan gerekli harcamalar 6183 sayılı Amme Alacaklarının Tahsil Usulü Hakkında Kanun hükümlerine göre kirlenetenden tahsil edilir.

Ancak kirlenenler, kirlenmenin önlenmesi ve sınırlandırılması için yapılan giderleri ödeme yükümlülüğünden söz konusu kirlenmeyi önlemek için gerekli her türlü tedbiri aldıklarını ispat etmek kaydıyla kurtulabilirler.

f. İnilabilecek en düşük kirlenme seviyesi alınarak, bu seviyenin üstünde meydana gelebilecek kirlenmeler için bu Kanunun 18 inci maddesinin (1) bendinde belirlenen ücretler alınır.

g. Çevrenin korunması ve kirlenmenin önlenmesi konusunda alınacak tedbirlerin bir bütünlük içinde tespiti ve uygulamaları esastır (Çevre Bakanlığı).

2.7 ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ (ÇED)

Yeni proje ve gelişmelerin çevreye olabilecek sürekli, veya geçici potansiyel etkilerinin sosyal sonuçlarını ve alternatif çözümlerini de içine alacak şekilde analizi ve değerlendirmesidir.

ÇED; çevreye önemli etkileri olabilecek faaliyetlerle ilgili projelerin, planlanma aşamasından başlayarak faaliyetin inşaat, işletme ve faaliyetin sona erdirilmesinden sonra meydana gelebilecek etkilerinin, proje hakkında karar alınmadan önce bilimsel yöntem ve tekniklerle tahmin edilmesi, olumsuz etkilerinin önlenmesi ve gerekli tedbirlerin tespiti ile projenin tüm uygulama aşamalarında bu etkilerin ve tedbirlerin izlenmesi ve denetlenmesi sürecidir.

ÇED' in amacı; ekonomik ve sosyal gelişmeye engel olmaksızın, çevre değerlerini ekonomik politikalar karşısında korumak, planlanan bir faaliyetin yol açabileceği bütün olumsuz çevresel etkilerin önceden tespit edilip, gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır (Çevre Bakanlığı, 2003).



BÖLÜM 3

HAVA KİRLİLİĞİ

3.1 ATMOSFER VE KİRLİLİK

Yer kürenin etrafını saran gaz kütleyle atmosfer denir. Atmosfer içinde bulunan oksijen hayatın gelişmesini temin ettiği gibi, meydana getirdiği diğer uygun şartlarla da hayatın sürekliliğini sağlar. Bunun yanı sıra güneşten dünyaya gelen enerjinin tekrar uzaya süratle dönmesini önler. Atmosfer yer kürenin etrafında adeta düzenleyici ve koruyucu bir örtü şeklindedir (Sağlık Bakanlığı).

Atmosferi meydana getiren gazların karışımlarından oluşan hava, canlı organizmanın yaşam sürecindeki en önemli öğelerden biridir. Bir insanın günde yaklaşık olarak 2,5 lt su, 1,5 kg besin ve 10 - 20 m³ hava ihtiyacı vardır. Açlığa 60 gün, susuzluğa 6 gün dayanabilen insan, havasızlığa ancak 6 dakika dayanabilmektedir.

İnsan, hayvan, bitki ve eşyalara zarar verebilecek miktarlarda toz, tütsü (füme), gaz, sis, koku, duman veya buharlar gibi dış atmosferde bulunan bir ya da daha fazla kirletici hava kirliliğine neden olmaktadır.

Havanın doğal yapısında bulunan esas maddelerin yüzde miktarlarının veya yapısındaki yabancı maddelerin, insan sağlığını ve huzurunu bozan hayvan, bitki ve eşyaya zarar verecek seviyelere ulaştığında atmosferde kirlilik varlığından bahsedilebilir.

Atmosfer içindeki gazların hacimsel oranları yatay ve dikey hava hareketleri nedeni ile yerden 25 km yüksekliğe kadar hemen hemen sabit kalır. Daha yukarı tabakalarda ise dikey hava hareketlerinin bulunmaması nedeni ile; gazlar Dalton Kanununa göre, ağırlıklarına uygun katmanlar halinde sıralanmışlardır. Havada devamlı bulunan ve miktarları değişmeyen gazlar, hayatın sürekliliğini sağlayan unsurlardır. Havada devamlı

bulunan ve miktarları azalır çoğalan gazlar ise iklimler üzerinde önemli etkiler meydana getirirler (Sağlık Bakanlığı).

Çizelge 3.1 Atmosferde 25 km yüksekliğe kadar bulunan gazların miktarları (Sağlık Bakanlığı)

Gazlar	Sembolleri	Hacimsel Yüzdeleri (%)	Molekül Ağırlıkları
Azot (Nitrojen)	N ₂	78,08	28,02
Oksijen	O ₂	20,94	32,00
Argon	Ar	0,93	39,88
Karbondioksit	CO ₂	0,03 (Değişebilir)	44,00
Neon	Ne	0,0018	20,18
Helyum	He	0,0005	4,00
Su Buharı	H ₂ O	0,004 (Değişebilir)	18,02

3.2 HAVA KİRLİLİĞİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

3.2.1 Sıcaklık

Enerjinin bir türü olan ısı, moleküler bir harekettir. Sıcaklık ise bağıl bir değerdir ve maddenin ısı sıklığını (konsantrasyonunu) ifade eder (Özkol, 1999).

3.2.2 Basınç

Atmosferi oluşturan gazların ağırlıklarının atmosfer içinde ve altındaki cisimlere yaptığı etkidir.

Havanın soğuması ile yoğunlaşan havanın yer çekimi etkisi ile yeryüzüne çökmesi sonucunda, bu havanın altındaki yüzeylere yaptığı basınca yüksek basınç; havanın ısınması ile genişleyen havanın altındaki cisimlere yaptığı basıncın azalmasıyla oluşan basınca da alçak basınç denir (Sağlık Bakanlığı).

3.2.3 Rüzgar

Yatay yönde yer değiştiren hava kütesinin hareketine rüzgar adı verilir. Rüzgarın; yönü, hızı (şiddeti) ve sıklığı (frekans) olarak üç özelliği vardır (Sağlık Bakanlığı).

3.2.4 Yağış

Havadaki su buharının çeşitli koşullarda yoğunlaşarak atmosferden düşmesine yağış denir. Yağışlar; yağmur, kar, dolu olarak düşen çığ, kırağı ve sis olarak da düşmeyen hidrometeorlar olarak ikiye ayrılır (Sağlık Bakanlığı).

3.2.5 Nem

Nem, havadaki su buharı miktarıdır. Mevcut havada bulunan birim miktardaki nemli havanın içerdiği gram cinsinden su buharı miktarına mutlak nem denir. Havadaki su buharı miktarının aynı sıcaklıktaki doymuş havada bulunan su buharı miktarına oranı da bağıl nem olarak adlandırılır (Doğan, 2002).

3.2.6 Güneş Radyasyonu

Güneş radyasyonunun çoğu, fotosfer denilen ve nispeten daha soğuk olan güneşin yüzeyinden gelir (Öz, 1987).

Güneşten gelen ışınlar, atmosferin içine girdiği andan itibaren kırılıp, yansıyor, yutulur, yön ve şekil değiştirirler. Güneşten doğrudan doğruya gelen ve yayılan ışınların tümüne Global Solar Radyasyon adı verilir. Güneşten gelen, yeryüzü tarafından tutulan ve daha sonra yayılan radyasyona da Net Radyasyon adı verilir (Sağlık Bakanlığı).

3.3 HAVA KİRLİLİĞİ KAYNAKLARI

Hava kirliliği, havada katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zararlı olabilecek derişim ve sürede bulunmasıdır. Bu tanımda dikkati çeken önemli nokta, “zararlı olabilecek” ifadesidir. Bu ifade zarar kavramının hava kirlenmesinde yeterli açıklıkta ve kesin olarak belirlenememesinin bir sonucudur. Hava kirliliğinin etki şekli ve derecesi; yaş, dayanıklılık gibi kişisel faktörlere bağlıdır. Tanımda kullanılan diğer önemli terim ise “süre”dir. Hava kirlenmesinde kirleticilere maruz kalma süresi oldukça büyük önem taşımaktadır. Bazı kirleticilere düşük derişimlerde çok uzun sürede maruz kalınma ile olumsuz etki oluşurken, diğer bazı

kirleticilerin düşük derişimleri, uzun sürede insanlarda ölümcül sonuç doğurabilmektedir (Okutan, 1993).

Orman yangınları, volkanik patlamalar, bataklıklarda anaerob bakterilerin kompleks organik maddeleri hidrolizi sırasında ortama verilen; karbondioksit, metan, vb. gibi gazların atmosfere yayılması gibi doğal olaylar nedeni ile atmosfer hiç bir zaman tertemiz olmamıştır.

Prehistorik devirde ateşin bulunması ile başlayan atmosferik kirlilik 20. yüzyılın ortalarından itibaren patlama noktasına varan endüstrileşme, kırsal alanlardan kentlere yönelik büyük insan göçü hava kirlenmesi olayının boyutlarını, bazı epizotlara (hava kirliliğinin anormal ölçülerde artması ve bu seviyede bir kaç gün kalması sonucunda hastalıkların ve ölümlerin artması olayına) sebep olacak ölçüde büyütmiştir. Örneğin; 1952 yılında Londra'da yaşanan epizotta, hava sakinken sıcaklığın birden düşmesi, kirleticileri yeryüzüne yakın hava tabakasında tutmuş ve 4000 kişi hayatını kaybetmiştir.

Hava kirliliğinin boyutları özellikle teknolojik gelişme ile fosil kaynaklı yakıtların kullanılması ile hızla artmıştır (Sağlık Bakanlığı).

3.3.1 Doğal Kaynaklardan Hava Kirliliği

Volkanik patlamalar, orman yangınları, açık arazideki hayvan ve bitki ölümlerinin bozulması gibi doğal olaylardan kaynaklanan kirliliktir.

3.3.2 Yapay Kaynaklardan Hava Kirliliği

Doğadaki hammaddeleri kullanımına sunabilmek için gereken süreçler sonucunda oluşan, insan aktivitelerine bağlı olarak, insanlar tarafından meydana getirilen kirliliktir.

Yapay kaynaklar; sabit kaynaklar ve hareketli kaynaklar olmak üzere ikiye ayrılır.

3.3.2.1 Sabit Kaynaklar

Katı, sıvı ve gaz yakıtların yakılması ile veya herhangi bir üretim prosesi esnasında oluşan kirleticilerin bir baca yoluyla atmosfere emisyonunun yapıldığı kaynakları içerir (Kadı, 1999).

1. Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliği

Ülkemizde özellikle ısınma amaçlı, düşük kalorili ve kükürt oranı yüksek kömürlerin yaygın olarak kullanılması ve yanlış yakma tekniklerinin uygulanması sonucu oluşan kirliliktir (Çevre Bakanlığı, 2003).

2. Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliği

Sanayi tesislerinin kuruluşunda yanlış yer seçimi, çevre korunması açısından gerekli tedbirlerin alınmaması (baca filtresi, arıtma tesisi olmaması vb.), uygun teknolojilerinin kullanılmaması, enerji üreten yakma ünitelerinde vasıfsız ve yüksek kükürtlü yakıtların kullanılması, hava kirliliğine sebep olan etkenlerin başında gelmektedir (Çevre Bakanlığı, 2003).

3.3.2.2 Hareketli Kaynaklar

Nüfus artışı ve gelir düzeyinin yükselmesine paralel olarak, sayısı hızla artan motorlu taşıtlardan çıkan egzoz gazları, hava kirliliğinde önemli bir faktör oluşturmaktadır (Çevre Bakanlığı, 2003).

Kara, hava ve deniz taşıtlarında mazot, benzin veya jet yakıtı gibi yakıtlar tüketilmekte ve taşıtların egzozlarından atmosfere verilen hava kirleticiler, katı, sıvı ve gaz yakıtlarının yanması ile oluşan yanma ürünlerinin benzerleridir (Kadı, 1999).

3.3.2.3 Diğer Kaynaklar

Yakıtların yanması sonucunda oluşan yanma ürünleri ve endüstriyel kaynaklar kadar önemli olabilen, ancak çoğunlukla göz ardı edilen hava kirliliği kaynaklarıdır.

1. Çöplerin Yanması

İnsanlar tarafından çöp yakılması veya çöplerin kendiliğinden tutuşması olarak iki şekilde meydana gelmektedir. Özellikle plansız büyüme gösteren tüm şehirlerin ortak sorunu olan çöplükler, hava kirliliğinde önemli yer tutmaktadır. Çöplerin anaerobik şartlarda yavaş olarak bozunması sonucu metan, karbondioksit ve H₂S meydana gelmektedir. Metan gazı yanıcı olduğu için çöplerin içinde bulunan plastik, kağıt, deri, kumaş gibi yanabilen maddelerin tutuşmasına neden olmaktadır (Okutan, 1993).

2. Kirli Su Kütleleri

İçerisinde fazla miktarda organik kirleticiler içeren su kütleleri anaerobik bozunma sonucu atmosfere pis kokular (H₂S ve diğer gazlar) bırakmaktadır. İstanbul' da Haliç' de görülen bu olay önemli bir hava kirliliğidir (Okutan, 1993).

3. İnşaat Faaliyetleri

Bina yıkma, kum – çimento gibi toz madde boşaltma, yol inşaatı gibi faaliyetlerin sonucunda özellikle partiküller maddelerin havayı kirlettiği bilinmektedir (Okutan, 1993).

3.4 HAVA KİRLLETİCİLER

3.4.1 Kaynaktan Çıkışlarına Göre

3.4.1.1 Primer Kirleticiler

Kaynaktan doğrudan doğruya çıkan bileşiklerdir. Kükürt dioksit (SO₂), hidrojen sülfür (H₂S), azot monoksit (NO), azot dioksit (NO₂), karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂), hidrojen florür (HF), partiküller, vb.dir (Sağlık Bakanlığı).

3.4.1.2 Sekonder Kirleticiler

Atmosferde sonradan oluşan kirletici bileşiklerdir. Kükürt trioksit (SO₃), sülfürik asit (H₂SO₄), aldehitler, ketonlar, asitler, endüstriyel duman, vb.dir (Sağlık Bakanlığı).

3.4.2 Kaynaklarına Göre Kirleticiler

3.4.2.1 Doğal Kaynaklardan Oluşan Kirleticiler

Deniz yosunlarının ortama verdiği gazlar, yanardağ veya orman yangınlarından atmosfere yayılan zararlı bileşikler, doğadaki biyolojik değişimler sırasında açığa çıkan karbon oksitler, metan, vb. dir (Sağlık Bakanlığı).

3.4.2.2 Yapay Kaynaklardan Oluşan Kirleticiler

Fosil kaynaklı yakıtların (odun, kömür, benzin gibi) yanması sonucunda ortaya çıkan; partiküller, kükürt dioksit, azot oksitleri, karbon oksitleri, kurşun, hidrokarbonlar, vb.dir (Sağlık Bakanlığı).

3.4.3 Kimyasal Yapılarına Göre Kirleticiler

3.4.3.1 İnorganik Gazlar

Azot oksitler, karbon oksitler, kükürt oksitler, diğer anorganiklerdir (florür, klorür, amonyak vb.).

3.4.3.2 Organik Gazlar

Hidrokarbonlar, aldehitler, ketonlar ve diğer organiklerdir (benzen, benzo- α -pyrene).

3.4.3.3 Partiküller

Katı partiküller (toz, duman, kül, karbon, kurşun, asbest), sıvı partiküllerdir (sis, duman, yağ ve asitler).

3.5 HAVA KİRLİLİĞİNİN ETKİLERİ

Özellikle yapay kaynaklardan dış ortama verilen kirleticilerin yıllık miktarları, bir kaç yüz tondan milyonlarca tona kadar ulaşmaktadır. Bunlar oluştukları alan ve miktarlarına bağlı olarak, değişen ölçülerde etki meydana getirirler (Sağlık Bakanlığı).

Kirli hava, insanlarda solunum yolu hastalıklarının artmasına sebep olmaktadır. Örneğin; kurşunun kan hücrelerinin gelişmesini ve olgunlaşmasını engellediği, kanda ve idrarda birikerek sağlığı olumsuz yönde etkilediği, karbon monoksit (CO)' in ise, kandaki hemoglobin ile birleşerek oksijen taşınmasını aksattığı bilinmektedir. Bununla birlikte kükürt dioksit (SO₂)' in, üst solunum yollarında keskin, boğucu ve tahriş edici etkileri vardır. Özellikle duman akciğerden alveollere kadar girerek olumsuz etki yapmaktadır. Ayrıca kükürt dioksit ve ozon bitkiler için zararlı olup; özellikle ozon, ürün kayıplarına sebep olmakta ve ormanlara zarar vermektedir (Çevre Bakanlığı, 2003).

Sanayi, endüstri ve ısınmada kullanılan fosil yakıtlar ile ormanların tahribi ve arazi değişmesi sonucu, atmosferdeki karbon dioksit miktarının %5 oranında arttığı tespit edilmiştir. Bunun ise küresel ısınmaya yol açabileceği ön görülmektedir (Çevre Bakanlığı, 2003).

Hava kirliliği, çevrenin bir parçası olan eşyalar üzerinde de olumsuz etki gösterir. Örnek olarak; havada rutubetin artması ile ortamda bulunan kükürt veya azot oksitlerin kimyasal reaksiyonu sonucunda oluşan asitlerin, binalara ve sanat eserlerine yaptıkları tahribat gösterilebilir (Sağlık Bakanlığı).

Dünya atmosferi çeşitli gazlardan oluşur. Ayrıca küçük miktarlarda bazı asal gazlar bulunmaktadır. Güneşten gelen ışınlar, atmosferi geçerek yeryüzünü ısıtır. Atmosferdeki gazlar yeryüzündeki ısının bir kısmını tutar ve yeryüzünün ısı kaybına engel olurlar (CO₂, havada en çok ısı tutma özelliği olan gazdır). Atmosferin, ışığı geçirme ve ısıyı tutma özelliği vardır. Atmosferin ısıyı tutma yeteneği sayesinde suların sıcaklığı dengede kalır. Böylece nehirlerin ve okyanusların donması engellenmiş olur. Bu şekilde oluşan, atmosferin ısıtma ve yalıtma etkisine sera etkisi denir. Dünya atmosferi cam seralara benzer bir özellik gösterir (Çevre Bakanlığı, 2003).

Son yıllarda atmosferdeki CO₂ miktarı hava kirlenmesine bağlı olarak hızla artmaktadır. Metan, ozon ve kloroflorokarbon (CFC) gibi sera gazları çeşitli insan aktiviteleri ile atmosfere katılmaktadır. Bu gazların tamamının ısı tutma özelliği vardır.

CO₂ ve ısıyı tutan diğer gazların miktarlarındaki artış, atmosferin ısısının yükselmesine sebep olmaktadır. Bu küresel ısınma olarak ifade edilir. Bu durumun, buzulların erimesi ve okyanusların yükselmesi gibi ciddi sonuçlar doğuracak iklim değişmelerine yol açmasından endişe edilmektedir.

İnsanların çeşitli faaliyetlerinin küresel ısınmaya katkısı; Enerji kullanımı %49, endüstrileşme %24, ormansızlaşma %14, tarım %13 şeklindedir (Çevre Bakanlığı, 2003).

Çeşitli endüstriyel faaliyetler, konutlarda ısınma amaçlı kullanılan yakıtlar, fosil yakıtlara dayalı olarak enerji üreten termik santraller ile egzoz gazları havayı kirletmekte ve kükürt dioksit (SO₂), azot oksit (NO), hidrokarbon ve partikül madde yaymaktadırlar. Havada 2-7 gün asılı kalabilen bu kirleticiler, su partikülleri ile tepkimeye girerek asit meydana getirmekte ve yağmurlarla birleşerek yeryüzüne asit yağmurları olarak inmektedir (Çevre Bakanlığı, 2003).

3.6 TAŞINMA ve BİRİKİM

3.6.1 Taşınma

Hava kirleticileri, yoğunluklarının çok az olması nedeniyle çok hızlı hareket edebilme özelliğine sahiptirler. Buna bağlı olarak uygun meteorolojik koşullar altında, bir kaynaktan dış ortama verilen kirletici gaz ve tozlar, hava akımları vasıtasıyla dağılarak, kirleticilerin seyrelmesi sonucunda kaynak ve çevresindeki hava temizlenir. Bunun yanı sıra bu kirliliğin hava hareketleri ile kentler, ülkeler hatta kıtalar ötesi taşınması mümkündür. Bu taşınma sırasında kirleticiler, taşınma mesafesi üzerindeki alanlarda da etki gösterirler (Sağlık Bakanlığı).

Başlangıçta kirliliğin, kentsel alanlardan taşınımı düşünülürken daha sonraları bu mesafenin yüzlerce kilometreden binlerce kilometreye kadar uzandığı belirlenmiştir. Taşınma menziline göre taşınma periyodunda da değişim söz konusudur. Kaynaklarından

çıkan kirleticiler; atmosferik hava hareketleri ile, kentsel alana birkaç saat, bir kentten diğerine bir kaç gün, bir ülkeden diğer ülkeye bir kaç yıl, dünya çapında ise 10 yıl periyodunda dağılarak etkileşim gösterirler.

Uzun menzilli taşınmalarda söz konusu olan kirleticilere; radyoaktif bulutlar, orman yangını tozları, volkanik dumanlar, çöl tozları, karbondioksit, kloroflorokarbonlar, vb. gazlar örnek olarak verilebilir. Ülkeler arasında taşınabilen kirleticilere örnek olarak; kükürt oksitleri, azot oksitleri ve partiküller madde gibi atmosferdeki kalış süreleri, birkaç günden bir kaç haftaya kadar değişen kirleticiler gösterilebilir (Sağlık Bakanlığı).

3.6.2 Birikim

Kirleticiler atmosferde bir süre taşındıktan sonra; çökelme, seyrelme, kimyasal reaksiyonlara girme gibi değişik proseslerle atmosferden uzaklaşarak yeryüzünde toplanırlar. Bu olay "Birikim" olarak tanımlanır.

Bu kimyasal transformasyon sonucunda kirleticiler ortaya çıkmaktadır. Bunlar örneğin, SO₄, NO₃, oksidant, sülfürlü azotlu bileşiklerden oluşan organik aerosollerdir (Sağlık Bakanlığı).

Birikim, yağ ve kuru birikim şeklinde sınıflandırılmaktadır. Olayın tümü bir transformasyon içinde düşünülebilir. Kirleticilerin transformasyonu fiziksel (kuru birikim) olduğu gibi kimyasal (yağ birikim) veya fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişim aşamalarının tümünün bir arada gerçekleşmesi ile (Dönüşüm ve Uzaklaşma Prosesi = Scavenging Process) mümkündür. Örneğin, kirleticiler partikül yüzeyine tutunarak kuru birikime, kar, yağmur, dolu, çığ gibi hidrometeorlarla yağ birikime uğrayarak yeryüzünde birikirler (Sağlık Bakanlığı).

3.7 HAVA KALİTESİNİ KORUMA YÖNETMELİĞİ

Ülkemizde çevre kirliliğine yönelik çalışmalar 1930 yılında kabul edilen 1593 sayılı Umumi Hıfzısıhha Kanunu'nun 268-275. maddelerinde değinilen Gayri Sıhhi Müesseseler ile ilgili hükümlerle başlamıştır. 1957 yılında gündeme gelen Ankara hava kirliliği konusu değişik hükümet programlarında yer almıştır.

Ülkemizde hava kirliliği çalışmaları ilk olarak 1961 yılında Sağlık Bakanlığı bünyesinde, Ankara'da 2 adet yarı otomatik kükürt dioksit ve duman ölçer cihazla başlatılmıştır (Sağlık Bakanlığı).

9 Ağustos 1983 tarihinde 2873 sayılı Çevre Kanunu yürürlüğe girmiştir. Bu kanun; çevrenin korunması, iyileştirilmesi, kırsal ve kentsel alanlarda arazinin ve doğal kaynakların en uygun şekilde kullanılması, doğal ve tarihsel zenginliklerin korunarak bugünkü ve gelecek kuşakların sağlık, uygarlık düzeylerini korumak amacıyla alınacak önlemler ve düzenlemeleri kapsamaktadır.

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği; 2 Kasım 1986 tarih ve 19269 sayılı resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir.

3.7.1 Kanuni Dayanak, Amaç, Kapsam, İstisnalar, Tanımlar

3.7.1.1. Kanuni Dayanak

Madde 1 – 2872 sayılı, 9 Ağustos 1983 kabul tarihli Çevre Kanunu'nun 1 ve 3 üncü maddelerinde öngörülen amaç ve ilkeler doğrultusunda, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13 üncü maddelerine dayanılarak hazırlanmıştır.

3.7.1.2 Amaç

Madde 2 – Bu yönetmeliğin amacı, her türlü faaliyet sonucu atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına almak; insanı ve çevresini hava alıcı ortamındaki kirlenmelerden doğacak tehlikelerden korumak; hava kirlenmeleri sebebiyle çevrede ortaya çıkan umuma ve komşuluk münasebetlerine önemli zararlar veren olumsuz etkileri gidermek ve bu etkilerin ortaya çıkmamasını sağlamaktır.

3.7.1.3 Kapsam

Madde 3 – Bu Yönetmeliğin hükümleri, 2 nci maddede belirtilen amaca ulaşmak için;

- a. Tesislerin kurulması ve işletilmesini,
- b. Tesislerin, yakıtların, hammaddelerin ve ürünlerin üretilmesi, kullanılması, depolanması, taşınması ve ithalini,
- c. Motorlu vasıtaların donanımları, çalıştırılmaları ve uymaları gereken keyfiyetleri, kapsar.

3.7.1.4 İstisnalar

Madde 4 – Bu Yönetmelik;

- a. 2690 sayılı Kanun ile Türkiye Atom Enerjisi Kurumuna verilen yetki alanına giren, insan sağlığı ve çevrenin nükleer yakıt ve diğer radyoaktif maddelerin radyasyonundan korunmasında; ilgili tesis, alet ve düzeneklerde,
- b. İşçi sağlığı ve iş güvenliği tüzükleri kapsamına giren işyeri atmosferlerinde,
- c. Hava alıcı ortamına bir emisyonun söz konusu olmadığı tesis, alet ve düzeneklerde, uygulanmaz.

3.7.1.5 Tanımlar

Madde 5

a. Hava Kirleticiler: Havanın tabii bileşimini değiştiren, is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki kimyasal maddelerdir.

b. Hava Kalitesi: İnsan ve çevresi üzerine etki eden hava kirliliğinin göstergesi olan, çevre havasında mevcut hava kirleticilerin artan miktarıyla azalan kaliteleridir. Hava kalitesinin belirtilmesinde kullanılan tanım, birim ve semboller Ek 1`de verilmiştir.

c. Emisyonlar: Yakıt ve benzerlerinin yanmasıyla; sentez, ayrışma, buharlaşma ve benzeri işlemlerle, maddelerin yığılması, ayrılması, taşınması ve bu gibi diğer mekanik işlemler sonucu bir tesisten atmosfere yayılan hava kirleticilerdir. Emisyonların belirtilmesinde kullanılan tanım ve birimler Ek 1`de verilmiştir.

d. Tesis: Bu yönetmelikte tesisin anlamı:

- Kurum, kuruluş, işletmeler ve diğer sabit düzenekler;
- Makineler, aletler ve diğer yer değiştirebilen teknik düzenekler ile motorlu vasıtalar;
- Üzerindeki madde depolanan, boşaltılan ve iş yapılan mülklere.

*e. Yetkili Mercî (Yetkili Makam): Bu Yönetmelikte adı geçen yetkili mercî, resmi izinlerin verilmesinde ve denetim görevinin ifasında, 1593 sayılı Umumi Hıfzısıhha Kanunu` nun 268-275 inci maddelerine göre Sağlık ve Sosyal Yardım Bakanlığı ile bu Kanunun yetkili kıldığı kurum ve kuruluşlardır.

f. İzin: Bu Yönetmelikte izin, "Emisyon İzni" anlamında kullanılmıştır.

g. Ön İzin: Bu Yönetmelikte ön izin, "Emisyon Ön İzni" anlamında kullanılmıştır.

* KHK/222, KHK/389 ile yürürlükten kaldırılmış; daha sonra KHK/389 da yürürlükten kaldırılmıştır.

h. Tip Ve Emisyon Belgesi: İzne tabi olmayan, emisyon yayan değişik modeldeki tesislerin ve bunların parçalarının tasarım özellikleri, verim, kapasite ve emisyon değerlerinin bu Yönetmelik hükümlerine uygunluğunu tevsik eden belgedir.

i. Teknolojik Seviye: Sürekli işletilmesinde başarısı tecrübeyle sabit, mukayese edilebilir metotlar, düzenekler ve işletme şekilleriyle kontrolleri yapılabilen; emisyon sınırlama tedbirlerini pratikleştiren ve kullanışlı hale getiren, ileri ve ülke şartlarında uygulanabilir teknolojik metotlar, düzenekler, işletme biçimleri ve temizleme metotlarının geldiği seviyedir.

j. Üretmek: Bu Yönetmelik kapsamında "üretmek" terimi; üretmek, işlemek, üretim amacıyla tüketmek ve diğer kullanımları içine alır. Bu Yönetmelik'te ithalat ve diğer nakliyatlar aynı anlamda mütalaa edilirler.

3.7.2 Hava Kalitesi Sınır Değerleri, İzne Tabi Tesisler İçin Emisyon Sınır Değerleri

3.7.2.1 Hava Kalitesi Sınır Değerleri

Madde 6

1. Hava Kalitesi Sınır Değerleri: İnsan sağlığının korunması, çevrede, kısa ve uzun vadeli olumsuz etkilerin ortaya çıkmaması için atmosferdeki hava kirleticilerin, bir arada bulduklarında, değişen zararlı etkileri de göz önüne alınarak tespit edilmiş konsantrasyon birimleriyle ifade edilen seviyelerdir.

a. Uzun Vadeli Sınır Değerleri (UVS)

Aşılmaması gereken, bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan değerlerdir.

b. Kısa Vadeli Sınır Değerleri (KVS)

Maksimum günlük ortalama değerler veya istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının % 95'ini aşmaması gereken değerlerdir. Çöken tozlar için farklı olarak aşılmaması gereken maksimum aylık

ortalama değerdir. Çeşitli hava kirleticileri için uyulması gereken uzun ve kısa vadeli sınır değerler Çizelge 3.2 'de verilmiştir.

UVS ve KVS değerler için öngörülen süreler genellikle 1 yıllık periyotları kapsar.

Çizelge 3.2 Çeşitli Hava Kirleticileri İçin Uyulması Gereken Uzun ve Kısa Vadeli Sınır Değerler

	Birim	UVS	KVS
Kükürt Dioksit (SO ₂) Kükürt Trioksit (SO ₃) Dahil			
a) Genel	(µg/m ³)	150	400 (900)
b) Endüstri Bölgeleri	(µg/m ³)	250	400 (900)
Karbon Monoksit (CO)	(µg/m ³)	10000	30000
Azot Dioksit (NO ₂)	(µg/m ³)	100	300
Azot Monoksit (NO)	(µg/m ³)	200	600
Klor (Cl ₂)	(µg/m ³)	100	300
Klorlu Hidrojen (HCl) ve Gaz Halde Anorganik Klorürler (Cl ⁻)	(µg/m ³)	100	300
Florlu Hidrojen (HF) ve Gaz Halde Anorganik Florürler (F ⁻)	(µg/m ³)	-	10 (30)
Ozon (O ₃) Fotokimyasal Oksitleyiciler	(µg/m ³)	-	(240)
Hidrokarbonlar (HC)	(µg/m ³)	-	140 (280)
Hidrojen Sülfür (H ₂ S)	(µg/m ³)	-	40 (100)
Havada Asılı Partikül Maddeler (PM) (10 Mikron ve Daha Küçük Partiküller)			
a) Genel	(µg/m ³)	150	300
b) Endüstri Bölgeleri	(µg/m ³)	200	400
PM içinde Kurşun (Pb) ve bileşikleri	(µg/m ³)	2	-
PM İçinde Kadmiyum (Cd) ve Bileşikleri	(µg/m ³)	0.04	-
Çöken Tozlar (10 mikrondan büyük partiküller dahil)			
a) Genel	(mg/m ² gün)	350	650
b) Endüstri Bölgeleri	(mg/m ² gün)	450	800
Çöken Tozlarda Kurşun ve Bileşikleri	(mg/m ² gün)	500	-
Çöken Tozlarda kadmiyum ve bileşikleri	(mg/m ² gün)	7,5	-
Çöken Bileşikleri Tozlarda Talyum (Tl) ve Bileşikleri	(mg/m ² gün)	10	-
<i>Not :Parantez içindeki rakamlar referans maksimum saatlik sınır değerlerdir.</i>			

c. Kış Sezonu Ortalama Sınır Değerleri

Kış aylarında, binaların ısıtılmasıyla ortaya çıkabilen hava kirlenmelerine yol açan hava kirleticiler için Ekim – Mart ayları arasında yerleşim bölgelerinde yapılan ölçümlerin ortalamaları, aşılmaması gereken kış sezonu ortalaması UVS sınır değerleri ile mukayese edilirler. Çizelge 3.3 'de kış sezonu ortalama sınır değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.3 Kış Sezonu Ortalama Sınır Değerleri

	Kış Sezonu Ortalaması Sınır Değerleri
Kükürt Dioksit	250 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Havada Asılı Partikül Madde	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

3.7.3 EK – 1 Genel Kurallar, Birimler, Semboller, Çevirmeler

3.7.3.1 Hava Kalitesi

Kütle Konsantrasyonu: Havanın birim hacminde hava kirleticinin (Yönetmelik 5. madde) kütlesidir. Birim g/m^3 , mg/m^3 veya $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dir.

Çöken tozlar için konsantrasyon: Birim zamanda örtülen birim yüzeyde tozun kütlesidir. g/m^2 gün, mg/m^2 gün ve $\mu\text{g}/\text{m}^2$ gün birimleriyle verilir.

Hacim Konsantrasyonu: Havanın milyon hacmindeki hava kirleticinin hacmidir. Birim olarak ppm ile verilir.

mm	: Mikrometre	1 μm	= 0,001 mm
ng	: Nanogram	1 ng	= 0,001 μg
μg	: Mikrogram	1 μg	= 0,001 mg
mg	: Miligram	1 mg	= 0,001 g

M: Hava kirleticinin mol kütlesi

$$1 \text{ ppm (parts per million)} \frac{10^3}{RT/P} M \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$R: \text{Gaz Sabiti: } 0,08207 \frac{\text{lt.atm}}{^\circ\text{K} \cdot \text{mol}}$$

T: Mutlak Sıcaklık (K)

P: Atmosfer Basıncı (atm.)

V: Hacim (lt)

$$1 \text{ lt} = 1 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$$

3.7.3.2 Emisyonlar

Kütle Konsantrasyonu: Atık gazın birim hacmi başına yayılan hava kirleticinin kütlesidir. g/m^3 , mg/m^3 birimleriyle verilir. Kütle konsantrasyonu ölçümü;

a. Standart şartlardaki ($0^\circ C$ ve 1 atm.de) atık gazda su buharından ileri gelen nem çıkartılarak,

b. Standart şartlardaki ($0^\circ C$ ve 1 atm.de) atık gazda su buharıyla birlikte hesaplanır.

Kütleli Debi: Birim zamanda yayılan hava kirleticinin kütlesidir. Kg/h , g/h , mg/h birimleriyle verilir.

Ürün başına kütle: Elde edilen veya işlenen ürün kütlesi başına yayılan hava kirleticinin kütlesidir. kg/ton , g/ton birimleriyle verilir.

Baca Gazı: Bir baca üzerinden verilen katı, sıvı ve gaz haldeki emisyonları taşıyan atık gazlardır.

1 atm. = 1013 mbar 1 mbar = 0,001 bar = 100 Paskal

KJ/h : Bir saatte kilo joule

MJ/h : Bir saatte Mega joule 1 MJ = 1000 KJ

GJ/h : Bir saatte Giga joule 1 GJ = 1000 MJ

TJ/h : Bir saatte Tera joule 1 TJ = 1000 GJ

t : ton

h : saat

sn : saniye

m^3/h : Bir saatte metreküp (Hacimsel Debi)

Isıl Güç (Yakıt Isıl Gücü, Anma Isıl Gücü): Bir yakma tesisinde birim zamanda yakılan yakıt miktarının yakıt alt ısı değeriyle çarpılması sonucu bulunan asıl güç değeridir.

Kükürt Emisyon Derecesi: Bir yakma tesisinin kükürt emisyon derecesi,
(Yayılan Toplam Kükürt Miktarı / Yakıtla Verilen Toplam Kükürt Miktarları) × 100
şeklinde tanımlanır.

Eski Tesis: Yönetmeliğin yayınlanmasından önce kurulmuş veya kurulmakta olan tesisler
(Başbakanlık Çevre Müsteşarlığı).



BÖLÜM 4

YAKITLAR VE YANMA

Ülkemizde hava kirliliği insan yaşamını sona erdirebilecek boyutlara ulaşmıştır. Hava kirliliğinin bilhassa kış aylarında ölümcül boyutlara ulaşması bu konuda yakıt kaynaklı kirlenmenin önemini vurgulamaktadır. Ancak, hava kirliliği kaynaklarının yalnızca miktarına bakarak sonuçlara varılması doğru olmayabilir. Çünkü emisyon kaynağının gerçekleştiği şartlar, insan ve yaşayan kütle ile teması, derişimi ve diğer kirleticilerle bileşik etkileri, insanın ve yaşamın etkilenme derecesini belirlemektedir. Bu açıdan mesele hava kirliliğinde en büyük kaynağın tespitinden ötede, kaynakların katkılarının önlenmesi ve yaşam için zararlı kabul edilen sınırların aşılmamasıdır (Ekinci, 1993).

4.1 YAKITLAR

Zamanımızda kişi başına düşen yıllık enerji tüketimi, gelişmiş ülkelerde 50×10^6 kcal ve dünya ortalaması olarak $17,2 \times 10^6$ kcal değerine erişmiştir. Bu enerjiyi üretmek için yakıtlara, hidrolik tesislere, nükleer tesislere, güneş enerjisine, rüzgarlara, jeotermal tesislere ve gel – git hareketine başvurulmaktadır. Bunlar içinde en önemli yeri yakıtlar almaktadır (Telli, 1998).

Enerjinin bir türü olan ısı, moleküler bir harekettir. Yakıtlar, kimyasal reaksiyonlar sonucu ısı üretebilen maddelerdir. Genel anlamda yandıklarında ısı açığa çıkartan maddelere yakıt denilmektedir.

Yakıtların kimyasal analizi sonucunda yapılarının karbon (C), hidrojen (H), kükürt (S) başta olmak üzere oksijen (O), azot (N) ve diğer maddelerden oluştuğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla yakıtları, hidrokarbon yakacaklar şeklinde ifade etmek de mümkündür.

4.1.1 Yakıtların Sınıflandırılması

Yakıtları çeşitli şekillerde sınıflandırabilmek mümkündür. Ancak en yaygın olanı fiziksel özelliklerine göre katı yakıtlar, sıvı yakıtlar ve gaz yakıtlar şeklinde sınıflandırmadır.

4.1.1.1 Katı Yakıtlar

Katı yakıtlar esas olarak, kömür, kok, odun ile tarımsal ve endüstriyel yanıcı atıklardan meydana gelir. Bunlardan sadece kömür, ısıtma ve soğutma uygulamalarında geniş olarak kullanılır (ASHRAE, 1997).

Kömürlerin karmaşık yapıları, sınıflama yapılmalarını oldukça güçleştirmektedir. Kimyasal olarak kömür, karbon, hidrojen, oksijen, azot, kükürt ve mineral atık olan külden meydana gelir. Kimyasal analizler kömür kalitesi hakkında bir bilgi verebilir, fakat kömürün yanma karakteristikleri hakkında yeterli bilgi veremez. Kömür kullanıcısı için esas olarak, kömürün ısı değeri, kül miktarı ve tozu önemli olmasına rağmen; kullanımı, depolanma özellikleri ve yanma karakteristikleri de önemlidir (ASHRAE, 1997).

Türkiye' nin en önemli enerji kaynağı katı yakıtlardır. Katı yakıtların en önemli kısmını oluşturan linyitlerin genelde yüksek nem, yüksek kükürt, yüksek kül içerdikleri ve buna ilave olarak düşük ısı değeri oldukları görülmektedir. Linyitlerimizdeki yüksek kükürt içeriği ve düşük ısı değeri özellikleri birleşince yanma sonucunda kükürt dioksit yayılımı açısından tehditler ortaya çıkmaktadır. Linyitlerin fiziksel özellikleri rezervden rezerve ve aynı rezerv içerisinde dahi keskin değişiklikler göstermektedir. Çok kırılabilir olması nedeniyle madencilik, yükleme, boşaltma ve taşıma gibi işlemler sürecinde %60 lara varan oranlarda ince taneciklere kırılmakta veya tozlaşmaktadır. Bunun sonucunda atmosferi doğrudan kirletme ve yanma zorlukları nedeniyle hava kirliliğine neden olmaktadır (TMMOB, 1999).

4.1.1.2 Sıvı Yakıtlar

Yakma sistemlerinde kullanılan çeşitli fuel-oil tipleri ve enerji sistemlerinde kullanılan çeşitli motor yakacak tipleri, pratikteki en önemli sıvı yakacaklardır. Birkaç istisna

dışında, sıvı yakacaklar, ham petrolün rafinerisi sırasında elde edilen çeşitli hidrokarbon karışımlarıdır. Hidrokarbonlara ilave olarak, çoğunlukla ham petrol, küçük miktarda kükürt, oksijen, azot, vanadyum, eser halinde diğer metaller ile su ve tortu gibi pislikler de içerir. Rafineri işlemi ile çeşitli yakacaklar ve diğer üretim elemanları da elde edilir. Hemen bütün hafif hidrokarbonlar, yakacak olarak rafineri işlemi ile elde edilirler (örnek olarak, sıvılaştırılmış petrol gazı, gazolin, kerozen, jet yakacakları, dizel yakacakları ve hafif fuel-oil' ler). Ağır hidrokarbonlar ise kalıntı fuel-oil ve diğer üretim ürünleri olarak (yağlama yağları, macunlar, petrol koku ve asfalt vb.) rafineri edilirler (ASHRAE, 1997).

4.1.1.3 Gaz Yakıtlar

Geçmişte, çeşitli gaz yakacakların enerji kaynağı olarak kullanılmasına rağmen, günümüzde ısıtma ve soğutma uygulamalarında gaz yakacak kullanımı, doğal gaz ve sıvılaştırılmış petrol gazı ile sınırlıdır (ASHRAE, 1997).

Taşıma ve yakma kolaylığı, yüksek ısı değeri, katı içermemesi, kirletici bileşenlerinin az olması veya kolay arındırılabilmesi ve çok düşük hava fazlalığı ile yakılabilmesi açısından gaz yakıtlar hava kirliliğini önlemede de en uygun yakıtlardır (Ekinci, 1993).

4.2 YANMA

Yanma, yakacakların oksijenle hızlı bir şekilde reaksiyona girerek, yakacak içinde depolanmış bulunan enerjinin, ısı enerjisi biçiminde açığa çıktığı kimyasal bir işlemdir. Bu işlem esnasında çıkan enerji, genellikle sıcak gazlar şeklinde olmasına rağmen; çok küçük miktarlarda elektromanyetik (ışık), elektrik (serbest iyonlar ve elektronlar) ve mekanik (ses) enerjiler şeklinde de ortaya çıkar. Özel uygulamalar dışında, bütün yanma olayları için gerekli olan oksijen, havadan sağlanır (ASHRAE, 1997).

Kimyasal bir proses olan yanmada amaç, kimyasal enerjinin termik enerjiye dönüşümü yoluyla ısı elde etmektir. Dolayısıyla yanma olayı kimyasal reaksiyonlar için geçerli esasları tabidir. Yanmada geçerli kanunlar termodinamiğin esas kanunları ve kütle korunumu prensibidir (Telli, 1998).



4.2.1 Yanma Prensipleri

Temel olarak, klasik hidrokarbon yakacaklar elemanter veya bileşik biçimde, hidrojen ve karbon elemanlar içerirler. Bu elemanların tam yanması sonucunda, esas olarak karbon dioksit ve su buharı çıkmasına rağmen, küçük miktarlarda karbon monoksit ile, kısmi reaksiyona uğramış duman gazı bileşenleri (gaz, sıvı veya katı havada uçan küçük parçacıklar biçiminde) de görülebilir. Diğer taraftan, birçok klasik yakacak, yanma esnasında SO₂ ve SO₃ gazlarını çıkaran az miktarda kükürt, yanmaya iştirak etmeyen mineral tuzlar (kül) ve inert gazlar içerebilir. Tam veya eksik yanma sonucunda ortaya çıkan duman gazının içinde bir miktar hava bulunabilir, fakat bu gaz, seyreltik bir hava değildir (ASHRAE, 1997).

Yakacağın yanma miktarı:

- Yakacak içindeki yanıcı elemanların, oksijen ile kimyasal reaksiyon hızına,
- Yakacağa sağlanan oksijen miktarına (yakacak, hava karışımına),
- Yanma bölgesindeki sıcaklığa, bağlıdır.

Yakacağın yanma miktarını artırmak, oksijenin yakacakla iyi bir şekilde temas etmesi veya sıcaklığın yükseltilmesi ile mümkündür.

Tam yanma veya stokyometrik yanma, yakacak içindeki bütün hidrojenin ve karbonun, oksijen ile reaksiyona girerek, H₂O ve CO₂ açığa çıkarması işlemidir.

Tam yanma işleminde, teorik olarak hesaplanan yakacak için gerekli oksijen veya hava miktarından gerçekte daha fazla gönderilmesi gerekir. Teorik miktardan fazla gönderilen hava, teorik havanın yüzdesi olarak fazla hava veya gerçek hava miktarının teorik hava miktarına oranı olan hava fazlalık katsayısı ile ifade edilir.

Hidrokarbon yakacakların tam yanmasında, yakacaktaki bütün karbon, hidrojen ve kükürt, gerekli olan miktar kadar oksijen ile birleşerek, CO₂, H₂O ve SO₂ açığa çıkarır. Bu nedenle, tam yanma sonucu açığa çıkan duman gazında, teorik olarak reaksiyona girmemiş yakacak ve oksijen yoktur. Yani bu yanma sonundaki duman gazında oksijen ile karbon monoksit bulunmaz.

Uygulamada yakıtın oksijenle yeteri kadar iyi karıştırılmaması ve sonlu reaksiyon oranları nedeniyle tam yanma işlemleriyle seyrek olarak karşılaşılır. Bu nedenle, emniyet ve ekonomik açıdan bir çok yakıcı cihaz, teorik olarak hesaplanan hava miktarından daha fazla hava ile çalışmak zorundadır.

Yakacak ve hava debileri ile yakacak özelliklerinde olabilecek değişimlerden dolayı yakacağın kayıpsız yanması ve tam yanmanın sağlanabilmesi için, cihaz fazla hava koşullarına göre dizayn edilir ve çalıştırılırlar. Herhangi bir yakıcı cihaza sağlanan fazla havanın tam miktarının tespiti, aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Hava ve yakacak debileri ile yakacak özelliklerindeki beklenen değişimler,
- Cihaz uygunluğu,
- Gerekli olan veya elde edilebilen işletme denetim derecesi, ve
- Kontrol istekleri.

Yanmada en büyük verimi sağlamak için, yanmanın düşük fazla hava yüzdesinde olması istenir. Yanma işleminde yakacağın tam olarak oksitlenememesi durumunda, eksik yanma meydana gelir. Eksik yanmayı artıran etkenler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yetersiz hava ve yakacak karışımı
- Alev yetersiz hava sağlanması
- Alev içinde yetersiz reaksiyon zamanı
- Alevin soğuk yüzeyler ile temas gelmesi
- Çok düşük alev sıcaklığı

Eksik yanma işlemi verim azalmasına, yakacak sarfiyatına ve karbon monoksit oluşumu nedeni ile de çevre kirliliğine de neden olur (ASHRAE, 1997).

4.2.2 Yanma Reaksiyonları

Yakacakta bulunan yanabilir bileşik ve elementlerin oksijenle yanmasındaki kimyasal denklemler için şu kanunlar geçerlidir:

- Kütle korunumu kanunu; reaksiyon sonucu oluşan her bir element reaksiyon öncesindeki o elementin kütlesine eşit olmalıdır.
- Kütle birleşim kanunu; elementler sabit kütle bağıntıları ile birleşir.

Çizelge 4.1 Çeşitli Yakacak Bileşenleri İçin Yanma Reaksiyonları (ASHRAE, 1997)

Bileşen	Sembol	Yanma reaksiyonu	Teorik (nm ³ /kg yakacak ^a)	
			O ₂	Hava
Karbon (CO yanması)	C	$C + 0,5 O_2 \rightarrow CO$	1,11	4,80
Karbon (CO ₂ yanması)	C	$C + O_2 \rightarrow CO_2$	2,22	9,60
Karbon monoksit	CO	$CO + 0,5 O_2 \rightarrow CO_2$	0,47	2,06
Hidrojen	H ₂	$H_2 + 0,5 O_2 \rightarrow H_2O$	6,62	28,56
Metan	CH ₄	$CH_4 + 2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O$	3,32	14,36
Bütan	C ₄ H ₁₀	$C_4H_{10} + 6,5 O_2 \rightarrow 4 CO_2 + 5 H_2O$	2,98	12,90
Etilen	C ₂ H ₄	$C_2H_4 + 3 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 2 H_2O$	2,85	12,32
Asetilen	C ₂ H ₂	$C_2H_2 + 2,5 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + H_2O$	2,56	11,06
Kükürt (SO ₂ yanması)	S	$S + O_2 \rightarrow SO_2$	0,83	3,60
Kükürt (SO ₃ yanması)	S	$S + 1,5 O_2 \rightarrow SO_3$	1,25	5,40
Hidrojen sülfid	H ₂ S	$H_2S + 1,5 O_2 \rightarrow SO_2 + H_2O$	1,17	5,06

^a Atomik kütleler: H = 1,008 ; C = 12,01 ; O = 16,00 ; S = 32,06

Çeşitli yakacak bileşenleri için, yanma reaksiyonları Çizelge 4.1 'de ve yanma ürünleri de Çizelge 4.2 'de verilmiştir. Normal olarak yanma için gerekli olan oksijen, havadan sağlanır. Hava ise azot, oksijen ile küçük miktarlarda su buharı, karbon dioksit ve inert gazların fiziksel bir karışımıdır. Pratik yanma denklemleri için kuru hava hacimsel olarak, % 20,95 oksijen ve % 79,05 inert gazlardan (azot, argon vb.), veya kütleli olarak ise % 23,15 oksijen ve % 76,85 inert gazlardan oluştuğu kabul edilir. Yanma olayında azotun çok küçük bir miktarının oksijenle birleşerek azot oksit yapmasına rağmen, hesaplarda azotun yanma esnasında değişmediği kabul edilir (ASHRAE, 1997).

Çizelge 4.2 Çeşitli Yakacak Bileşenleri İçin Yanma Ürünleri (ASHRAE, 1997)

Bileşen	Sembol	Max. CO ₂ (%)	Teorik (nm ³ /kg yakacak ^a)	
			CO ₂	H ₂ O
Karbon (CO ₂ yanması)	C	29,30	3,053	-
Karbon monoksit	CO	34,70	1,309	-
Hidrojen	H ₂	-	-	7,447
Metan	CH ₄	11,73	2,286	1,871
Bütan	C ₄ H ₁₀	14,05	2,524	1,291
Etilen	C ₂ H ₄	15,05	2,615	1,070
Asetilen	C ₂ H ₂	17,53	2,280	0,576
Bileşen	Sembol	Max. CO ₂ (%)	SO _x	H ₂ O
Kükürt (SO ₂ yanması)	S	-	1,665 SO ₂	-
Kükürt (SO ₃ yanması)	S	-	2,080 SO ₃	-
Hidrojen sülfid	H ₂ S	-	1,566 SO ₂	0,440

^a Atomik kütleler: H = 1,008 ; C = 12,01 ; O = 16,00 ; S = 32,06

4.2.3 Tutuşma Sınırları

Standart sıcaklık ve basınçta bulunan hava–yakacak karışımının yüzdesi, ancak belirli sınırlar içinde olduğunda, yakacak kendi kendine tutuşarak yanma reaksiyonunu gerçekleştirecektir. Bu sınırlar alt ve üst tutuşma sınırı (ATS ve ÜTS) veya patlama sınırı olarak adlandırılır (ASHRAE, 1997).

4.2.4 Tutuşma Sıcaklıkları

Tutuşma sıcaklığı, yanma ile açığa çıkan ısının ortama olan ısı kaybından daha hızlı olduğu ve yanmanın kendi kendisini devam ettirdiği, en düşük sıcaklık olarak tanımlanır (ASHRAE, 1997).

4.2.5 Yanma Şekilleri

Yanma reaksiyonları, sürekli veya darbeli yanma şekillerinde oluşur. Sürekli yanmada, yanma odasına yakacak ile havanın tutuşma sınırları içinde kalacak şekilde beslenmesi durumunda, yanma kendi kendine sürer. Pratikte sürekli yanmaya, darbeli yanmadan daha çok karşılaşılr ve birçok yakıcı cihaz bu şekilde çalışır.

Darbeli yanma ise, çeşitli tip yakacakların küçük parçacıklarının, birbirinden ayrık hava–yakacak karışım hacimleri içinde, seri halinde çok hızlı bir şekilde yakıldığı, bir akustik rezonans işlemidir (ASHRAE, 1997).

4.2.6 Yakacakların Isıl Değerleri

Yanma işlemi ve sürecinde ısı enerjisi açığa çıkmaktadır. Birim miktardaki yakacağın tam yanması sonucu açığa çıkan ısı miktarı sabit bir değerdir ve bu pratikte yakacağın ısıl değeri, yanma ısısı veya kalorifik değerleri olarak adlandırılır.

Genellikle ısıl değerler için gaz ve sıvı yakacaklarda kJ/L veya MJ/m³; katı yakacaklarda ise MJ/kg birimleri kullanılır. Isıl değerler daima belirli bir referans sıcaklık ve basınçta verilmelidir, bu değerler de çoğunlukla 15°C, 6°C, 20°C veya 25°C sıcaklıkları ile 101 kPa basıncıdır (ASHRAE, 1997).

4.2.7 Deniz Seviyesinden Olan Yüksekliğin Etkisi

Deniz seviyesinden yukarılara çıkıldıkça, havanın yoğunluğu azalır ve bu nedenle birim hacimdeki havada daha az oksijen bulunur. Deniz seviyesinden yukarılardaki yanma olaylarında, yükseklik için bir ayarlama yapılmamış ise, sisteme yakacak için daha az oksijen gerektirir. Gerekli hava debisi, bir hava besleme fanı ile artırılabilirken, yakacak debisi giriş kısmından azaltılır (ASHRAE, 1997).

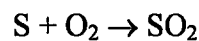
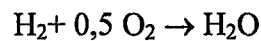
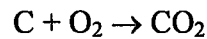
4.3 YANMA HESAPLARI

Yanma için gerekli hava miktarı ile yanma esnasında açığa çıkan duman gazı miktarlarının hesabı, yakma sistemindeki elemanların boyutlandırılması ve ısı veriminin bulunması için yanma hesaplarına ihtiyaç vardır. Ayrıca, yakma sisteminin performansının bulunması için, fazla hava yüzdesi (hava fazlalık katsayısı) ve max. CO₂ oranının da hesaplanması yararlıdır.

Çoğunlukla yanma hesaplarında, mol kütlelerin kullanılması büyük kolaylık sağlayabilmektedir. Bir bileşenin mol kütlesi, bu bileşeni oluşturan her bir elemanın atom kütlelerinin toplamından bulunur. Mol kütleleri eşit olan iki farklı cisim içindeki mol sayısı aynıdır. Pratikte standard ölçmelere uygun olarak genellikle, gaz yakacakların yanma hesapları hacimsel bazda yapılırken, sıvı ve katı yakacakların hesapları kütle bazda yapılır (ASHRAE, 1997)

4.3.1 Yanma İçin Gerekli Hava Miktarı

Teorik hava, tam yanma işlemi için sağlanması gerekli hava miktarıdır. Hidrokarbon yakacakların üç önemli elemanı;



reaksiyonları ile yanar. Bu reaksiyonlarda C, H₂, S ve O₂ sırasıyla, 1 kg mol olarak, karbon, hidrojen, kükürt ve oksijeni göstermektedir. Yaklaşık atom kütleleri (C=12, H=1,

S=32 ve O=16) kullanılarak: 12 kg C, 32 kg O ile okside olarak 44 kg CO₂ ; 2 kg H, 16 kg O ile okside olarak 18 kg H₂O ve 32 kg S, 32 kg O ile okside olarak 64 kg SO₂ oluşturur. Bu bağıntılar, diğer hidrokarbon bileşenleri içerecek şekilde artırılabilir.

Yanmayı sağlamak için kütleli olarak verilen gerekli kuru hava miktarı, içindeki oksijen kütlelerinin 4,32 katıdır. Yakacak içindeki elemanların, okside olması için gerekli hava ve oksijen miktarları, Çizelge 4.1' deki bu değerlere göre hesaplanarak verilmiştir. Kül içinde bulunan oksijen dışında, yakacağın içerdiği oksijen miktarı, gerekli olan oksijen miktarından çıkarılmalıdır. Ayrıca, atmosferik hava içinde daima su buharı bulunduğu için, yanma için yapılan gerekli hava miktarı hesabında, su buharının etkisi göz önüne alınmalıdır (ASHRAE, 1997).

Çizelge 4.3 'de yakacakların teorik yanmaları için gerekli teorik hava miktarları verilmiştir. Ayrıca herhangi bir birim kütleli hidrokarbon yakacağın, teorik yanması için gerekli kütleli kuru hava miktarı (W_a);

$$W_a = 0,0144 (8 C + 24 H + 3 S - 3 O)$$

eşitliğinden de bulunabilir. Bu eşitlikte C, H, S ve O, sırasıyla yakacak içindeki karbon, hidrojen, kükürt ve oksijen kütleli oranlarını göstermektedir (ASHRAE, 1997).

Çizelge 4.3 Yakacakların Teorik Yanmaları İçin Gerekli Teorik Hava Miktarları (ASHRAE, 1997)

Yakacak Cinsi	Teorik Hava Miktarı
<i>Katı Yakacaklar</i>	<i>kg (hava)/kg (yakacak)</i>
Antrasit	9,6
Yarı Bitümlü	11,2
Bitümlü	10,3
Linyit	6,2
Kok	11,2
<i>Sıvı Yakacaklar</i>	<i>kg (hava)/L (yakacak)</i>
No 1 fuel oil	12,34
No 2 fuel oil	12,70
No 5 fuel oil	13,42
No 6 fuel oil	13,66
<i>Gaz Yakacaklar</i>	<i>m³ (hava)/ m³ (yakacak)</i>
Doğal Gaz	9,6
Bütan	31,1
Propan	24,0

Gerekli hava miktarını bulmak için sıkça kullanılan diğer bir yaklaşık yöntemde, 1MJ/kg ısı değerindeki yakacak için 0,25 m³ hava alınabilir.

Tam yanma için teorik olarak bulunan minimum hava miktarı uygulamada tam yanma için yetersizdir. Uygulamada bu miktarla tam yani mükemmel bir karışım sağlanamadığından bütün yakıt moleküllerine gerekli hava verilmediği için hesapla bulunandan bir miktar daha fazla yanma havası gereklidir (Dağsöz, 1998).

Fazla hava, teorik havaya ilave edilen miktar olup, pratik yakma sistemlerinde tam yanmanın sağlanabilmesi için sisteme verilmesi gerekli olan bir değerdir.

$$\text{Fazla Hava} = 100 \left(\frac{\text{Gerçek Hava} - \text{Teorik Hava}}{\text{Teorik Hava}} \right)$$

Bir yanma işleminde fazla hava miktarı, sistemin bütün verimine önemli derecede etki eder. Fazla havanın miktarının artırılması, duman gazını aşırı olarak seyreltir, ısı geçişindeki sıcaklıkları düşürür ve duyulur duman gazı kaybını artırır. Buna karşılık, fazla hava miktarının azaltılması, eksik yanmaya ve yakma cihazlarından yanabilir, fakat yanmamış gazların çıkmasına neden olabilir. Çoğunlukla, bir yakma sisteminin en yüksek yanma verimi, tam yanmayı sağlayacak şekilde, yakacak ile havanın iyi karıştığı yeterli miktarda, fazla havanın gönderilmesi ile elde edilebilir. Fazla hava, yakacak ve yakma cihazının cinsine ve diğer etkenlere bağlıdır, pratik olarak % 5 ila 10 arasında değişir (ASHRAE, 1997).

Birçok yakacakların yanması esnasında, birim kütle başına gerekli olan

$$\text{Gerçek kuru hava} = C \frac{3,04N_2}{CO_2 + CO}$$

bağıntısından hesaplanabilir. Bu bağıntı oldukça hassas bir sonuç vermekte olup, bağıntıda CO₂, CO ve N₂ duman gazı analizindeki hacimsel yüzdeleri, C ise kül içindeki karbonun çıkarılması ile göz önüne alınarak, düzeltilmiş halde birim kütledeki yakacağın, yanan karbon kütlesi miktarını göstermektedir (ASHRAE, 1997).

Çoğunlukla fazla havanın hesabı, duman gazı analiz sonuçlarına göre yapıldığından ve teorik hava miktarı her zaman bilinmediğinden,

$$\text{Fazla hava} = \frac{100[\text{O}_2 - (\text{CO}/2)]}{0,264\text{N}_2 - [\text{O}_2 - (\text{CO}/2)]}$$

eşitliğinden bulunabilir. Bu eşitlikte O_2 , CO ve N_2 duman gazı içindeki hacimsel yüzdelerdir (ASHRAE, 1997).

4.3.2 Max. CO_2 Oranı

Max. CO_2 (veya teorik CO_2), hidrokarbon yakacakların, teorik hava ile veya fazla hava olmaksızın, tam yanması durumunda açığa çıkan CO_2 miktarıdır. Bu değer, yakacağın karbon-hidrojen oranı ile değişir (ASHRAE, 1997).

$$\text{Max. CO}_2 \text{ oranı}(\%) = U = \frac{\text{CO}_2}{1 - \text{O}_2/20,95}$$

4.3.3 Duman Gazı Miktarı

Bir yakma sisteminin ısı kayıplarının ve veriminin bulunabilmesi için, bir kg başına yanan yakacaktan çıkan kuru duman gazı kütlesinin bilinmesi gereklidir. Bu değer;

- Ocakta külle kaçan yanmamış yakacağın çıkarılarak, göz önüne alındığı yakacak miktarı,
- Yanma için gerekli teorik hava ve
- Fazla hava kütleleri toplamından bulunur (ASHRAE, 1997).

4.3.4 Duman Gazındaki Su Buharı ve Çiğ Noktası

Duman gazındaki su buharı miktarı, yakacakta bulunan suyun; ocağa gönderilen bütün hava (teorik yanma için gerekli hava, fazla hava ve ilave havalar) içindeki su buharının ve yakacaktaki hidrojen ve hidrokarbonların yanması sonucu açığa çıkan suyun toplamıdır (ASHRAE, 1997).

4.4 YANMADAN KAYNAKLANAN HAVA KİRLİLİĞİ

Hava kirliliğinin en büyük kaynağını, yakma işlemleri oluşturur. Hava kirleticileri dört grupta sınıflandırılabilir.

1. Eksik yanma ürünleri

- Katı ve sıvı fazdaki yanabilir uçucu parçacıklar (duman, kurum ve organikler ile küller),
- Karbon monoksit, (CO),
- Gaz fazındaki hidrokarbonlar, (HC).

2. Azot oksitler (çoğunlukla gruplanır ve NO_x olarak tanımlanır)

- Azot oksit, (NO),
- Azot dioksit, (NO₂).

3. Yakacak elemanlarından olan kirleticiler

- Kükürt oksitler, esas olarak kükürt dioksit (SO₂) ve az miktarda kükürt trioksit (SO₃),
- Kül,
- Eser metaller.

4. İlave elemanlardan olan kirleticiler

- Yanma kontrolü için konulan elemanlar,
- Diğer ilave elemanlar.

4.4.1 Partikül Maddeler (PM)

Ortalama gaz molekül büyüklüğü 0,0002 µm çaptan iri olan ve havada bir süre askıda kalabilen katı veya sıvı her türlü madde partikül sınıfına girer. Bu tanıma göre maddenin yoğunluğuna bağlı olmakla birlikte en iri partikülün 500 µm kadar çapta olması gerekir. Partikül şeklindeki kirletici emisyonlar Çizelge 4.4 'de verilmiştir ve tanımları iriliklerine, yoğunluklarına ve kimyasal yapılarına bağlı olarak aerosol, duman, is ve toz şeklinde isimlendirilmektedir (Okutan, 1993).

Çizelge 4.4 Partikül Şeklindeki Kirletici Emisyonlar (Okutan, 1993)

Kirletici Adı	Açıklama
Tanecik (Partikül)	Boyutları 0,001 – 500 µm arasında değişen katı ve sıvı kütleleridir. 10 µm altında olanlar havada askıda kalabilir, büyük tanecikler ise çökebilir.
Aerosol	Gaz ortamında koloidal büyüklükte dağılmış pozitif veya negatif yüklü ya da yüksüz katı veya sıvı tanecikleridir.
Duman	Tam olmayan yanma sonucu oluşan, çoğunlukla karbon ve diğer yanabilen maddeleri içeren parçacıklar olup, boyutları 1 µm 'den küçüktür.
İslilik	Karbonlu bileşiklerin tam yanmaması sonucu katran ile yapışarak aglomera olan ve havada dağılan 0,5 µm 'den küçük karbon tanecikleridir.
Toz	Gaz ortamında geçici olarak asılı halde bulunan ve boyutları 1 – 10 µm arasında değişen katı taneciklerdir.
Uçucu Kül	Katı yakıtların yakılmasından oluşan 1µ – 200 µ boyutlarında bulunan ve bünyesinde yakıtın da yer aldığı yanma gazlarındaki küllerdir.

Türkiye 'de kütleli emisyon yönünden birinci sırayı partiküller almaktadır. Partiküllerin insan sağlığı üzerindeki etkileriyle ilgili istatistiksel çalışmalar sonucu, partikül seviyesinin dört katı artmasıyla normal ölüm oranlarının iki katına çıktığı görülmüştür. Bunun yanında aynı partikül seviyesi artışı astım ve bronşitten ölenlerin sayısını yaklaşık üç katına çıkarmıştır. Boğaz kanserinden ölenlerin sayısında görülen artış da aynı seviyededir (Borat, 1992).

4.4.2 Karbon Monoksit (CO)

CO yakıtın yanması sonucunda ortaya çıkan üç üründen (CO, HC, NO_x) en fazla olanı olup, çoğu yakıtın eksik yanması sonucunda meydana gelir. Atmosferdeki CO miktarı genelde sabittir. Artan kısmı genelde CO₂ 'ye dönüşür. Bu dönüşüm oranı düşük olmakla birlikte tam ve net olarak bilinmemektedir (Kadı, 1999).

Renksiz, kokusuz ve havanın ortalama mol ağırlığına eşit mol ağırlığında bir gaz olan karbon monoksit (CO), bu yüzden hem kaynaklandığı nokta etrafında iyi dağılmayan, hem de varlığı kolay fark edilmeyen zehirli bir gazdır. Atmosferde kolay kolay yok olmaz, ömrü 2 – 4 ay kadardır (Okutan, 1993).

İnsan kanındaki hemoglobin $30 \text{ m}^2 - 80 \text{ m}^2$ yüzeye sahip akciğerlerde O_2 ile birleşerek oksihemoglobin ($\text{O}_2 \text{ Hb}$) oluşturmaktadır. Hemoglobinin CO 'e olan afinitesi O_2 'den 210 misli fazladır ve birleşerek karboksihemoglobin 'i (COHb) teşkil etmektedir. Temiz bir atmosfere geçildiğinde kandaki COHb 'nin yarı değerine düşmesine ait desorbsiyon süresi 3 – 4 saat sürmektedir (Borat, 1992).

Bu zehirleyici gaz teneffüs edildiğinde ölümlere yol açar. Karbon monoksit alyuvarlarca oksijene göre daha fazla tutulduğundan, oksijenin akciğerlerden dokulara taşınmasını önleyerek zehirlenmelere yol açar. Baş ağrısı, halsizlik, baş dönmesi, bulantı ve bayılma gibi belirtilerle ortaya çıkan zehirlenme, şiddetli durumlarda nabız düşmesi, solunum yetersizliği ve koma ile sonuçlanabilir. Toksik etkileri öncelikle, beyin, kalp, iskelet kası ve fetüs gibi yüksek düzeyde oksijen kullanan dokularda oluşur.

4.4.3 Hidrokarbonlar (HC)

Fotokimyasal hava kirliliği cisimler arasında hızlı reaksiyon sonucunda ortaya çıkar. Doymamış hidrokarbonlar yavaş reaksiyon sonucunda, doymuş hidrokarbonlar, aromatikler ve aldehitler olarak ortaya çıkmaktadır. Otomobil egzozu HC üretimi için büyük bir kaynaktır. Bununla birlikte Hidrokarbonlar ve diğer organik gazlar rafineri üretimi ve işlemleri esnasında da oluşurlar. Canlı bünyede kimyasal oksitleyici rolü görür. Aromatikler haricinde HC' lar zehir özelliği içerirler. Polinükleer aromatik hidrokarbonların (PAH's) çoğu uzun yıllar kanser yapıcı olarak kabul edilmiştir. Günümüzde bu durum hala tartışılmaktadır (Kadı, 1999).

4.4.4 Azot Oksitler (NO_x)

Yanma işlemi esnasındaki azot oksitler, ısıl birleşmeden (yüksek yanma sıcaklıklarında azot ile oksijenin reaksiyonu), veya yakacaktaki azottan (yakacak moleküllerindeki organik azotun oksidasyonu sonucu) meydana gelir. Tam yanmayı sağlamak ve eksik yanma ürünleri azaltmak gayesi ile fazla hava miktarını ve alev sıcaklığını artırmak, maalesef NO_x oluşumunu artırır (ASHRAE, 1997).

NO_x 'ler genellikle 1800 K üzerindeki yüksek sıcaklıklarda teşekkül etmektedir. Yanmalı sistemlerde %92 – %98 NO ve %2 – %8 NO_2 olarak atılmaktadır (Borat, 1992).

Yüksek konsantrasyonlarında (> 50 ppm) toksik ve öldürücü etki gösterirler, ancak atmosferdeki konsantrasyonları bu seviyenin çok altında olduğundan, esas olarak akciğer ve solunum sistemi üzerinde olumsuz etkileri vardır (Ertürk, 1993).

4.4.5 Kükürt Oksitler (SO_x)

Havadaki kükürt oksitler (SO_x) içerisinde en önemli pay kükürt dioksit (SO_2) gazına aittir. Bu gaz yanmayan, renksiz bir madde olup 0,3 – 1 ppm derişimlerde ağızda karakteristik bir tat bırakmakta, 3 ppm 'in üstünde ise, boğucu bir hisse yol açmaktadır. Atmosferde oldukça hızlı bir oksitlenme ile kükürt trioksit (SO_3) ve sülfatlara dönüşür. SO_3 ise sülfürik asidin anhidriti olup, yağmur veya yoğunlaşmış nem (sis) damlacıklarıyla birleşerek havada sülfürik asidin oluşmasına yol açar (Ertürk, 1993).

4.4.6 Karbondioksit ve Sera Etkisi

Karbondioksit, elektromanyetik spektrumda gösterdiği özelliklerden dolayı, dünya iklimi üzerinde önemli bir etki gösterir. CO_2 'nin bu özelliği; kısa dalga boyundaki güneş radyasyonunu geçirgen, buna mukabil yeryüzünden gelen uzun dalga boyundaki infrared (kırmızı – ötesi) radyasyonunu absorbe edişidir. CO_2 konsantrasyonundaki bu artışın dünya iklimindeki başlıca etkeninin ortalama sıcaklıktaki artış olduğu bir çok bilim adamı tarafından kabul edilmektedir.

BÖLÜM 5

KÖMÜR VE KÖMÜRÜN YANMASI

Isınmadan ve sanayiden kaynaklanan hava kirliliği küçümsenmeyecek boyutlara ulaşmıştır. Bu tip hava kirliliğinin temel nedeni de yakacak olarak katı yakıtın, yani kömürün kullanımınıdır. Ancak ülkemizin çıkarları açısından kömür kullanımı, teknolojik gelişmelerle çevre üzerindeki olumsuzlukları en aza indirgenerek, yaygınlaştırılmalıdır. Kömür kullanımının neden önemli ve gerekli olduğunun biraz daha anlaşılır olabilmesi için İ.T.Ü. Maden Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Prof. Dr. Şinasi ESKİKAYA ‘nın “21 ‘inci Yüzyılın Enerjisi Kömür” konulu toplantıdaki düşüncelerini şöyle ifade etmektedir.

“Kömür, 21 inci Yüzyılın değil, önümüzdeki üç asrın enerji kaynağıdır; çünkü, gerek petrolün, gerek doğalgazın yakın zamanda biteceği, ama kömürün daha 300 sene kadar dünya enerjisinde yer tutacağı söylenmektedir.

Kömürleri yakarak, havayı kirletmek, havaya gereğinden fazla kükürt gazı, gereğinden fazla katı madde intişarına müsaade etmek suretiyle insanların da ve diğer canlıların da sıhhatleriyle oynamak veyahut da onların bozulmasına sebep olmak, bunu da kabul edemeyiz.

Kömürün durduğu yerde hiçbir zararı yok. Yani, kömürü çıkarın bir yere yığın, ne havaya kükürt salıyor, ne toz oluyor, ne şu oluyor, ne bu oluyor. Kömür ancak yandığı zaman bu olaylar ortaya çıkıyor. Demek ki, olayın iki ayağı var; birisi, kendisi, kalitesi, içerdiği kükürt, uçucu madde vb., öbürü de yanması.

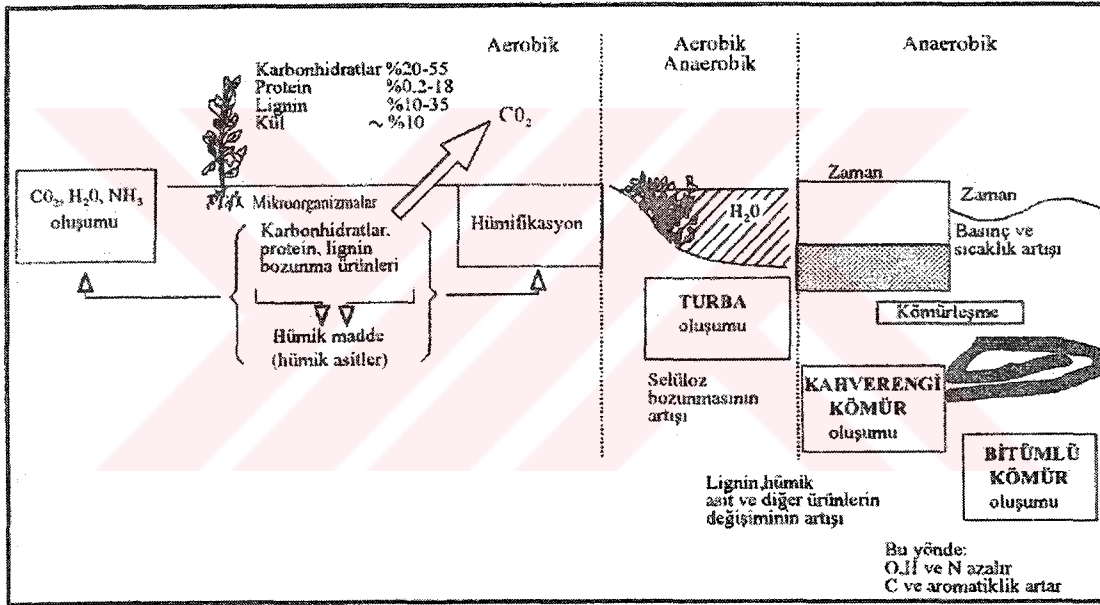
8 milyar ton kömür var, bugünkü tespit edilmiş olan miktar, bu daha da artabilir. Artmasa bile 8 milyar ton oldukça büyük bir varlıktır; yani, her ülkeye nasip olmayan bir kaynaktır. Siz, bu kaynaktan nasıl istifade edebilirim diye, bütün araştırmaları veyahut da bütün gücünüzü bu noktaya teksif etmek yerine, en kolay yola sapıp, kömürleri yasaklıyorsunuz. Bu çok kolay bir yol. Türkiye bu kadar kolay yollara giderek ilerleyemez.

Ne oluyor da yanmada bu kirletmeler oluyor kısmına eğilmeden, sadece kömürü suçlayarak sonuca varamayız. Kömürlerimizin tamamı iyi kalitede olmayabilir; başka ülkelerin kömürlerine göre kükürdü fazla olabilir veyahut da rutubeti fazla olabilir, ama bizim görevimiz, ülkenin görevi, bunları ne yapıp da daha temiz bir şekilde yakabileceğimizin araştırmasını yapmaktır.” (Eskikaya, 1997)

5.1 KÖMÜRÜN OLUŞUMU VE SINIFLANDIRILMASI

5.1.1 Kömürün Oluşumu

Turba, bir kömür olmamakla birlikte kömür oluşumunun (kömürleşme) ilk evresini oluşturmaktadır. Turba, belirli bir jeolojik zaman içerisinde, artan sıcaklık ve basınç etkisiyle bir dizi fiziksel ve kimyasal değişiklikler geçirir ve en son aşamada antrasit ve metaantrasite dönüşür. Turbanın, linyit, altbitümlü kömür ve bitümlü kömür aşamalarından geçerek antrasite ve metaantrasite dönüşmesi sürecine kömürleşme denilmektedir (Karayığit, Köksoy, 1998).



Şekil 5.1 Turba, Kahverengi Kömür ve Bitümlü Kömür Oluşumu (Karayığit, Köksoy, 1998)

5.1.2 Kömürün Sınıflandırılması

Kömürle uğraşan saha jeologları, kömürlerin çoğunlukla fiziksel özellikleriyle ve içindeki minerallerin görünüşleriyle ilgili örneğin; parlak kömür, lifsi kömür, killi kömür, kil taşı gibi tanımlamalar yapmaktadır. Ancak, endüstriyel kullanımda sınıflamalar, kömürlerin kimyasal özelliklerine göre yapılmaktadır. Bilimsel sınıflamalarda, kömürlerin daha çok elementel özellikleri (karbon, oksijen ve hidrojen içerikleri) kömür sınıflaması için kullanılmaktadır. Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu tarafından 1956 yılında, kahverengi kömürler için uluslararası bir kömür sınıflaması geliştirilmiştir. Bu

sınıflamada, nemli, külsüz bazda, ısıl değeri 23.86 MJ/kg 'dan büyük olanlar sert kömürler, küçük olanlar ise yumuşak kömürler olarak; ülkemizdeki kömürlerimiz ise, linyit ve taş kömürü şeklinde isimlendirilmiştir (Karayığit, Köksoy, 1998).

5.2 KÖMÜRÜN YANMASI

Ticari yakıtlar arasında kömür, 300 yıldan fazla bir süre için yeterli olan rezervi ile, 30-40 yıl içinde tükenmesi beklenen petrol ve doğal gazla kıyasla, dünya enerji dengesinin kilit yakıtı olma özelliğini taşımaktadır. Bu nedenle, kömürlerin verimli yakılması, günümüz enerji teknolojisinin en zor ve en önemli sorunlarından birini oluşturmaktadır.

Isı, sektör yapısına uygun yakma sistemlerinde, yanma süreci ile oluşur; ilgili sektörde doğrudan kullanılacak biçime veya iş yapabilecek özelliğe kavuşturulur. Bu sistemler, konut sektörü için, kalorifer kazanları ve sobalar; sanayi sektörü için, sanayi kazanları, fırınlar; ulaşım sektörü için, içten yanmalı motorlar, gaz türbinli jet sistemleri ve çevrim sektörü için termik santral buhar kazanları, gaz türbinleri veya kombine santraller olarak isimlendirilir (Durmaz, 1998).

5.2.1 Yanmayı Etkileyen Faktörler

Yanmayı etkileyen faktörlerin belirlenebilmesi için, öncelikle; amaçlanan teknik yanmanın özelliklerinin, bu özelliklerin sağlanması için gerekli koşulların ve bu koşullarının oluşturulmasına yönelik temel kriterlerin tanımlanması gerekir. Bu bağlamda, uygun yanma, ısı kullanıcısı için ucuz, temiz ve sürekli bir yanmanın oluşturulmasıdır.

Ayrıca, yakıt özellikleri, yakma sistemi yapısı ve işletme koşulları, yakıcının ısıl yük değişimini karşılayabilecek niteliklerde olmalıdır. Ucuz ısı üretimi, yanma veriminin yüksek, işletme ve yatırım maliyetlerinin düşük olduğu bir yakma sisteminin oluşturulmasını gerektirir. Temiz yanma, yanmadan kaynaklanan çevre kirletici emisyonların, ilgili yönetmeliklerde öngörülen emisyon sınır değerlerinin altında tutulduğu yanmadır. Sürekli ısı üretimi ise, yakma sisteminin, işletme ömrü boyunca planlı durmalar dışında; emniyetli, güvenilir ve işlerlikli bir biçimde sürekli çalışmasının sağlanmasıdır.

Burada temel sorun, söz konusu uygun yanma koşullarının oluşturulmasıdır. Alev bağlamında, bu sorun, istenilen ısı güç ve yük değişim özelliğine sahip, yüksek yanma verimli, düşük emisyonlu, kararlı bir alev oluşturulmasıdır. Uygulamada, bu sorun, uygun yakma üçgeni oluşturulması olarak tanımlanır. Bu ise, söz konusu yakıtı uygun yakma sistemi tasarımı ve uygun operatör seçimidir. Konut ısıtılmasında, bu kavram, uyumlu 3K (kömür-kazan-kalorifer) koşulunun oluşturulması olarak tanımlanır. Yanmayı etkileyen faktörler; yakıt, yakma sistemi ve işletme olarak üç grup altında toplanabilir (Durmaz, 1998).

5.2.1.1 Yakıt Faktörü

Alt ısı değer: Yakıt özellikleri, yakma havası nemi, miktarı, ısı yük koşulları, alev ısı aktarım koşulları ile ilgili değişimler durumunda, kararlı bir alevin sağlanabilmesi için, yakıt ısıtma değerinin belli sınırlar içerisinde olması gerekir. Yararlanılabilen net yakıt ısı değerini tanımlayan alt ısı değere (H_u) karşın, yakıt üst ısı değeri (H_o), brüt yakıt ısı değerini tanımlar ve yakma teknolojisinde, yanma ısısı olarak da isimlendirilir.

Yanıcı uçucu oranı: Yanıcı uçucu oranı, kömürün tutuşması işlevini gören, hacimde doğal gaz benzeri homojen yanma özelliği taşıyan kömür içeriğidir. Uçucu oranı arttıkça alev boyu, dolayısıyla, yanma odası boyutları artar. Uygun yanma yönünden, yanıcı uçucuların, kömürü tutuşturabilecek ve kömür yatağında veya alev içinde yanmasını tamamlayabilecek boyutta olması istenir.

Sabit karbon oranı: Kömürün sabit karbon oranının artışı; ısı değerini, yanma gazlarının oluşumunu ve baca gazındaki CO_2 oranını artırır. Kömür yanmasından oluşan; üç atomlu gazlar (CO_2 , H_2O), uçucu kok, is ve partiküller, yüksek ışıma özellikleri nedeni ile alev soğumasını kolaylaştırır. Böylelikle, sabit karbon oranı yüksek kömürlerin (taş kömürü, antrasit) yakıldığı hacimlerde, ışıma ile büyük ısı aktarımı sağlanabildiğinden, yanma odası boyutu küçülür.

Nem oranı: Yakıtın ısıtma değerini düşürür, kömürün ısı parçalanmasına, kok gazlaşmasına, CO 'in tutuşma hızının artmasına ve alev soğumasına, olumlu katkı sağlar. Bu nedenle, belli sınırlar altında kalması kaydıyla, kömürün belli oranda nem içermesi istenir (Durmaz, 1998).

Kül oranı ve kül özellikleri: Kül, kömür öğütme için gerekli enerjinin miktarını artırır; değirmende, kazan ısıtma yüzeylerinde, kömür-gaz kanallarında, aspiratör kanatlarında, bacada aşınmalara neden olur. Yanma sırasında, oksijen difüzyonunu ve tutuşmayı zorlaştırır, yanma hızını düşürür. Kül ergimesi sonucu, ısıtma yüzeyleri ergimiş kütle kaplanarak ısı transferi engellenir, korozyon oluşabilir ve kazanın ısı verimi düşer.

Dokusal, fiziksel ve ısı özellikleri: Kömürün, dokusal, fiziksel ve ısı özellikleri; yakıt-hava karışımını, O₂ difüzyonunu, yanma biçimini, ısı ve kütle transferi özellikleri ile alev kararlılığını etkiler.

Tane boyutu ve biçimi: Yanma koşullarını, alev davranışını, yanma hızını, yakma sisteminin ısı kapasitesini, yanma kökenli emisyonları, yakma sistemi yapısını ve yanma odası özelliklerini belirler.

Kükürt oranı: Yanan kükürt, yanma gazındaki SO₂ oranını ve SO₂ 'in kısmi basıncını belirler. SO₂ emisyonlarını artırır, çığ noktasının altına düşülmesi durumunda, düşük sıcaklık (H₂SO₄) korozyonu oluşur. Bu oluşum, sistemin işlevliliğini düşürür ve sistem ömrünü kısaltır.

Azot oranı: Azot oksit emisyonlarını artırır (Durmaz, 1998).

5.2.1.2 Yakma Sistemi Faktörü

Yakıt hazırlama: Kırma, yıkama, harmanlama, öğütme, kurutma, gazlaştırma, briketleme işlemleri ile kömürün özellikleri, yakılacağı yakma sisteminin girdi özelliklerine uygun hale getirilir.

Yakıt-hava karışımı: Uygun brülör, ızgara, akışkan yatak tasarımı; uygun yakıt ve hava besleme uygulamaları ile öngörülen yakma biçimi için gerekli yakıt-hava karışımı sağlanır. Kademeli yakma, özellikle, CO ve NO_x emisyonlarının yanma odasında tutulması yönünden etkin bir birincil emisyon kontrol uygulamasıdır (Durmaz, 1998).

Yanma odası tasarımı: Kömürün, yanma odasında, uygun ve sürekli biçimde gaz fazına geçmesi, hava ile karışması, tutuşması, kararlı alev koşullarında tam yanmanın sağlanması;

yanma odasının ve alev çevreleyen ısıtma yüzeylerinin, uygun alev soğumasını sağlayacak biçimde tasarımı ve konumlanmasını gerektirir.

Kademeli yakma: Yakıt ve havanın türlü biçimlerde kademelendirilerek beslenmesi, alev içi ve alev dışı gaz resirkülasyonları, baca gazı geri beslemesi vb. uygulamalar yardımı ile yakma sisteminin yanma verimi ve emisyon çıkışı azaltılır.

Baca gazı arıtma: Yanmadan kaynaklanan; CO, C_nH_m ve yanıcı uçucu partiküller gibi emisyonlar, yanma koşullarının iyileştirilmesi ile azaltılabilir. Izgaralı yakma sistemlerinde emisyon kontrolü, standart kömür kullanımı ve uygun işletme koşullarının oluşturulması ile sağlanır. Akışkan yataklı yakma sistemleri, yapısal olarak, SO_x ve NO_x emisyonlarının filtrelenmesi veya bastırılması yönünden uygun olduğundan, genelde, ek arıtma tesisleri gerektirmez. Toz kömür yakma sistemlerinde NO_x oluşumu, kademeli yakma uygulaması ile azaltılmaya çalışılır (Durmaz, 1998).

5.2.1.3 İşletme Faktörü

Tekniğine uygun işletme, bakım-onarım ve yanma kontrolü uygulamaları ile yakma sisteminde, tasarımda öngörülen, verimli, temiz yakmaya yönelik, uygun alev koşullarının oluşumunun sürekliliği sağlanır. Tasarıma esas alınan özellikte yakıt sağlanamaması veya hava kirletici emisyon sınır değerlerinin yönetmeliklerce sıkılaştırılması durumlarında, girdi hazırlama ve çıktı koşullandırma sistemlerinde yapılacak iyileştirme ve değişikliklerle, ilgili standart ve yönetmeliklerde istenilen yanma ve emisyon değerlerine ulaşılmaya çalışılır (Durmaz, 1998).

5.2.2 Kömürün Yanması

Teknik yanma, fosil yakıtların temel yanıcı elemanları (C, H, S) ile havanın yakıcı elemanı (O₂) arasında, yüksek sıcaklıkta ısı ve emisyon oluşumlu, karmaşık bir oksitlenme sürecidir. Kükürdün oksitlenmesi ile oluşan kükürt oksitleri emisyonlarının (SO₂, SO₃) yanı sıra, eksik yanma sonucu, gaz (CO, C_nH_m) ve partikül biçiminde (is, kurum, uçucu kok) emisyonlar; bir kısım yakma havası azotu ve yakıt azotunun oksitlenmesi ile azot oksitler; yakıt külünün toz biçiminde çevreye verilmesi ile de partikül emisyonları oluşur.

Yanmanın esas ürünü olan ısı, sosyoekonomik yaşamın gereksinim duyduğu tüm faaliyetler için temel enerji girdisini oluşturur. Yanmanın istenmeyen yan ürünleri olan emisyonlar ise, kirleticiler olarak çevreye yayılır.

Yakıt ve havanın aynı gaz fazında bulunduğu yanma biçimi, homojen yanma, sıvı yakıtların ve kömürün yanması ise, heterojen yanma olarak tanımlanır. Yanma biliminde, homojen yanma, en kapsamlı araştırılan ve kavranması en kolay olan yanma biçimidir. Buna karşın, homojen yanma durumunda bile, yanma evreleri, yanma reaksiyonları ve emisyon oluşum mekanizmaları, henüz tam olarak aydınlatılabilmemiş değildir.

Kömürün yanma veriminin artırılması; kömürün uygun şekilde hazırlanmasına, uygun tutuşma ve yanmayı sağlayacak kararlı alev koşullarının oluşturulabilmesine bağlıdır. Yanmadan kaynaklanan partikül emisyonları ve gaz emisyonları, yanma veriminin artırılmasına veya uygun alev oluşturulmasına bağlı olarak azalır. Yakıttan kaynaklanan, SO₂ ve toz (kül) emisyonları, uygun yakıt seçimi veya yanma odasının yapısal olarak filtreleme özelliğine kavuşturulması ile belli ölçülerde azaltılabilir (Durmaz, 1998).

5.2.2.1 Kömürün Heterojen Yanma Mekanizması

Artan yakıt fiyatları, gittikçe daha temiz bir yanma öngören çevre yasaları ve yönetmelikleri karşısında, ekonomik ve çevre yönünden uygun ısı üretimi; büyük kapasiteli, yüksek yanma ve ısıl verimli, düşük hava kirletici emisyonlu yakma sistemlerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu sorun, özellikle, düşük kaliteli kömürlerin uygun biçimde yakılması yönünden, daha da önem kazanmaktadır.

Kömürlerin, yüksek ısıl kapasite, yüksek yanma verimi ve düşük emisyonla yakılması ile ilgili yanma koşullarını ve yanma davranışının belirlenmesi, bu davranışın amaç doğrultusunda biçimlendirilmesine yönelik kömür yanma mekanizmasının bilinmesi, enerji ekonomisi ve çevresel etki yönünden uygun kömür yakma sistemleri tasarımı ve işletmesi için büyük önem taşır (Durmaz, 1998).

1. Heterojen Kömür-Hava Karışımının Oluşması

Izgaralı yakma sistemleri: Bu yakma sistemlerinde, büyük taneli, standart parça kömür yakılır. Izgara üzerine verilen parça kömür (10-150 mm), ızgara üzerinde hareketsiz olarak yanar. Yanma, ızgara üzerindeki kömür yatağında gerçekleşir. Kömür yatağı, hava geçirgen ve oksijen emme özelliğine sahip olmalı, yanıcı uçucuların yanması, olabildiğince, yatak içinde tamamlanmalıdır. Bu nedenle, ızgaralı yakma sistemlerinde; tutuşma için yeterli yanıcı uçuculu, uygun biçimli ve tane boyutlu, uygun özellikte kömürlerin yakılması zorunluluğu vardır. Kömürün gazlaşması ve yanıcı karışım oluşumu, çok uzun sürer. Izgaralı yakma sistemleri, küçük ısıl kapasiteli sistemlerdir. Kor tabakası, gazlaşma için ısı deposu işlevini görür. Birincil, ikincil gibi kademeli hava uygulaması ile yanma koşulları iyileştirilmeye çalışılır.

Akışkan yataklı yakma sistemleri: Bu sistemler, daha küçük boyutlu parça kömürle (0,5-10 mm) çalışır. Kömür, akışkan yatağa beslenir. Akışkan yatak, 850 °C – 950 °C sıcaklıkta, kül, kireç, kum gibi inert maddelerden oluşan ve bir hava yastığı üzerinde akışkanlaştırılan bir sistemdir.

Toz kömür yakma sistemleri: Kömürün, uygun tane boyutuna (10-200 µm) öğütülerek, yanma odasına brülörle püskürtülerek yakıldığı sistemlerdir (Durmaz, 1998).

2. Kömürün Heterojen Tutuşması

Kömürün heterojen tutuşması, homojen, yanıcı gaz tutuşma sürecine benzer davranış gösterir ve bu süreç, kömür yanmasının T2-koşulu olarak tanımlanır. Kömür, 400-800 °C dolayında bünyesindeki yanıcı uçucu maddeleri, hidrokarbon gazları (metan gibi) ve katran buharı biçiminde salgılar. Bu yanıcı gazlar, ilk önce, homojen tutuşma biçiminde tutuşur ve ardından, kok gazlaşması üzerinden kömürün yanmasını sağlar. Kömür; gazlaşmasının ardından, CO ve CH₄ (metan) ağırlıklı hidrokarbon gaz karışımından oluşan ve kül de içeren iki fazlı bir yanıcı gaz karışımına dönüşür.

Bu karışım, homojen, CH₄ ve CO tutuşmasına kıyasla daha farklı, bir tutuşma özelliği gösterir. Bunun nedeni, moleküler kömür-hava karışımının sağlanamaması, yanıcı karışımda yakma havası hacminin kömür hacmine oranının 1000 'in üzerinde bulunması,

zengin-fakir özellikli heterojen bir yanıcı karışım dokusunun meydana gelmesi ve külün O₂ difüzyonunu zorlaştırmasıdır. Çizelge 5.1 'deki değerler, öğütülmüş (toz) kömür için geçerli olan tutuşma sıcaklıklarının oldukça altındadır.

Çizelge 5.1 Bazı Katı Yakıtların Tutuşma Sıcaklıkları (Durmaz,1998)

Yakıtlar	Tutuşma Sıcaklığı (°C)
Odun	220 – 300
Turba (Havada kurutulmuş)	225 – 280
Ham Linyit	135 – 240
Taş Kömürü - Antrasit	214 – 485
Odun Koku	144 – 208
Taş Kömürü Koku	395 – 560
Petrol Koku	411

Tutuşma ısısı ızgaralı yakma sistemlerinde genelde kor tabakasından, toz kömürlü yakma sistemlerinde alevden, akışkan yataklı yakma sistemlerinde ise akışkan yataktan sağlanır (Durmaz, 1998).

3. Heterojen Kömür Yanması ve Yanmanın Tamamlanması

Heterojen kömür-hava karışımının oluşmasının ve heterojen tutuşmanın ardından, sürdürülebilir heterojen kömür yanmasının sağlanması ve yanmanın uygun biçimde tamamlanması, kömürün yanma mekanizmasının üçüncü ve son aşamasını oluşturur. Uygun kömür yanması, yanmanın, öngörüldüğü gibi hızlı, verimli ve temiz bir biçimde gerçekleşmesidir. Bu ise, birim ısı üretim maliyetinin en aza indirilmesi koşulunda; öngörülen ısı kapasite, ısı verim ve emisyon özelliğine sahip kömür yakma sistemlerinin kullanımını gerektirir. Sürekli ve kararlı yanma koşullarında, istenilen ısı gücü sağlayacak alev hızına, öngörülen yanma verimi ve emisyon davranışını sağlayacak alev yapısına, işletme emniyeti güvenilirliği ve işletme maliyeti yönünden uygun biçim ve boyuta sahip alev, optimum alev olarak tanımlanır.

Sürekli ve güvenilir bir tutuşmanın ve yanmanın sağlanabilmesi için, alev sıcaklığının, tutuşma sıcaklığının üzerinde ve kül ergime sıcaklığının altında olması gerekir. Alev sıcaklığı, tutuşma sıcaklığı ile kül ergime sıcaklığı (≈ 1700 °C) arasında, radyasyonla ısı transferi, yanma hızı, yanma verimi ve emisyonlar yönünden uygun bir konumda

tutulmalıdır. Alev hızı, alev geri tepme ve alev kopma sınırları arasında, kararlı yanma koşullarını sağlayacak bir biçimde oluşturulmalıdır. Yanma süresini kısaltmak, tutuşma sıcaklığını düşürmek ve tutuşma hızını artırmak için, kömürün tane büyüklüğünü azaltmak gerekir. Tutuşma sıcaklığı, kömürün yanıcı uçucu oranına ve öğütme inceliğine bağlı olarak azalır. Tutuşma (yanma) hızı; yanıcı uçucu oranına ve öğütme inceliğine göre artar, kül oranına göre azalır. Toz kömür alevinin geri tepmesinin (sönme) önlenmesi için, birincil havanın toplam yakma havasına oranının, belli bir sınırın altına (~%10) inmemesi; maksimum bir tutuşma hızının sağlanabilmesi için de yanıcı uçucu oranı, kül oranı gibi faktörlere bağlı bir üst sınırı aşmaması gerekir.

Kararlı bir alev oluşturulabilmesi için, özellikle, yanıcı uçucu oranı düşük kömürlerin alev sıcaklıkları, 1000 °C 'ın oldukça üzerinde tutulmalıdır. Böylelikle, emniyetli bir tutuşma, uygun kok yanması ve yanma odasında yüksek radyasyonla ısı transferi sağlanır. Buna karşın, yüksek alev sıcaklıklarında, ısıl azot oksitlerin (NO_x) oluşumu artar.

Kömürün yanma davranışı ve yanmanın tamamlanma süresi, kömürü oluşturan kömür kümesinin tane büyüklüğüne ve dağılımına bağlıdır. Yanma ısıl kapasitesinin artırılması; kömürün yanma süresinin kısaltılması, kömürün tane büyüklüğünün azaltılması ve yanma hızının artırılması ile sağlanır (Durmaz, 1998).

5.2.3 Kömürün Yakılması Sırasında Çevreye Olan Olumsuz Etkiler

Kömürün, enerji üretimi amacıyla çeşitli yakma sistemlerinde yakılması, önemli ölçüde çevre kirliliği yaratmaktadır. Kömürün yakılması sonucu oluşan; karbondioksit, karbon monoksit, kükürt oksitler, azot oksitler gibi çeşitli gazlar, kurum ve kül gibi katı tanecikler ve çeşitli hidrokarbon bileşikleri, başlıca hava kirliliği kaynaklarıdır. Yanma gazları ile atmosfere atılan bu kirleticiler, güneş ışığının etkisiyle veya atmosferde bulunan diğer bileşiklerle tepkimeye girerek; ozon, aerosol, nitrat, nitrit ve çeşitli asitler gibi ikincil kirleticileri de oluşturmaktadırlar.

Kömürün yakılması sonucu oluşan kirleticiler ve bunların miktarı; kullanılan yakma ünitesinin boyutuna, yakma yöntemine, yakıtın bileşimine, kullanılan kontrol cihazlarının etkinliğine ve çalışma şartlarına bağlı olarak değişmektedir (Meriçboyu ve ark., 1998).

5.2.4 Kirleticiler İçin İmisyon ve Emisyon Kriterleri

İmisyon terimi, hava kalitesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. İmisyon sınır değerleri, atmosferdeki kirletici derişimlerinin izin verilen en yüksek değerleridir. Kirleticilerin imisyon sınır değerleri, alıcı kaynağa (insan, bitki ve hayvan gibi) bağı olarak değişmektedir (Karatepe ve ark., 1998).

Atmosferdeki katı, sıvı ve gaz kirleticiler için yaygın olarak kullanılan imisyon kriteri, bu kirleticilerin havadaki kütleli derişimidir ve $\mu\text{g}/\text{m}^3$ birimiyle ifade edilmektedir. Amerika'da yaygın olarak kullanılan (ppm) ve (ppb) boyutsuz birimleri, gazlar için hacim, katı maddeler için kütle kriteri olarak kullanılmaktadır. Çizelge 5.2 'de bazı kirleticiler için 289 K ve 1 atm'de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile ppm arasındaki dönüşümler görülmektedir. Genellikle, havadaki çok düşük derişimler için (ppb) birimi kullanılmaktadır (Karatepe ve ark.,1998).

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{\text{ppm} \cdot M}{V} 10^3$$

M : Kirletici molekül ağırlığı (g/gmol)

V : Belirli basınç ve sıcaklıkta 1 mol gazın hacmi (l)

Çizelge 5.2 Bazı Kirleticiler İçin 289 K ve 1 atm'de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile ppm Arasındaki Dönüşümler (Karatepe ve ark.,1998)

Kirletici	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
SO ₂	1 3,5.10 ⁻⁴	2860 1
NO ₂	1 0,53.10 ⁻⁴	1880 1
CO	1 0,87	1,15 1
HC	1 1,53.10 ⁻³	655 1
O ₃	1 0,51.10 ⁻³	1960 1

Kirleticilerin emisyon kriteri olarak çeşitli büyüklükler kullanılabilir. Bu kriterlerin kullanılmasındaki temel neden, kirletici kaynaktan yayılan gerçek emisyon miktarının belirtilmesidir. Bu miktar, kaynaktan ayrılan bütün gazların zamana bağı olarak kütle ve hacim miktarları, kaynağın verimi veya kapasitesi, kullanılan ham maddenin hacmi, sonuç veya ara ürün gibi değişkenlere bağı olarak yüzde, hacimce ve kütlece olarak verilebilir.

Kaynaktan atmosfere verilen emisyonların sınır değerlerini belirtmek için, havaya yayılan kirleticilerin izin verilen en yüksek derişim değerleri, en yüksek emisyon derişim değerleri, kabul edilebilir emisyon derişim değerleri, kabul edilebilir emisyon katsayısı gibi çeşitli terimler kullanılmaktadır. Ancak, bütün bu terimler emisyon sınır değeri tanımı altında toplanabilmektedir. Çizelge 5.3 'de kömür kaynaklı önemli kirleticiler için bazı ülkelerin kabul ettiği belirli zaman aralığındaki imisyon sınır değerleri görülmektedir (Karatepe ve ark., 1998).

Çizelge 5.3 Kömür Kaynaklı Önemli Kirleticiler İçin Bazı Ülkelerin Kabul Ettiği Belirli Zaman Aralığındaki İmisyon Sınır Değerleri (Karatepe ve ark.,1998)

Ülke	Kirleticiler			
	Karbon Monoksit ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Azot Dioksit ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tanecik ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kükürt Dioksit ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Avusturya	38 900 (1h) 10 300 (8h)	- -	120 (24h 1. Bölge) 200 (24h 2. Bölge)	70-100 (24h 1. Bölge) 200-300 (24h 1. Bölge)
Almanya	10 000 (Yıllık) 30 000 (0,5h)	80 (Yıllık) 200 (0,5h)	150 (24h) 300 (0,5h)	140 (Yıllık) 400 (0,5h)
Fransa	114 500 (Ani) 57 300 (8h)	200 (24h)	150 (24h)	1000 (24h)
İtalya	57 200 (0,5h) 22 500 (8h)	600 (0,5h)	750 (2h)	750 (0,5h)
Japonya	23 000 (8h) 11 500 (24h)	74-100 (24h)	200 (1h) 100 (24h)	260 (1h) 100 (24h)
Norveç	- -	400 (1h) 200 (24h)	150 (24h) 60 (6 ay)	400 (1h) 200 (24h)
Rus Federasyonu	6 000 (0,5h) 1 000 (24h)	- -	500 (0,5h) 150 (24h)	500 (0,5h) 50 (24h)
ABD	40 000 (1h) 10 000 (8h)	100 (Yıllık)	260 (24h) 75 (24h)	365 (24h) 80 (Yıllık)
Türkiye	30 000 (24h) 10 000 (Yıllık)	300 (24h) 100 (Yıllık)	300 (24h) 150 (Yıllık)	400 (24h) 150 (Yıllık)

BÖLÜM 6

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Hava kirliliğine neden olan kömür sobalarının doğru tekniklerle yakılması halinde kirliliğin azaltılması yönünde önemli katkıları olduğu bilinmektedir. Bazen bu tekniklerin kullanımında gerekli özen gösterilmemekte ve istenilen sonuçlara ulaşılamamaktadır. Dolayısıyla kullanılması gereken teknikler, mümkün olduğu kadar, kişinin tercihinin bırakılmamalıdır.

Yapılan bu çalışmada da;

- En doğru teknik olan, kömürün üstten tutuşturularak yakılması,
- Seçilen soba, helezonla alttan beslemeli duruma getirilerek, kullanımının kişinin tercihinin bırakılmaması,

durumlarında hava kirliliği açısından baca gazı emisyonlarının nasıl olduğu karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

6.1 KÖMÜR SOBALARI

Diğer cins yakıtlarla karşılaştırıldığında katı yakıtların çok daha ucuz ve bol olarak bulunması konutlarda asıl ısıtma yüklerini karşılamada katı yakıt sobalarını diğer sobalar yanında rakipsiz bırakmıştır. Bu nedenle münferit ısıtma alanında katı yakıtlı sobaların kullanımı oldukça yaygındır (Demirdöküm, 1987).

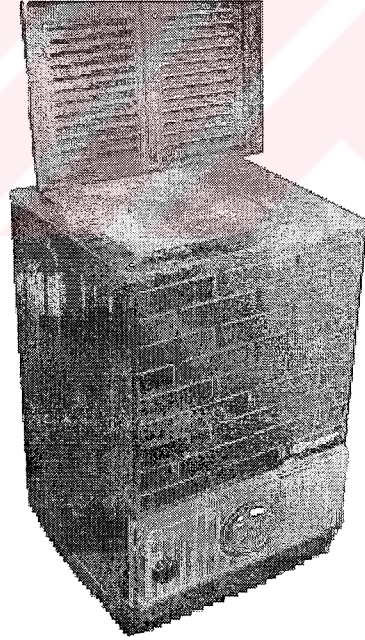
6.1.1 Soba

Isıyı ışıma ve/veya taşınım ile dağıtan ve bir kazanla donatıldığında sıcak su sağlayan, normalde ocak kapağı (kapakları) kapalı olarak tutulan tam mahfazalı bir ocak ihtiva eden cihazdır (TS 4900 EN 13240).

6.1.2 Döküm ve Sac Kömür Sobaları

Kullanılan yakıtta ve yakma biçimine göre katı yakıt sobalarının konstrüksiyonları da farklı olmaktadır. Soba içine konulan yakıtın tamamı yanma halinde ise bu tür sobalara tam yanışlı adı verilir. Soba içerisine doldurulan yakıt kütesinin tamamı yanma olayına katılır ve kömür tabakasının kalınlığı yanma olayı süresince giderek azalır. Sobanın gövdesi çelik sacdan veya dökme demirden yapılır. Gövdenin iç kısmı yüksek sıcaklığa dayanıklı ateş tuğlası ile kaplıdır. Bu kaplama tabakası hem gövdeyi aşırı şekilde ısınmaktan korur hem de dış yüzeyler sıcaklığının çok fazla yükselmesine engel olur. Dış gövde yüzeyi çıplak olabildiği gibi emaye kaplı da olabilir. Emaye, soba temizliği ve estetik açıdan tercih edildiği gibi korozyona karşı da koruyucu bir tabaka teşkil eder (Demirdöküm, 1987).

Şekil 6.1 'de deneylerde kullanılan sobanın sistem eklenmemiş durumu görülmektedir. Estetik ve yaygın kullanımından dolayı deneylerde bu tip bir soba tercih edilmiştir.



Şekil 6.1 Deneylerde kullanılan sobanın sistem eklenmemiş görünümü

Kullanılan sobada ızgara sobanın alt tarafındadır. Izgara ile üst kömür besleme ağzı arasında kalan hacim kömürle doldurulur. Yanma olayının ve dolayısı ile ısıtma gücünün ayarlanabilmesi için küllük kapağının üzerine yerleştirilen bir yanma havası ayar damperinden yararlanır. Ayrıca baca çekişini ayarlamak için baca klapesi mevcuttur.

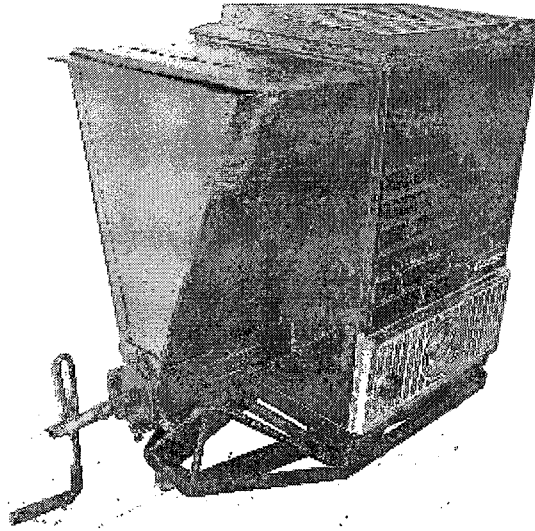
6.2 UYGULANAN SİSTEM

Kömür sobalarından kaynaklanan hava kirliliğinin nedenlerinden olan yanlış yakma tekniklerinin uygulanması oldukça yaygındır. Doğru yakma tekniklerinin öğretilmesinde ise, hem zaman alıcı hem de uygulamasının kullanıcının inisiyatifine bırakılmış olmasından dolayı başarı sağlanamamaktadır. Bu nedenle münferit ısıtmada kullanılan kömür sobalarında, doğru yakma tekniğinin ve mümkün olduğu kadar kullanıcının inisiyatifinden uzak bir sistemin, geliştirilmesi düşünülmüştür.

Geliştirilen sistemde, kullanılan sobanın özelliklerinden sadece soba söndükten sonra kalan külün küllüğe boşaltılmasına yardımcı olan mekanizma tamamen kaldırılmış, diğer özellikleri aynen muhafaza edilmiştir.

6.2.1 Sistemin Özellikleri

Sistem, kömürün yakıt deposundan helezonla alınarak, sobanın ızgarasına alttan taşma yaparak beslemeyi sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece hem en doğru yakma tekniği olan, kömürün üstten tutuşturularak alttan beslenmesinin sağlanması, hem de bu tekniğin kullanımının, sistemin özelliğinden dolayı, kişinin inisiyatifinden uzak tutulması amaçlanmıştır. Şekil 6.2 'de sistemin sobaya eklenmiş durumu görülmektedir.

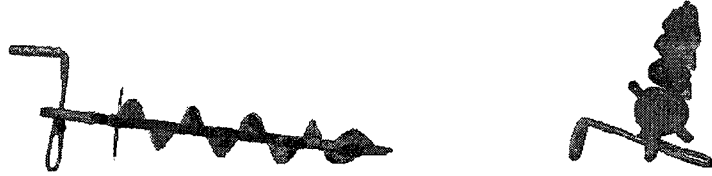


Şekil 6.2 Sistemin sobaya eklenmiş görünümü

6.2.2 Sistemin Parçaları ve Görevleri

6.2.2.1 Helezon

Elle çalışan sistemin en önemli parçasıdır. Kömürü yakıt deposundan ızgara üzerine ulaştırarak, beslemenin sürekliliğini sağlar. Şekil 6.3 'de farklı açılardan helezonun durumu görülmektedir.



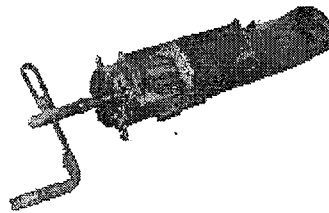
Şekil 6.3 Farklı açılardan helezonun görünümü

6.2.2.2 Helezon Kanalı

Helezonun sıkışmadan ve dengeli bir şekilde çalışmasını sağlayarak, yakıt deposundan sobanın ızgarası üzerine kömürün geçişini mümkün kılar. Şekil 6.4 'de farklı açılardan helezon kanalının durumu ve Şekil 6.5 'de helezon ile helezon kanalının montajlı durumu görülmektedir.



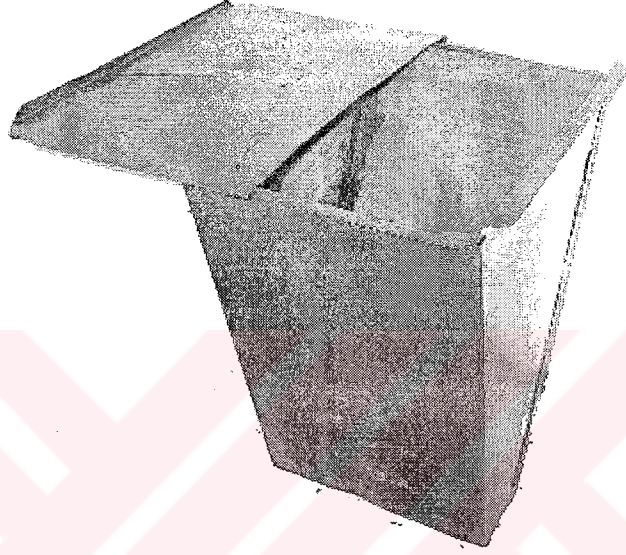
Şekil 6.4 Farklı açılardan helezon kanalının görünümü



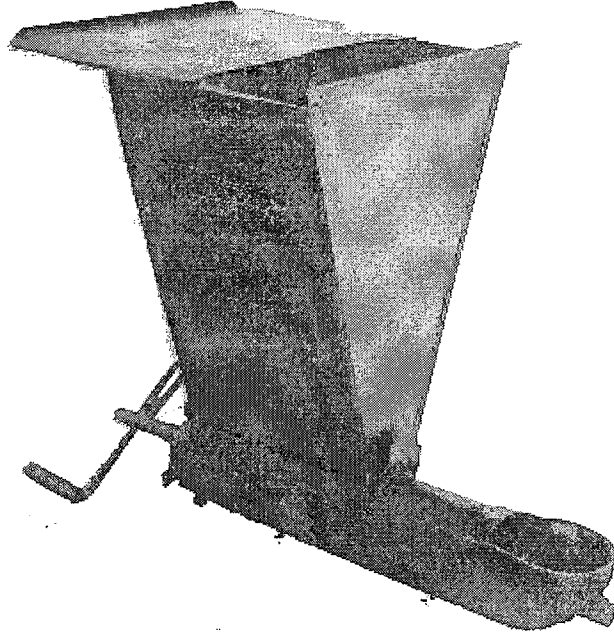
Şekil 6.5 Helezon ile helezon kanalının montajlı görünümü

6.2.2.3 Yakıt Deposu

Beslemenin, yanma esnasında kullanıcının tercihine bırakılarak üstten değil, helezonla alttan yapılabilmesi sağlanmıştır. Şekil 6.6 'da yakıt deposunun izometrik durumu ve Şekil 6.7 'de helezon, helezon kanalının ve yakıt deposunun montajlı durumu görülmektedir.



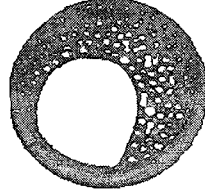
Şekil 6.6 Yakıt deposunun izometrik görünümü



Şekil 6.7 Helezon, helezon kanalının ve yakıt deposunun montajlı görünümü

6.2.2.4 Izgara

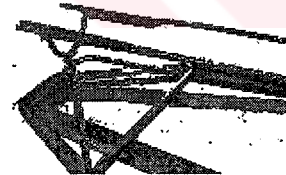
Yanma için gerekli havanın kömürle temasını sağlar. Helezon kanalın ağzını karşılayacak şekilde yerleştirilir. Böylece kanaldan aktarılan kömür, ızgara üzerine taşma yaparak sürekli bir yanma elde edilir. Şekil 6.8 'de döküm ızgara görülmektedir.



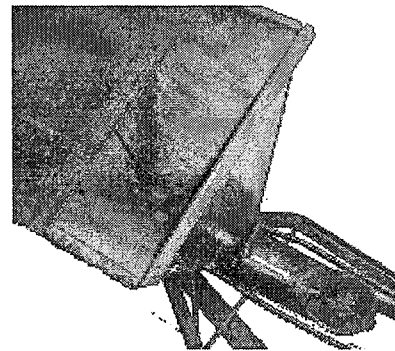
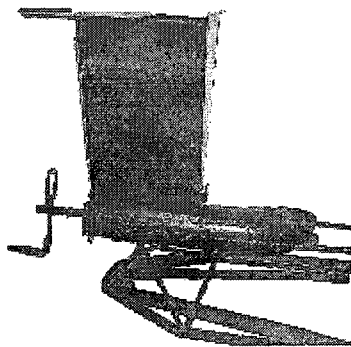
Şekil 6.8 Döküm ızgara

6.2.2.5 Destek Düzeneği

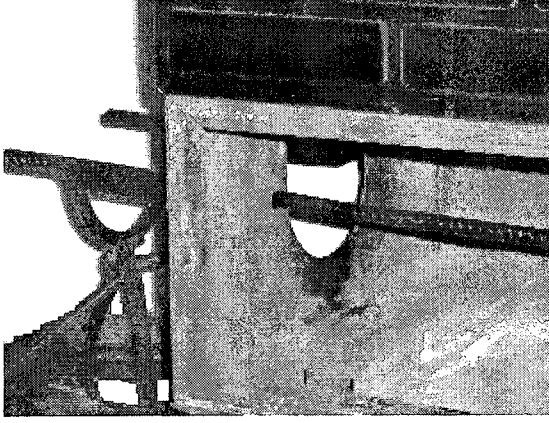
Sistemin sobaya sağlam ve dengeli bir şekilde montajını sağlar. Tekerlekleri sayesinde gerektiğinde kolayca yer değiştirilmesi sağlanır. Şekil 6.9 'da sistemle beraber sobanın oturacağı destek düzeneği görülmektedir.



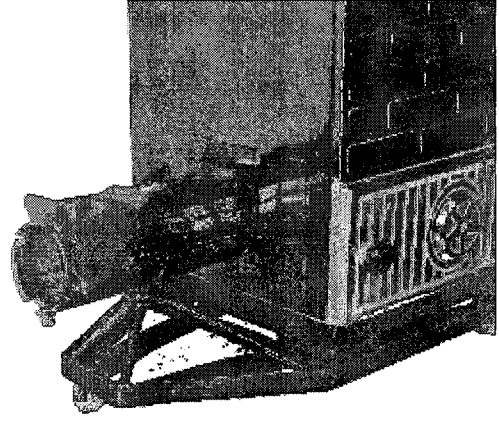
Şekil 6.9 Sistemle beraber sobanın oturacağı destek düzeneği



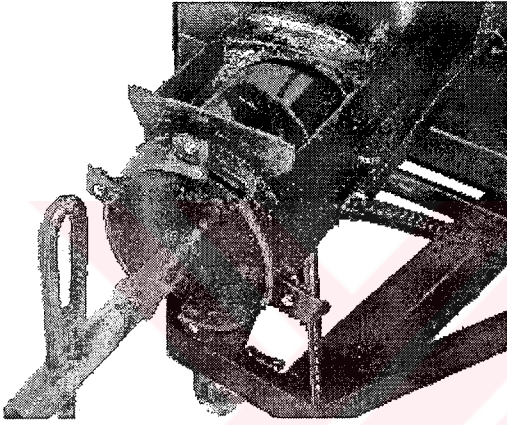
Şekil 6.10 Sistemin kendi arasında montajlı durumunun farklı açılardan görünümü



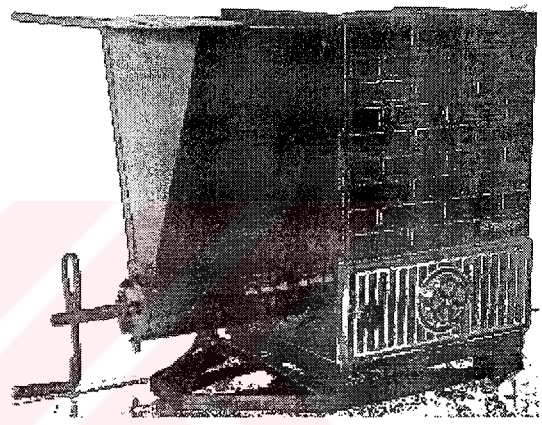
a. Destek düzeneğinin montajlı durumu



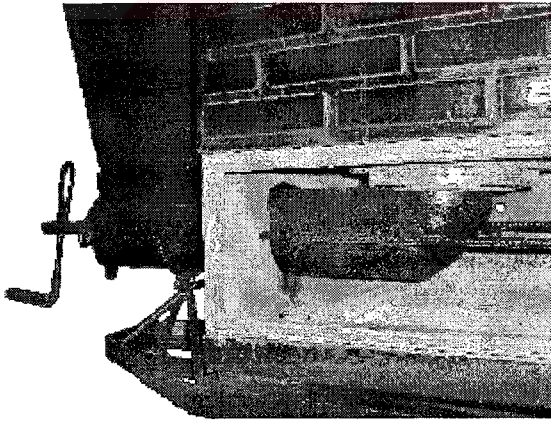
b. Helezon kanalının montajlı durumu



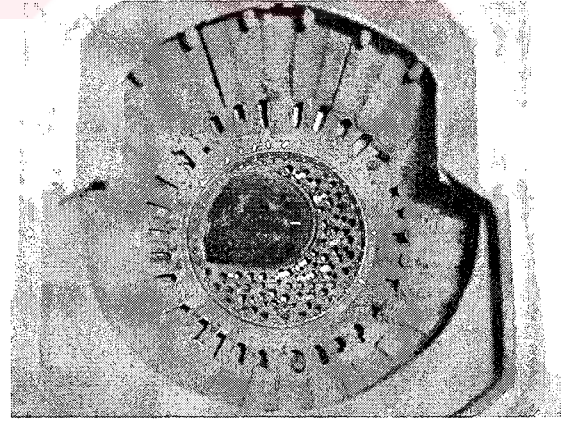
c. Helezonun montajlı durumu



d. Yakıt deposunun montajlı durumu



e. Montajı biten sistemden bir görünüm



f. Montajlı sistemin soba içi görünümü

Şekil 6.11 Sistemin montaj sırasındaki ve montajı bittikten sonraki görüntüleri

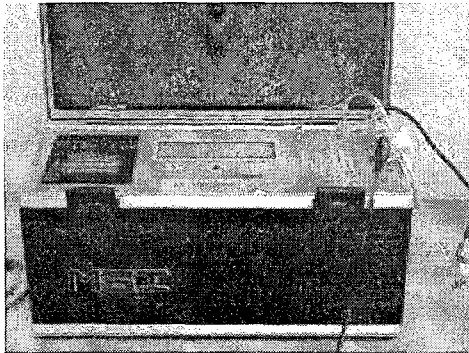
6.3 KULLANILAN ÖLÇÜ CİHAZI

Deneylede “MSI Compact Baca Gazı Ölçüm Cihazı” kullanılmıştır. MSI Compact, evsel ve endüstriyel yakma tesislerindeki baca gazı yoğunluklarının analizi için kullanılan çok fonksiyonlu bir ölçüm cihazıdır.

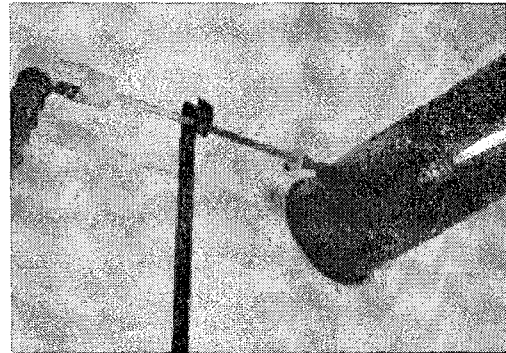
CO, NO, NO₂, SO₂ ölçümlerini ppm ve mg/m³ cinsinden yapabilmektedir. Algılayıcı sinyalleri sıfırlanır ve ek sıcaklık ölçüm algılayıcısı tarafından ölçülerek termik denge haline getirilir. Gaz oranı elektrokimyasal algılayıcı hücreler tarafından ölçülür. Çözümleyici içinde, bütün ölçümler elektronik olarak yükseltilir, dijital hale getirilir ve bir mikro-bilgisayar tarafından değerlendirilir. Bütün fonksiyonlar, uygulama ve görüntüleme bu bilgisayar tarafından yapılır.

Cihaz, Fuel-oil, Doğalgaz, Şehir Gazı, Sıvı Gaz, Linyit Kömürü (Isıl değeri: 8,2 MJ), Parlak Kömür (Isıl değeri: 31,5 MJ), Odun (Hava Kurutmalı) yakıt seçeneklerini sunmaktadır.

Deneyleler linyit kömürü ile yapıldığından, cihazda Linyit Kömürü (Isıl değeri: 8,2 MJ) yakıt seçimi yapılmıştır.

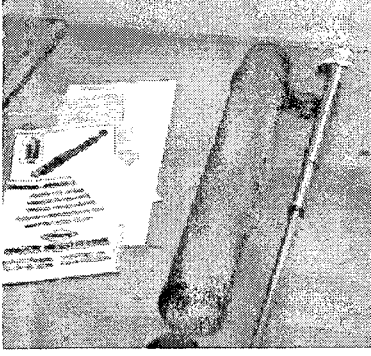


a. MSI Compact Baca Gazı Ölçüm Cihazı

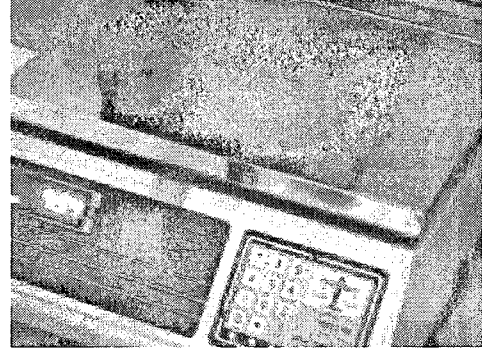


b. Emisyon Ölçüm Probu

Şekil 6.12 Ölçüm cihazı ve probu



a. İslilik ölçüm aparatı ve skalası

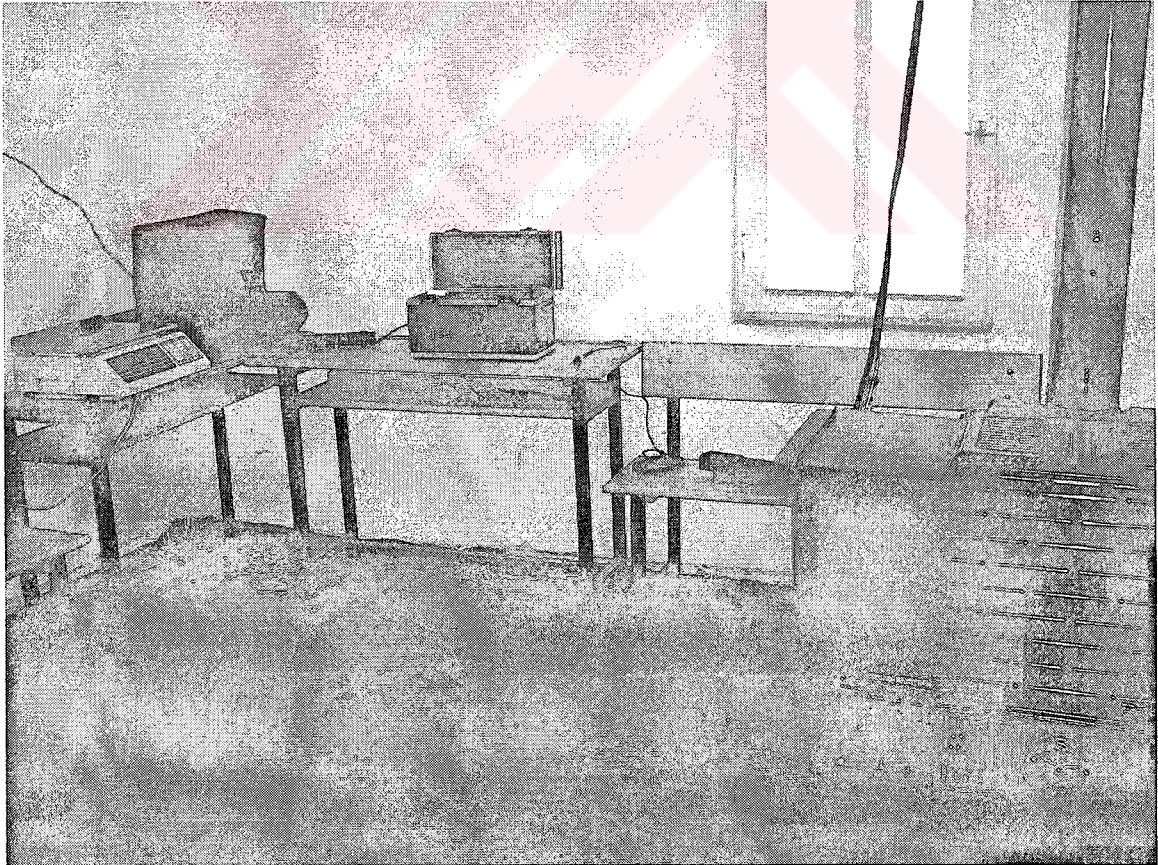


b. Elektronik hassas terazi

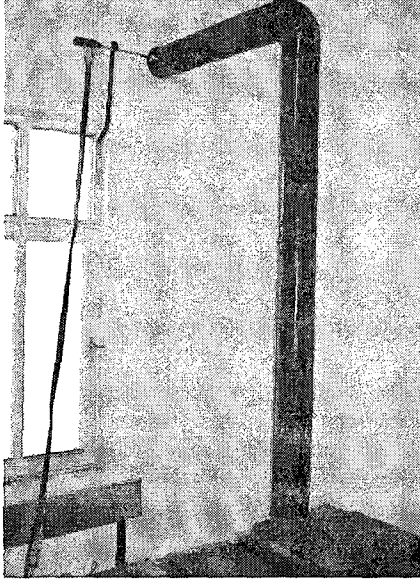
Şekil 6.13 İslilik ölçüm aparatı ve elektronik terazi

Ölçümlerin alınmasında ve deneylerin tekrarlanması sırasında gerekli özen gösterilmiş ve özellikle de deney şartları mümkün olduğu kadar aynı tutulmaya çalışılmıştır.

6.4 DENEYLER



Şekil 6.14 Deney ortamının genel görünümü



a. İçeriden baca görünümü



b. Dışarıdan baca görünümü

Şekil 6.15 Farklı açılardan baca görünümleri

6.4.1 Deneylerin Yapılışı

Deney, normal bir kömür sobasının üstten beslenerek yakılması durumunda elde edilen emisyon değerleri ile, aynı sobanın eklenen bir sistem ile alttan beslenerek yakıldığı zaman elde edilen emisyon değerlerinin karşılaştırılarak, çıkan emisyonların hava kirliliği açısından değerlendirilmesidir, şeklinde açıklanabilir.

Her iki durum için de deneylerde, %5,52 nem, %6,70 kül, %0,27 kükürt ve 7600 kcal/kg ısıl değer sahip linyit kömürü kullanılmıştır.

Deneylerin yapılacağı ortam hazırlandıktan sonra, yakıt olarak kullanılacak kömür, helezon içerisinde sıkışmasının önlenmesi için, ortalama tane büyüklüğü 45 mm – 50 mm ‘den fazla olmayacak şekilde kırılmıştır. Kırılan bu kömür aynı zamanda üstten besleme için de kullanılmıştır.

Bütün deneylerde soba 4000 gr linyit kömür, 550 gr talaş, 40 gr gazete ve 250 gr tahta parçaları ile tutuşturularak ilk yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Her iki tür beslemede de yine aynı tip kömür kullanılmış, böylece deney şartlarının mümkün olduğu kadar değişmemesi sağlanmıştır. Kullanılan miktarlar hassas elektronik terazide belirlendiğinden,

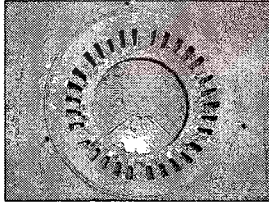
ağırlıkça ya hiçbir sapma olmamış, ya da en fazla 5 gr fark olmuştur. Bu da ihmal edilebilecek düzeydedir.

Üstten beslemeli yakma işlemleri iki kez, alttan beslemeli yakma işlemleri ise dört kez tekrarlanmıştır. Her iki tip beslemede de ilk yakma işleminden 3 saat ve bu beslemeden 2,5 saat sonrası olmak üzere sobaya iki kere besleme yapılmıştır. Her defasında da 2000 gr kömür yüklenmiştir.

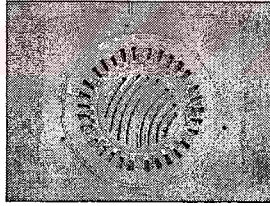
Her altı yakma deneyinde de ilk ölçüm ile son ölçüm arasında yaklaşık 8 saatlik bir süre geçmiş ve dış hava sıcaklıkları da 7 °C ile 18 °C arasında bir seyir izlemiştir.

Deneylerde ölçümler ortalama 10 dakika bir yapılmış, sadece ısılık derecesinin sıfırı göstermesinden sonra ölçümler 15 dakikada bir yapılmıştır. Ölçümlerin en sık yapıldığı zamanlar ise ilk yakma ve beslemelerin yapıldığı esnelerdir. Bu durumlarda ölçümler 5 dakikada bir yapılmıştır.

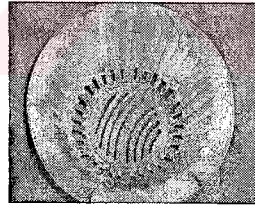
6.4.1.1 Sobanın Normal Üstten Beslemeli Yakılması



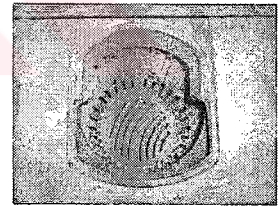
a. Taban



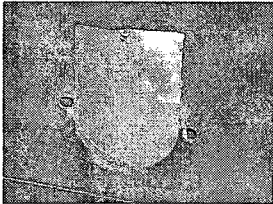
b. Izgara



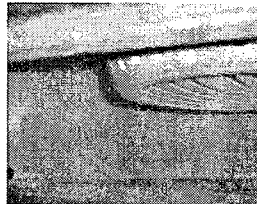
c. Tuğlalar



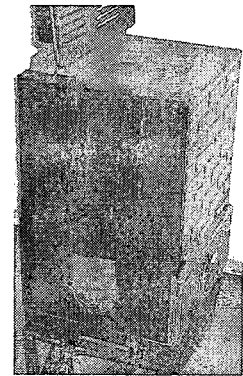
d. Üst yüzey



e. Açıklığın kapatılması



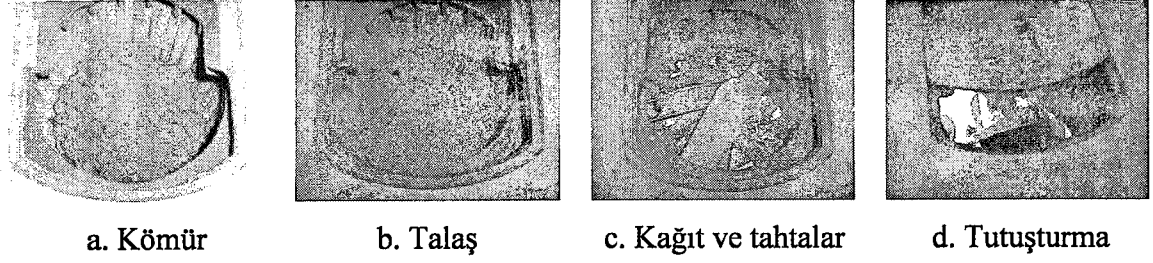
f. Küllükten bir görünüm



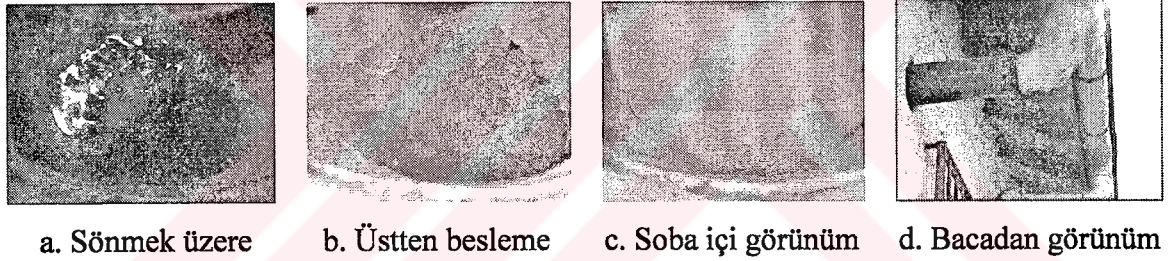
g. Yakılmaya hazır

Şekil 6.16 Sobanın üstten yakılmaya hazır hale getirilmesi

Soba, Şekil 6.16 'da görüldüğü gibi yakılmaya hazır hale getirilmiştir. Belirtilen miktarlardaki linyit kömür, talaş, gazete ve tahta parçaları tutuşturulmuş ve 3 saat sonra 2000 gr kömür üstten doldurulmuştur. Son olarak da 2,5 saat sonra 2000 gr kömür üstten doldurulmuştur. Soba tamamen sönüp temizlendikten sonra farklı bir gün tekrar aynı şekilde kömür ve diğer tutuşturucular, hassas elektronik terazi ölçümü ile, aynı miktarlarda ve eş zamanlarda üstten besleme yapılarak yakılmıştır.



Şekil 6.17 Kömür, talaş, kağıt ve tahtaların hazırlanarak tutuşturulması

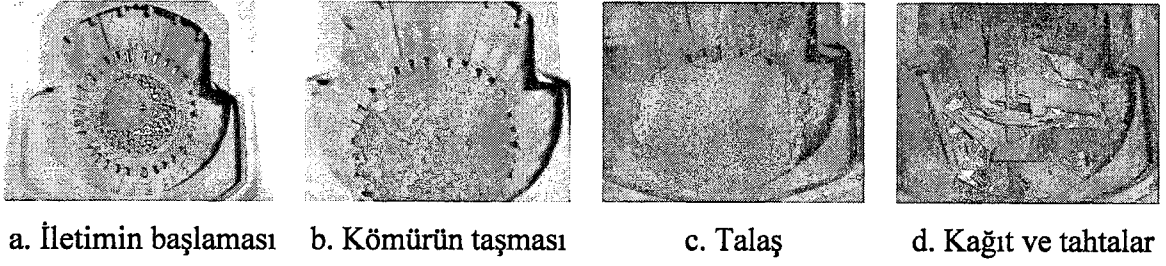


Şekil 6.18 Üstten besleme yapıldıktan hemen sonrası görünüşleri

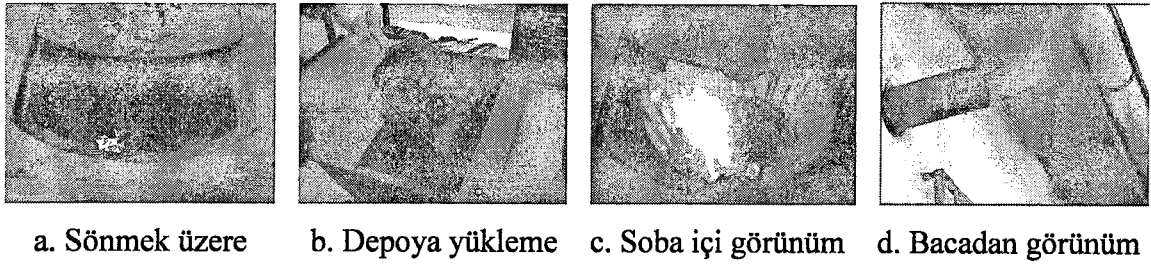
6.4.1.2 Sobanın Eklenen Sistem İle Alttan Beslemeli Yakılması

Sistemin detayları “Sistemin Parçaları ve Görevleri” kısmında anlatılmıştır. Sistem yakılmaya hazır hale getirilerek hassas elektronik terazi ile, normal üstten yakma işleminde olduğu gibi, aynı miktarlarda ve eş zamanlı beslemeler yapılmıştır. Besleme helezonla yapıldığından tartılarak depoya konan yakıtın tamamının ızgara üzerine taşmayacağı düşünülmüş ve önceden belirlenen miktar kadar fazladan kömür yüklemesi yapılmıştır.

Bu sistemle yakma işlemi farklı günlerde dört kez tekrarlanmış ve deneylerde ölçümler aynı üstten yakma işlemindeki gibi yapılmıştır.



Şekil 6.19 Kömürün helizon ile iletilmesi, talaş, kağıt ve tahtaların hazırlanması



Şekil 6.20 Alttan helizonla besleme yapıldıktan hemen sonrası görünümleri

6.4.2 Ölçülen Değerlerin Karşılaştırılması

Üstten besleme yapıldığında elde edilen değerler, farklı günlerde iki kez yapılan deneylerde ölçülen değerlerin ortalamaları alınarak belirlenmiştir. Yine aynı şekilde, alttan besleme için kullanılan değerler de, farklı günlerde dört kez yapılan deneylerde ölçülen değerlerin ortalamaları alınarak belirlenmiştir.

Yapılan çalışmada, alttan ve üstten besleme işlemleri sırasında ölçülen; ısılık dereceleri ve %10 O₂' ye göre ölçülen, CO, NO_x ve SO₂ değişimleri kendi aralarında karşılaştırılmıştır.

Ayrıca karşılaştırmaların daha sağlıklı yapılabilmesi için, soba aynı zamanda bir kazan gibi de düşünülebileceğinden, sadece katı yakıt yakmak için tasarlanmış, yanma odasında pozitif veya negatif basınç hakim olan, kazan imalatçısının talimatlarına göre çalıştırılan, ancak gücü 300 kW' a kadar olan kazanları kapsayan TS EN 303-5 Türk Standardının da göz önünde bulundurulmasında yarar vardır. Çizelge 6.1 'de TS EN 303-5 Türk Standardına göre kazanlar için emisyon sınır değerleri verilmiştir.

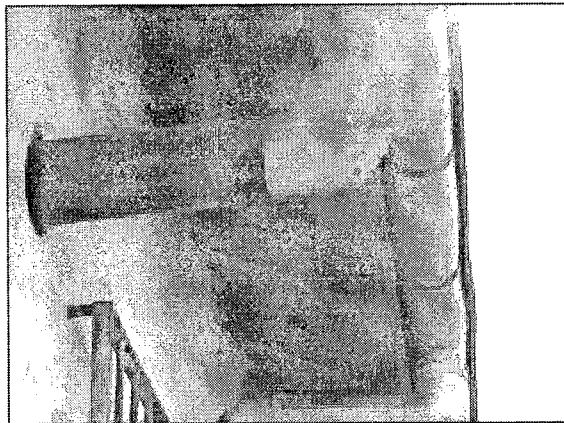
Çizelge 6.1 Kazanlar İçin Emisyon Sınır Değerleri (TS EN 303-5)

Yükleme	Yakıt	Anma ısı gücü kW	Emisyon sınır değerleri *								
			CO			OGC (Organik olarak bağlı karbon)			Toz		
			mg/m ³ , %10 O ₂ 'de								
Sınıf	Sınıf	Sınıf	Sınıf	Sınıf	Sınıf	Sınıf	Sınıf	Sınıf	Sınıf		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Elle	Odun	≤ 50	25000	8000	5000	2000	300	150	200	180	150
		> 50 - 150	12500	5000	2500	1500	200	100	200	180	150
		> 150 - 300	12500	2000	1200	1500	200	100	200	180	150
	Fosil	≤ 50	25000	8000	5000	2000	300	150	180	150	125
		> 50 - 150	12500	5000	2500	1500	200	100	180	150	125
		> 150 - 300	12500	2000	1200	1500	200	100	180	150	125
Otomatik	Odun	≤ 50	15000	5000	3000	1750	200	100	200	180	150
		> 50 - 150	12500	4500	2500	1250	150	80	200	180	150
		> 150 - 300	12500	2000	1200	1250	150	80	200	180	150
	Fosil	≤ 50	15000	5000	3000	1750	200	100	150	150	125
		> 50 - 150	12500	4500	2500	1250	150	80	180	150	125
		> 150 - 300	12500	2000	1200	1250	150	80	180	150	125

* 0 °C 1013 mbar'da kuru atık gazlara atıf yapılan.

6.4.2.1 İslilik Derecelerinin Karşılaştırılması

Baca gazının islilik derecesi, partikül madde (PM) emisyonu hakkında miktar olarak sayısal bir sonuç vermese de, PM emisyonunun seviyesi hakkında kesin bir bilgi verir.



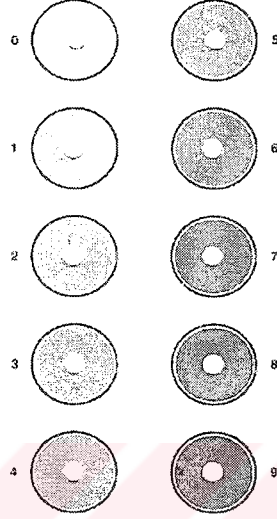
a. Üstten besleme anında çıkan duman



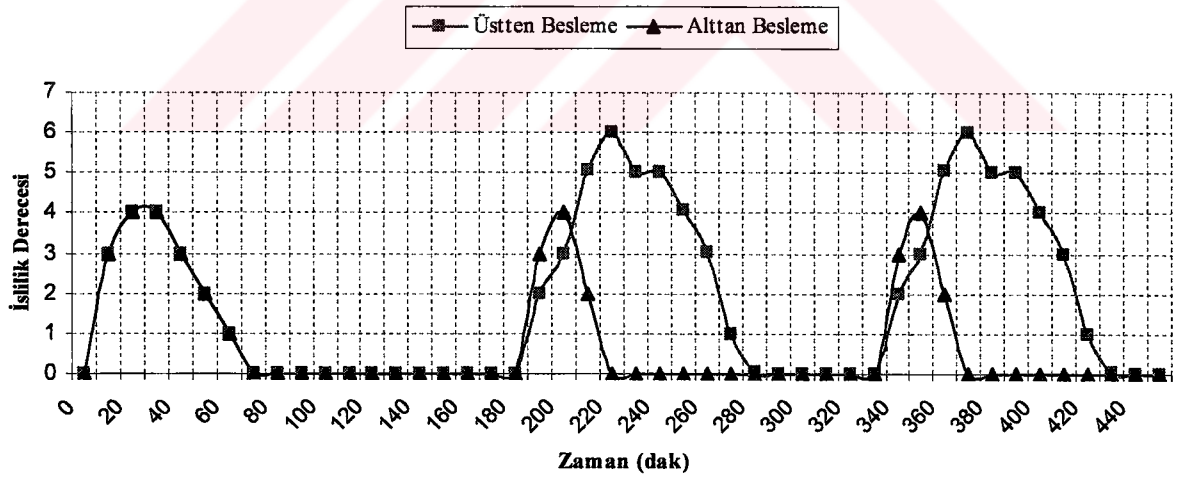
b. Alttan besleme anında çıkan duman

Şekil 6.21 Üstten ve alttan besleme anlarında çıkan duman yoğunluklarının görünüşleri

Şekil 6.21’ den de anlaşıldığı gibi, üstten besleme anında çıkan duman yoğunluğu ile alttan besleme anında çıkan duman yoğunluğu arasında önemli bir fark oluşmuş ve beslemenin alttan yapılması durumunda daha az PM emisyonunun oluştuğu gözlemlenmiştir. Şekil 6.22 ‘de islilik derecelerinin belirlendiği Ringelman skalası görülmektedir.



Şekil 6.22 İslilik derecelerinin belirlendiği Ringelman skalası



Şekil 6.23 Üstten ve alttan besleme durumunda elde edilen islilik derecelerinin değişimi

Her iki tip besleme için islilik dereceleri Şekil 6.23 'de karşılaştırılmıştır. Görüldüğü gibi, eş zamanlı yapılan deneyler sonucunda, ilk yanma esnasında islilik dereceleri bir paralellik göstermiştir. Fakat üstten beslemenin yapıldığı andan itibaren islilik, 10 dakikalık aralıklarla yapılan ölçümlere göre, sırası ile 2, 3, 5, 6, 5, 5, 4, 3, 1 ve yaklaşık 90 dakika sonra ancak 0 derecesini göstermiştir.

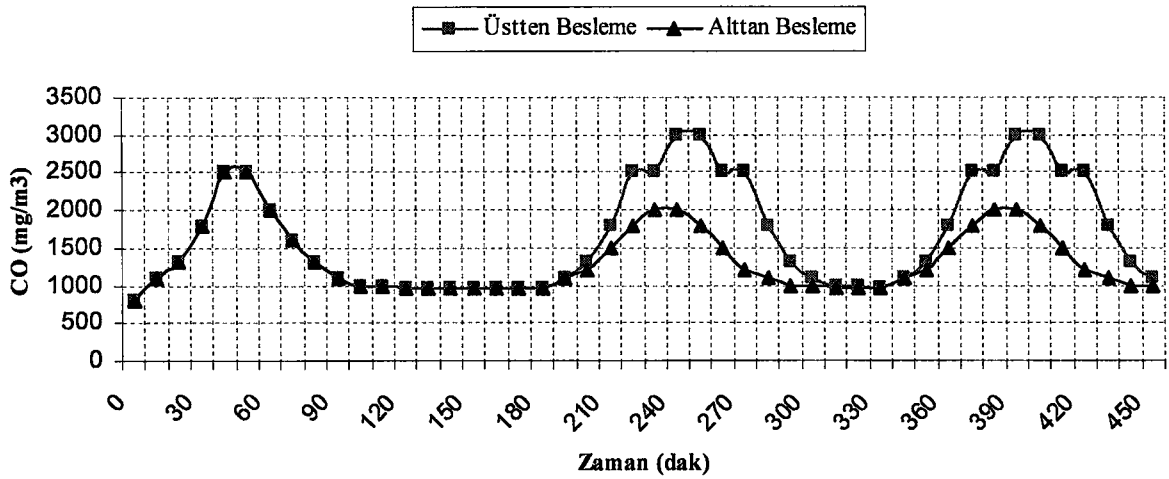
Alttan beslemede ise, yine eş zamanlı yapılan ölçümlerde, beslemenin yapılması ile beraber ısılilik, sırasıyla 3, 4, 2 ve yaklaşık 40 dakika sonra 0 derecesi elde edilmiştir. Bu sonuçlar da PM emisyonu seviyesi bakımından, alttan besleme ile yakma tekniğinin daha olumlu neticeler verdiğini ortaya koymaktadır.

En çarpıcı sonuçlardan birisi de, sayısal olarak ifade edilemese de, toplam PM miktarındaki farktır. Grafikteki dağılıma bakıldığında, alttan besleme ile çevreye yayılan toplam PM miktarı ile üstten beslemede oluşan toplam PM miktarı arasında oldukça büyük bir farkın oluşmuş olduğu görülmektedir.

İsilik derecelerinin karşılaştırılması ile, alttan beslemeli yakma sisteminin kullanılmasının PM emisyonunun azaltılması yönünde oldukça etkili olduğu kesin bir şekilde ifade edilebilir.

6.4.2.2 CO Değişiminin Karşılaştırılması

Deneylerde elde edilen karbon monoksit (CO) emisyon miktarlarının, her iki yakma tekniğinin, kendi aralarında ve TS EN 303-5 Türk Standardı ile olmak üzere iki şekilde karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 6.24 Üstten ve alttan besleme durumunda elde edilen CO değişimi

Ölçümler mg/m^3 cinsinden yapılmış ve 10 dakikalık aralıklarla eş zamanlı yapılarak ortalama değerleri Şekil 6.24 'de grafiksel olarak ifade edilmiştir.

Alttan ve üstten beslemede ilk yanma sürecinde CO emisyon miktarı değişimi paralellik göstermiş ve en yüksek 2500 mg/m³ seviyelerine kadar yükselmiştir.

Üstten beslemede en yüksek 3000 mg/m³ seviyelerine kadar çıkan CO emisyonu, alttan beslemede en yüksek 2000 mg/m³ seviyelerini göstermiştir.

Üstten beslemede ortalama 1660 mg/m³ olan CO emisyonu, alttan beslemede ortalama 1350 mg/m³ olarak hesaplanmıştır. Sonuçta alttan besleme ile CO emisyon miktarında %20 azalmanın olduğu belirlenmiştir.

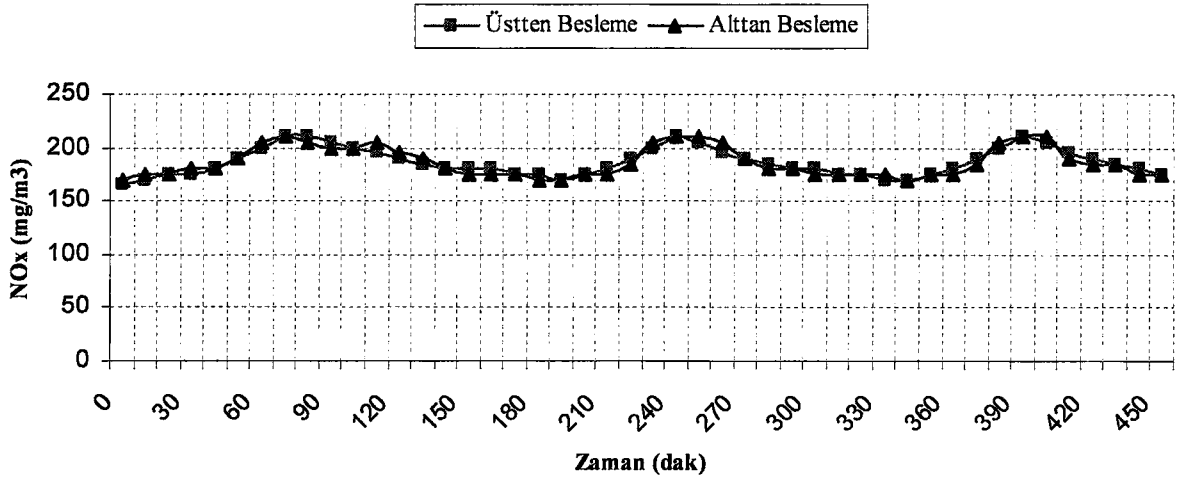
Kullanılan kömür sobası, bir kazan olarak da düşünülebileceğinden TS EN 303-5 Türk Standardı olan Çizelge 6.1 'deki "Kazanlar İçin Emisyon Sınır Değerleri" açısından da karşılaştırılabilir. Standardın numarasından anlaşıldığı gibi bu aynı zamanda Avrupa tarafından da kabul edilen sınır değerlerdir.

Kömür sobası, yüklemenin elle yapıldığı, fosil yakıtın kullanıldığı ve anma ısı gücünün 50 kW' tan düşük bir kazan olarak ele alınabilir. Bu durumda da sobanın alttan beslenmesi ile ölçülen CO emisyonlarının Sınıf 1 (25000 mg/m³), Sınıf 2 (8000 mg/m³) ve Sınıf 3 'deki (5000 mg/m³) sınır değerlerinin oldukça altında, ortalama 1350 mg/m³, değerinde kaldığı görülmektedir.

Neticede kömür sobası, bir kazan olarak düşünüldüğünde, alttan besleme ile CO emisyon miktarının TS EN 303-5 standardına uygun olduğu ve her iki yakma sisteminin kendi arasında kıyaslama yapıldığında, alttan beslemenin CO emisyonunun azaltılması yönünde etkili olduğu söylenebilir.

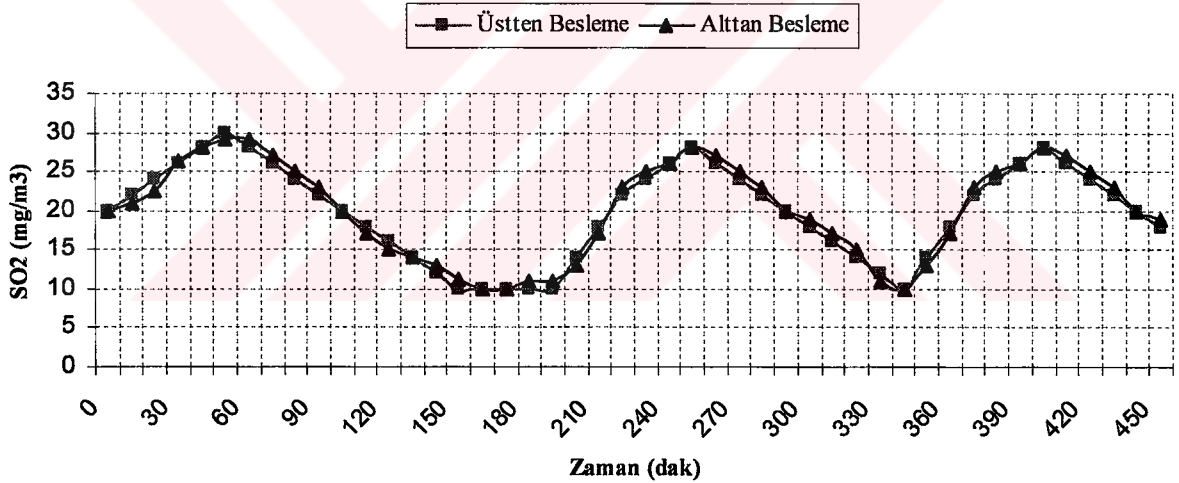
6.4.2.3 NO_x ve SO₂ Değişimlerinin Karşılaştırılması

Deneylerde islilik derecesi ve CO emisyon değişimleri ile beraber, NO_x ve SO₂ emisyon değişimleri de gözlenmiştir. Bu gözlemler, her iki yakma durumunun kendi aralarında karşılaştırmaları ile yapılmıştır.



Şekil 6.25 Üstten ve alttan besleme durumunda elde edilen NO_x değişimi

Şekil 6.25 'deki grafiğe göre, ölçülen NO_x emisyon değişimi iki yakma durumunda da oldukça paralel bir seyir izlemiş ve ortalama 180 mg/m³ değeri elde edilmiştir.



Şekil 6.26 Üstten ve alttan besleme durumunda elde edilen SO₂ değişimi

Şekil 6.26 'dan de anlaşıldığı gibi, her iki tip beslemede de aynı NO_x emisyon değişiminde olduğu gibi SO₂ emisyon değişimi de paralellik göstermiş ve ortalama 20 mg/m³ değeri ölçülmüştür.

NO_x ve SO₂ emisyon değişimleri, alttan ve üstten besleme sistemlerinde bir farklılık göstermemiştir. Dolayısıyla alttan beslemenin bu emisyonların azaltılması yönünde etkili olmadığı belirlenmiştir.

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1 SONUÇLAR

Hava kirliliği açısından, normal bir kömür sobasına eklenen sitemle oluşturulan alttan beslemeli sobayla, daha az emisyon ve kullanımının mümkün olduğu kadar kişinin inisiyatifine bırakılmaması hedeflerine ulaşılabileceği belirlenmiştir. Yakıt olarak linyit kömürün kullanıldığı deneylerle aşağıdaki sonuçlar çıkmıştır.

- a. Toplam partikül madde emisyonu büyük ölçüde azalmış ve ısıtma, üstten besleme yapıldığında 6 dereceye kadar yükselirken, alttan beslemede en yüksek 4 dereceyi göstermiştir. Toplam miktarda da alttan beslemede çok daha az PM emisyonu oluşmuştur.
- b. Karbon monoksit emisyonunda alttan besleme ile %20'lik bir azalma sağlanmıştır. Karbon monoksit miktarı üstten beslemede ortalama 1660 mg/m^3 iken alttan besleme ile bu miktar ortalama 1350 mg/m^3 değerine düşmüştür. Ayrıca soba alttan besleme ile yakıldığında ölçülen CO emisyon değerleri, TS EN 303-5 standardında belirtilen emisyon sınır değerlerinin oldukça altında kalmıştır.
- c. Üstten beslemede tespit edilen azot oksit (NO_x) ve kükürt dioksit (SO_2) miktarları ile alttan beslemede elde edilen miktarlar arasında önemli bir fark oluşmamıştır.

7.2 ÖNERİLER

- a. Deneyler sonucunda alttan besleme ile yakma işleminin, ısınmadan kaynaklanan hava kirleticilerinden olan partikül madde ve CO emisyonlarının azalması yönünde önemli bir katkısı olduğu gözlemlendiğinden kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.
- b. Katı yakıtın kullanıldığı cihazlar, cihaz işletiminin mümkün olduğuna kadar kullanıcının inisiyatifine bırakılmayacak şekilde geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- ASHRAE (1997) *ASHRAE Temel El Kitabı, Bölüm 15 Yakacaklar ve Yanma*, çev. Osman F. Genceli, Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayınlar: 2, Ankara
- Başbakanlık Çevre Müsteşarlığı** *Hava Kalitesinin Korunması Kanun*
- Borat, O., Balcı, M., Sürmen, A.** (1992) *Hava Kirlenmesi ve Kontrol Tekniği*, Teknik Eğitim Vakfı Yayınları – 3, Ankara, s.13-32.
- Çevre Bakanlığı** (2003) *Çevre El Kitabı*, Ankara, s.7-40.
- Çevre Bakanlığı** *Çevre Kanunu ve İlgili Mevzuat*
- Dağsöz, A. Kemal** (1998) *Sıcak Sulu Kalorifer Tesisatı*, Demirdöküm Teknik Yayınlar No:6, İstanbul, s.80.
- Dales, J.H.** *Çevre Sorunlarının Hukuki ve Ekonomik Temelleri*, çev. İ. Orhan Türköz, s.13.
- Demirdöküm** (1987) *Sobalar*, Demirdöküm Isı Danışma Merkezi Yayınları No: 7, İstanbul, s.2-4.
- Doğan, H.** (2002) *Havalandırma ve İklimlendirme Esasları*, Seçkin Yayıncılık, Ankara, s.94.
- Durmaz, Ali** (1998) *Kömür Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri*, Editör Orhan Kural, İstanbul, s.353-369.
- Ekinci, E.** (1993) *Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü*, Bölüm 3, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Gebze-Kocaeli, s.49-54.
- Ertürk, F.** (1993) *Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü*, Bölüm 3, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Gebze-Kocaeli, s.26-30.
- Eskikaya, Ş.** (1997) *21'inci Yüzyılın Enerjisi Kömür*, GEMAD Yayınları No: 1, Ankara
- Görmez, K.** (2003) *Çevre Sorunları ve Türkiye*, Gazi Kitapevi, Ankara, s.12-57.
- Kadı, İ.** (1999) *Karabük Hava Kirliliği Araştırması 1998 Raporu*, Karabük, s.4-5.
- Karatepe, N., Yavuz, R., Merçboyu, A.E., Öztürk, M.** (1998) *Kömür Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri*, Editör Orhan Kural, İstanbul, s.632-633.
- Karayiğit, Ali İ., Köksoy M.** (1998) *Kömür Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri*, Editör Orhan Kural, İstanbul, s.60-67.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Meriçboyu, A.E., Beker, Ü.G., Küçükbayrak, S.** (1998) *Kömür Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri*, Editör Orhan Kural, İstanbul, s.573.
- Okutan, H.** (1993) *Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü*, Bölüm 1, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Gebze-Kocaeli, s.1-14.
- Öz, E.S. ve Uyarel, A.** (1987) *Güneş Enerjisi ve Uygulamaları*, Emel Matbaacılık, Ankara, s.43.
- Özkol, N.** (1999) *Uygulamalı Soğutma Tekniği*, Makine Mühendislerin Odası Yayını No:115, Ankara, s.2.
- Sağlık Bakanlığı, Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı** *Hava Kirliliğine Genel Bakış*, <http://www.rshm.saglik.gov.tr/hki/hki.htm>
- Şişli, M.N.** (1999) *Çevre Bilim Ekoloji*, Gazi Kitapevi, Ankara, s.11.
- Telli, Z.K.** (1998) *Yakıtlar ve Yanma*, Palme Yayıncılık, Ankara, s.1-54.
- TMMOB** (1999) *Baca Gazı Emisyon Ölçümü Mühendis El Kitabı*, Yayın No: 233, Ankara, s.25.
- TS 4900 EN 13240** (Revizyon) *Türk Standardı*, Sobalar – Katı Yakıt Yakan – Özellikler ve Deney Metotları, Ankara, s.6.
- TS EN 303-5** (Nisan 2001) *Türk Standardı*, Kazanlar – Bölüm 5: Katı Yakıtlı Kazanlar – Elle ve Otomatik Yükleme, Anma Isı Gücü 300 kW ‘a Kadar – Terim ve Tarifler, Özellikler, Deneyler ve İşaretleme, Ankara, s.22.

ÖZGEÇMİŞ

Engin ÖZBAŞ 1976'da Turhal'da doğdu; ilk öğrenimini Afyon Şeker İlköğretim Okulu'nda, orta öğrenimini ise Afyon Lise'sinde tamamladı.

Afyon Lisesi'nden mezun olduktan sonra 1997 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü'ne girdi; 2001'de Tesisat Öğretmenliği programından mezun oldu.

2002 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda başladığı yüksek lisans programına devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: 100. Yıl Mah. 3. Cad.
Özge Sitesi No: A/1

KARABÜK

Tel: (370) 433 6036