

Kömür Kullanımı ve İlgili Çevre Kirlenmesi

Coal use and Related Environmental Pollution

Sami DEMIRBILEK (*)

ÖZET

Dünyada, son yıllarda artan enerji ihtiyacı ve petrol piyasasındaki belirsizlikler kömürün enerji üretiminde kullanımını arttırmıştır. Termik santrallerin verimliliğini arttırmak ve kömür kullanımını daha çekici hale getirmek için birçok araştırma yapılmasına karşın kömürün yanmasının karmaşıklığı nedeniyle santral kazanlarında halen birçok problemin olması ve yarattığı çevre sorunları kömür kullanımının yaygınlaştırılmasında darboğazlar oluşturmaktadır. Bu yazı kömür yakma yöntemlerini, üretilen çevre kirlenme elemanları ve çevre şartlarının yönetmeliklerce konan standartlar dahilinde tutulabilmesi için kullanılan kontrol yöntemlerini özetler.

ABSTRACT

In the last two decades, the increasing demand for energy and uncertainty in the oil market caused the growing use of coal in utility boilers for power generation. Although a number of research have been conducted to increase the efficiency and performance of coal fired units and to make coal use relatively attractive, the area still requires research due to the complexity of coal combustion and environmental implications of coal use. This paper summarizes the coal firing techniques, resulted pollutants and pollution control methods employed in order to satisfy the regulatory standards for better environment.

(*) Dr.,TKİ-OAL İşletmesi, Çayırhan-Nalhan/ANKARA.

1. GİRİŞ

1960'lardan sonra gerek kitleler ve gerekse devletler ve endüstriyel kuruluşlarda çevre kirlenmesi, bunun doğa üzerindeki etkileri ve doğal dengenin korunması konusunda çalışmalar yoğunlaşmıştır.

Çevre kirlenmesi, doğanın kendi içerisinde sürüp giden olaylar yanında endüstriyel ve ticari etkinliklerin durumuna da bağlıdır. Herhangibir bölgede bunların hangisinin çevre kalitesi üzerinde daha etkili olduğunu tahmin etmek, endüstriyel ve ticari etkinliklerin çevre üzerinde etkisi var ise bunun esas olarak kömür hammadde girdili enerji üretiminden mi yoksa diğer endüstriyel etkinliklerden mi oluştuğunu mevcut bilgiler ışığında kesin olarak söylemek zordur. Dolayısıyla, kömür ve petrol kullanımının çevre üzerindeki etkisi karmaşık bir olaydır.

Kömür kullanımında çevreyi etkileyen faktörler gürültü, toz SO_2 , NO_x ve diğer gaz ürünlerle birlikte artıkların atılması problemidir. Son yıllarda SO_2 ve NO 'in uzun mesafe taşınması ve CO_2 'y^e bağlı iklim değişimi olasılığı konuları da ilgi toplamaktadır. Kömür kullanımının çevre üzerindeki etkisinin incelenmesi, insan sağlığına, tarım ürünlerine, yapılar ve malzemeye, ormanlar ve doğal dengeye olan etkileri dolayısıyla, yerel, bölgesel ve ulusal çerçevede olmak üzere yürütülmektedir. Geçen on yıl içinde çevre kirliliğine artan ilgi nedeniyle değişik çevre politikaları saptanmış ve bunlar teknolojik bilgilerin ve pratik sonuçların ışığında gözden geçirilerek geliştirilmekte ve kömür kullanımında yeni yatırımların doğmasına neden olmaktadır. Fakat değişik ülkeler ve projeler için bu yaptırımlar ülke genel politikası ve yerel politikaların bir fonksiyonu olarak gelişen çevre yönetmeliklerine göre değişmektedir.

Kömür ilgili çevre sorunlarını tartışmadan önce kömür ve kullanım yöntemlerinin mevcut durumuna ve bu sahalardaki problemlere göz atmakta yarar vardır. Böylece özellikleri ve kontrolü hakkında daha sağlam fikirler yürütülebilir.

2. KÖMÜR

Genel olarak kömür, hemen hemen bütün v<i>mentleri ilgilendiren mineral kısmı ve çok sayıda organik materyali içeren organik kısmı ile bir organik kayaç olarak tanımlanır. Kömür, günümüz turbalıklarına benzer bataklik kökenlidir ve bataklik şartlarının değişmesine bağlı olarak buralarda

biriken organik maddelerin "Kömürleşme" olarak tanımlanan olay sonucu değişime uğramasıyla oluşmuştur. Kömürleşmenin birinci evresi, organik materyalin biyo-kimyasal bozunmasıdır ve ortamın bakterilerin yaşamasına elverişsiz derecede asidik oluşuna kadar sürer. İkinci evre metamorfizmanın özellikleri, zamana bağlı olarak basınç ve sıcaklığın değişmesidir, kömürün kalitesi uğradığı metamorfizma ile doğru orantılı olarak değişir ve linyitten antrasite doğru oksijen ve hidrojen içeriğinin azalması, karbon içeriğinin ve alt ısı değerinin yükselmesi olarak gözlenir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Kömürün Kimyasal Bileşiminin Değişimi

Malzeme	Kütlesel yüzde (dmmf)		
	Karbon %	Hidrojen %	Oksijen %
Ağaç (Selüloz)	44	6	50
Turba	59	6	35
Linyit	71	5	24
Subbitümlü Kömürler	74	5	21
Bitümlü Kömürler	84	5	11
Antrasit	94	3	3
Grafit	100	-	-

2.1. Kömürün Kimyasal Yapısı

Kömürün kimyasal yapısı konusunda çok geniş araştırmalar yapılmış olup son yıllarda kömür kullanımını daha cazip hale getirmek için var olan sınırları çözecek araştırmalar yapılmaktadır. Araştırmalarda en büyük özellik homojen yapıda numunelerle çalışmaktır ve günümüzde sorulan soru homojen numunenin varlığı konusudur. Hatta, alınan numuneler ne kadar iyi seçilirse seçilsin farklılık göstermesi ve kömürün turbadan antrasite doğru gelişiminde ana kimyasal özelliklerinin değişiklik göstermesi "Kömürün kimyasal yapısı var mıdır" sorusunu ortaya koymaktadır.

Fakat kuramlar sonucu varılan nokta, kömürün temel yapısının üç boyutlu polimerik sisteme benzer, molekül ağırlığı 400 civarında olan ana parçaların oluşturduğu bir sistem ve bu sistemin boşluklarında düşük moleküler ağırlıklı materyalin bulunduğu şeklindedir. Kömürün kimyasal yapısı, sıvılaştırma ve pyrolysis davranışları için önemli, gaz-

laştırma ve yanma olaylarının incelenmesinde önemsizdir.

3. KÖMÜRÜN YANMASI

Kömürün yanma mekanizması kimyasal olarak çok karmaşık bir olaydır. Ortam şartlarına bağlı olarak karmaşıklık daha da artar (Elliot, 1981 bölüm 19,20). Basit olarak kömürün ve katı yakıtların yanmasını sağlamak için, oksitleyici ortamın (hava) yakıtla tam temas etmesi gereklidir. Bütün yakıtın oksitlendiği böyle bir ortamı bütün elementler oksitlenmiş olarak CO_2 , H_2O , NO_x , SO_2 ve SO_3 halinde terkederler.

Kömürün enerji üretim amaçlı yakılmasında genel olarak üç sistem kullanılmaktadır. Bunlar kömürün sabit yatakta yakılması, kömürün askıda yakılması ve kömürün akışkan yatakta yakılmasıdır.

3.1. Sabit Yatakta Yakma

Kömür sabit ya da hareketli bir ızgaranın üzerindedir ve hava düşük hızda aşağıdan yukarıya doğru kömürün içinden hareket eder. Kül ızgara altından alınır. Günümüzde bu sistemlerle ilgili birçok problem çözülmüştür ancak, hâlâ araştırma isteyen noktalar yanma randımanının artırılması, yakma hızı, kül toplanma ve kül aşındırmalarının önlen-

mesi noktalarıdır. 35 MW'dan büyük ünitelerde kullanılmaz.

3.2. Askıda Yakma

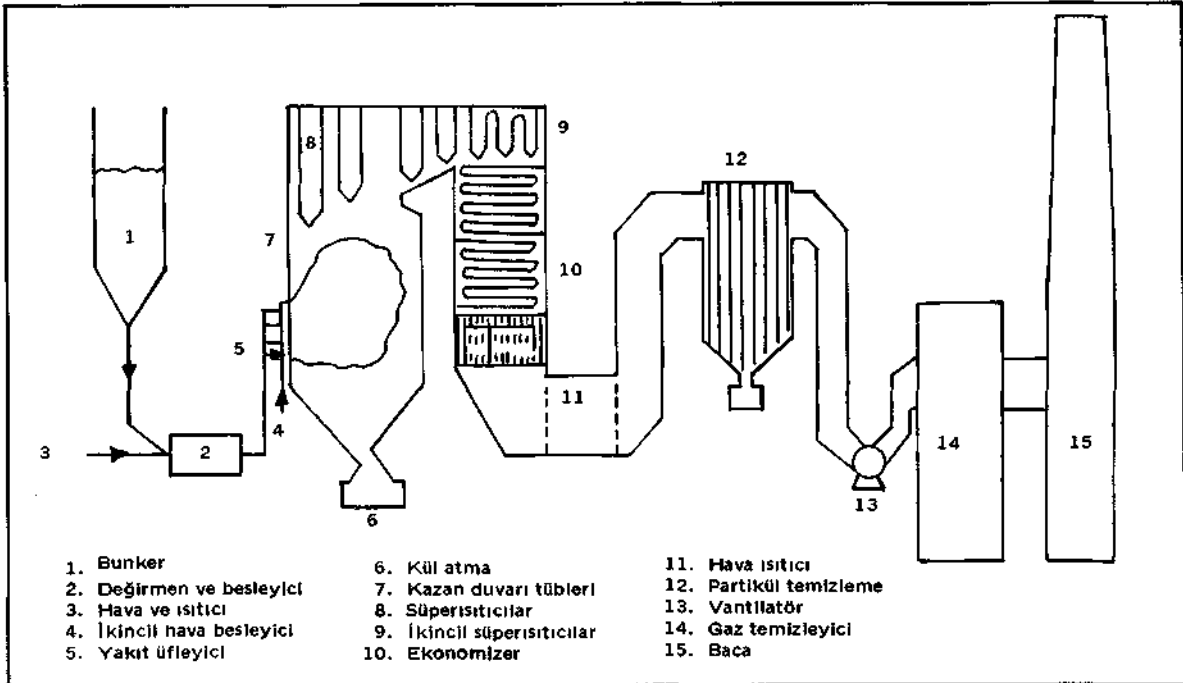
(Pulverize Kömür Yakma)

Hemen hemen bütün termik santraller pulverize kömür kullanarak buhar üretimi için askıda yakma sistemine dayalı kazanlar kullanmaktadır (Edgar, 1983 bölüm 9). Sistemin prensibi, kömürün 74 mikron altına öğütülüp hava ile kazana taşınması ve sıcak zonda asılı halde yanmasıdır.

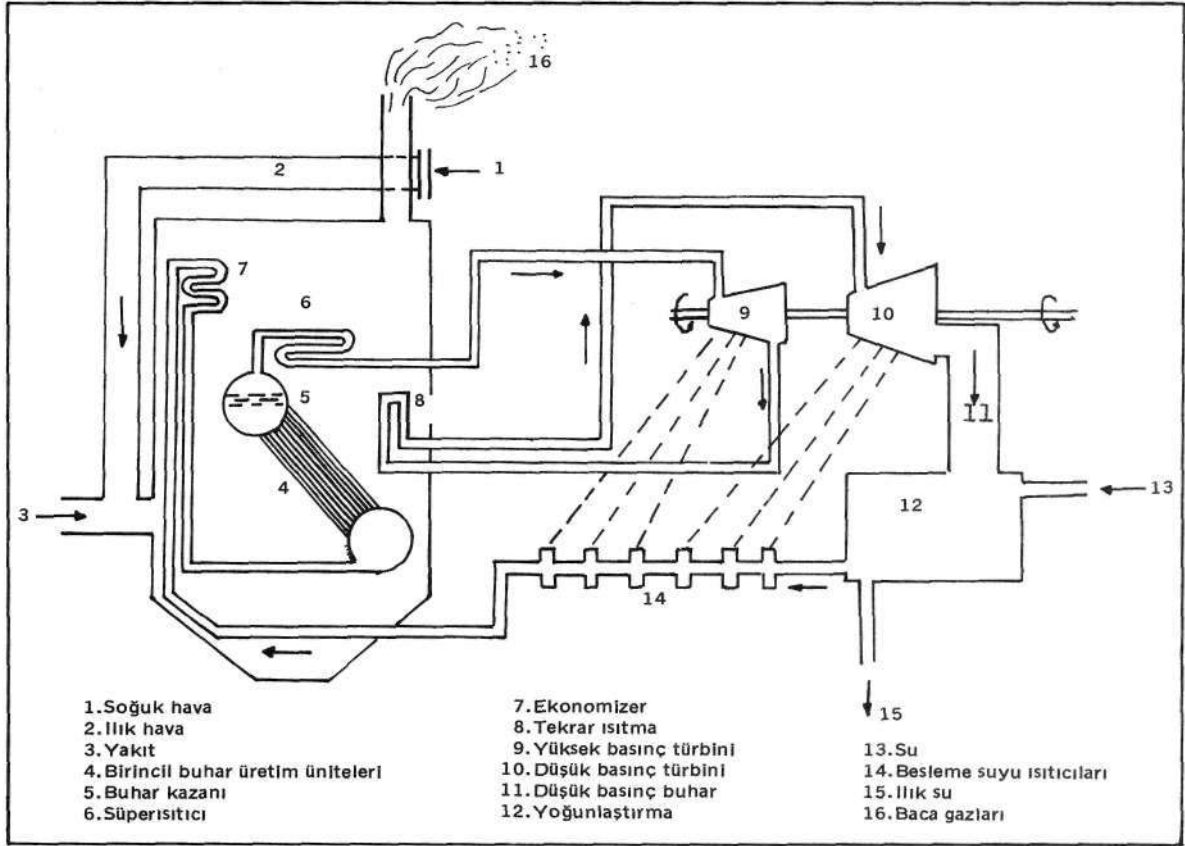
Kazanın uygun dizaynı dolayısıyla kömür karakteristiklerinden fazla etkilenmeyişi, yüksek ısı açığa çıkarma, tam yanma ve düşük duman emisyonu özellikleri sistemin kullanımını cazip hale getirmiştir.

Şekil VGe görüldüğü gibi pulverize kömür yakma üzerine dizayn edilmiş modern bir termik santralde kömür kırma ve öğütme işlemleri sırasında kurutulur.

Pulverize kömür kazanın merkezinde yanar ve oluşan ısı ($2700^\circ F$) süper ısıtıcılara hizmet eder, sıcak gazlar kazanın daha ileri safhasında yerleştirilmiş olan buhar tüpleri arasından geçer ve bunları ısıtır. Gazlar daha sonra kazana beslenen su ve ha-



Şekil 1. Bir termik santralin ana özellikleri



Şekil 2. Buhar Üretim Sistemi.

vayı ön ısıtmada kullanılır. Gazlar en sonunda kül tutuculardan ve bazı ünitelerde sıcak gaz kükürt-süzleştirme işleminden sonra atmosfere verilir.

Buhar üretim sistemi (Şekil 2) yakma işlemine paralel olarak yürür. Yanmadan dolayı açığa çıkan ısı birincil buhar üretimi ünitelerinde buhar oluşmasını sağlar. Buhar kazanında toplanan buhar, süper ısıtıcılara gönderilir ve önceki sıcaklığının çok üstüne çıkarılarak yüksek basınç türbinine oradan tekrar ısıtmaya ve düşük basınç türbinine daha sonra yoğunlaştırıcılara gider. Yoğunlaştırılmış su, basıncı yükseltilerek buhar üretimi için önce ekonomizer'a oradan kazan içi su tankına ve birincil ısıtma ünitelerine beslenir.

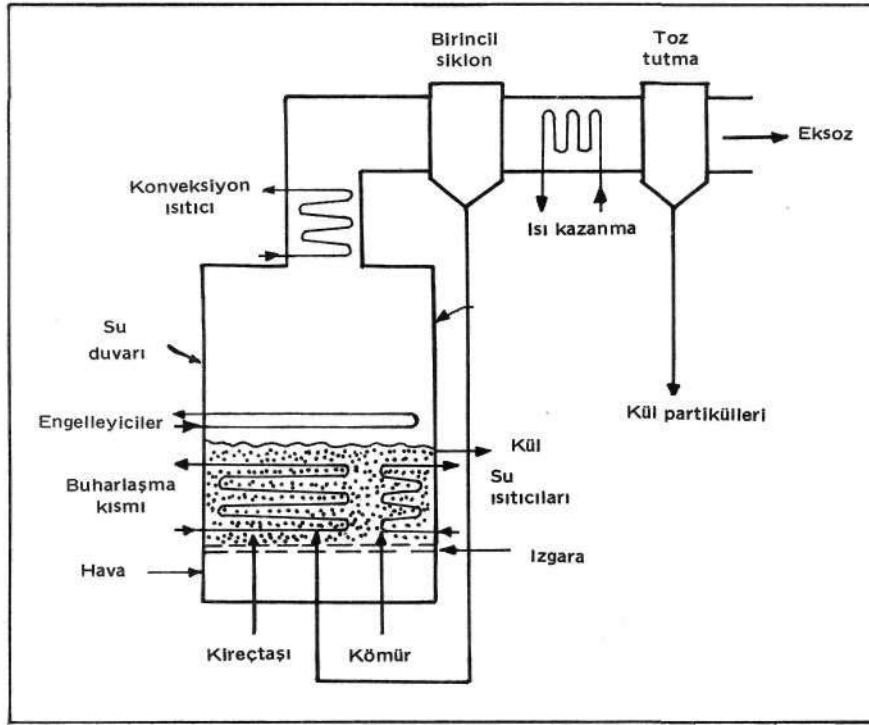
3.2.1. Pulverize Kömür Yakma Dizayn Özellikleri

Sistem dizaynı ve operasyonu zaman, sıcaklık ve türbülans prensiplerine dayanır. Yüksek sıcaklık yanma zamanını kısaltmış ancak, kazan yapısına zararlı olması ve NO_x gazlarının oluşması olasılığı ile sınırlandırılmıştır. Yüksek sıcaklık ve düşük ok-

sijen seviyeleri de külün erimesine ve kazan içi sıvanmalara neden olmaktadır. Türbülans, yüksek reaksiyon hızlarının ve kömürün kazanı terketmeden tam kullanımının sağlanması için önemlidir ve hava/yakıt üfleyici uçlarında taşınma hızları 60-80 ft/sn arasındadır. Kömürün ve havanın kazan içinde kaldığı zaman yanma kapasitesini, kazan boyutlarını, maliyeti ve atılan küller içindeki karbon oranını etkiler. Genelde % 99,5 yanma randımanı sağlamak için kazanda kalış zamanı 2 saniye civarında olmalı ve bunu sağlamak içinde en üst seviyedeki üfleyici ile kazan çıkışı arası uzaklığı 45-60 feet olmalıdır. Bu uzaklık kazan çıkış noktasında sıcaklığın külün ergime sıcaklığı altında olmasını sağlar.

Sistemin dizaynı sırasında önemli olan diğer parametreler alev stabilitesinin sağlanması için yakıt/hava oranının seçilmesi, net ısı açığa çıkma hızı, gazların hızı, korozyon, ısı transferinin gerçekleştiği ünitelerin yeri ve miktarı ve yardımcı ünitelerin yerleşimidir.

Kazan şekilleri kullanılan üfleyici sistemlerine ve kül alma şekline göre değişebilir.



Şekil 3. Akışkan Yatak.

3.3. Akışkan Yatakta Yakma (FBC)

Şekil 3'de görülen bir akışkan yataklı kazanda, yatak kömür, kül, kireçtaşı ve kumdan oluşmuştur. Ve kömür konsantrasyonu oldukça düşüktür. Askıda yakma sistemine nazaran düşük sıcaklıklarda (1400-1700°F) çalışır. Nedeni de ortaya çıkan ısının % 60'ının yatak içindeki tüplere transferi dolayısıyla yüksek gaz sıcaklığının gerek olmamasıdır. Yatakta açığa çıkan ısının % 35'i sıcak gazların su ısıtıcı ünitelerde kullanılmasından sonra % 5'i gazlarla atmosfere taşınır.

Sistemin avantajları;

- Gerekli yüzeyin azalmasına karşın yüksek ısı transferi,
- Düşük kömür hazırlama maliyeti,
- Yüksek ya da değişken kül içerikli kömürlerin kullanılabilmesi,
- Küçük kazan boyutlarıyla yüksek ısı üretim hızı,
- Düşük sıcaklıktan dolayı azaltılmış korozyon, erozyon ve sıvanma,
- NO gazlarının üretiminde azalma,
- Temizlenmiş baca gazlarının gaz türbininden geçirilme olasılığıdır.

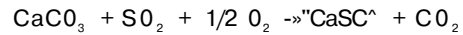
Ancak, akışkan yatak prensipli üniteler her zaman dizayn hedeflerinin altında çalışırlar.

Bunun nedenleri;

- Yükselen yakıt parçalarının yanmasına yetmeyen serbest yükseklik,
- Yüksek orandaki küçük parçacıkların yanmadan taşınması,
- Eksik yanmaya sebep olan zayıf türbülans ve yetersiz yatak yüksekliği.

3.3.1. Akışkan Yatakta Yakma Dizayn özellikleri

Bu sistemde yakılan yakıt miktarı nedeniyle kapasite, kazana beslenen havaya doğrudan bağlıdır. Verilen hava yakıtı hareketlendirmen fakat yataktan uzaklaştırmamalıdır. Küçük kömür, kül ve kireçtaşı parçacıkları gazlarla taşınmamalıdır. Sıcaklık çok iyi ayarlanmalıdır. 1400°F'in altında ise SO₂ gazlarını tutmak için kullanılan kireçtaşı etkisiz kalır ve



reaksiyonu yavaşlar, kömür hızlı yanmaz ve ısı transferi yok olur. 1800-2000°F sıcaklıkta ise yukardaki reaksiyon tersine döner.

4. ÇEVRE KİRLENMESİ

Kömürün kullanımı sonucu atmosfere katılan kirletici elemanlar, ince toz, kükürt oksitler, azot oksitler, karbon dioksit, hidrokarbonlar ve aldehitler olarak özetlenebilir (Edgar, 1983 bölüm 10). Bu elemanların doğa dengesini ve çevreyi etkilemesi ise asit yağmuru ve atmosferdeki CO₂ artışı gibi iki noktada önem kazanmaktadır.

Asit yağmuru, pH 5,6'dan az olan yağmur olarak tanımlanmakta ve buna neden olarak da SO₂ ve NO_x gazlarının H₂SO₄ ve HNO₃ oluşturması gösterilmektedir. Her ne kadar bu gazların sülfat ve nitrat transformasyonu kesinlikle açıklanmamış olsa da bir takım açıklamalar mevcuttur.

SO₂ in SO₄'e dönüşmesi iki tür reaksiyonla olur.

a) NO ve gündüz saatlerinde hidrokarbonların foto-oksidasyonu sonucu oluşan kuvvetli oksitleyici radikallerle gaz-fazı çarpışması sonucu SO₂'nin homojen oksidasyonu,

b) SO₂'nin

- i) Su damlacıkları içinde transition metalleri tarafından katalitik oksidasyonu,
- ii) Sıvı fazında ozon gibi kuvvetli oksitleyiciler tarafından oksitlenmesi,
- iii) Katı (bilhassa elemental karbon) parçalarıyla çarpışmasında, sülfür dioksitin yüzey katalitik oksitlenmesi.

NO 'in HNO₃ (nitrik asit) dönüşümü de çok karmaşıktır ve ozonun varlığında birbirini takip eden çeşitli safhalardan sonra NO NO₃'e dönüşür.

Sülfat ve nitrat parçacıkları üzerinde yoğunlaşan su buharı zamanla su damlacıklarını oluşturur. Damlacık içinde eriyen sülfat ve nitratlar kimyasal değişime maruz kalır ve damlaların yağmur olarak yeryüzüne ulaşmasıyla asit yağmuru gerçekleşir. Azot gazlarının zehirli olması, diğer kirleticiler ile foto-kimyasal reaksiyonlara girerek oluşturduğu bileşiklerin insan sağlığı ve doğayı olumsuz yönde etkilemesi diğer bir çevre problemidir.

CO₂ güneşten gelen kısa dalga ışınların dünyaya ulaşmasını engellemez fakat yeryüzünden yansıtılan kızılötesi ışınları absorbe ederek yeryüzüne yeniden yansıtırlar. Böylece CO₂ artışı kızılötesi ışınların daha çoğunun geri dönmesi ve dünyanın ısınması demektir. CO₂ emisyonu böyle devam ederse önümüzdeki yüzyıl içinde dünyadaki CO₂ miktarı ikiye katlanacak ve sonuçta yüzey sıcaklığında

3° + 15°C artış kutuplara daha yakın olmak üzere gerçekleşecektir (OECD, 1983).

Ek olarak kömür kullanımının diğer etkileri özetlenecek olursa;

Küçük parçacıkların atmosfere beslenmesinden oluşan bulutların çoğalması dünya atmosferinin yansıtma özelliğini arttıracak bu da uzun dönemde soğumaya neden olacaktır.

5. ÇEVRE KONTROLÜ

5.1. Partikül Kontrolü

Kömür yakma sonucu sıcak gazlarla birlikte atmosfere karışan partiküllerin miktarını azaltmak için aşağıdaki metotlar kullanılmaktadır.

- a) Siklonlar
- b) Elektrostatik Çöktürücüler (ESP)
- c) Filtreler (Baghouse)
- d) Yağ temizleme

5.1.1. Siklonlar

Kirli gazlar siklona teğet olarak girer ve siklon gövdesi içinde bir vorteks oluşur. Parçacıklar siklonun çeperlerine doğru itilir ve graviteden dolayı yüzey üzerinde toz çıkış noktasına doğru yol alırlar. Temiz gaz siklonun merkezinde tepeden çıkar. Partikül boyutlarının büyükçe olduğu akışkan yataklarda rahatça kullanılabilir.

5.1.2. Elektrostatik Çöktürücüler

Parçacıklar zıt yüklere sahip elektrodlar ve plakalar arasından geçerken yüklenir ve plakalar üzerinde toplanır. Daha sonra plakalar silkilerek tozlar alınır. ESP randımanını külün elektrik direnci büyük ölçüde etkiler ve yüksek dirençli külü çöktürmek zordur. Yüksek kalsiyum içerikli kömür küllerini çöktürmek, yüksek kükürt içerikli kömürlerin küllerini çöktürmekten zordur.

Gazlar içindeki SO₃ konsantrasyonu ESP randımanını yönünden çok önemli bir faktördür. SO₃ su molekülleriyle birlikte kül parçacıkları yüzeyinde adsorbe edilir ve iletken bir film oluşturarak külün direncini düşürür dolayısıyla çöktürmeyi kolaylaştırır.

Kül direnci 700°F'ın üzerindeki ve 200°F'ın altındaki sıcaklıklarda büyük azalma gösterir. Yüksek

dirence sahip külleri çöktürmede bu özellikten faydalanılarak normalde 300-340°F sıcaklıkta çalışan ESP'nin çalışma sıcaklığında değişiklik yapılabilir ancak bu da bazı problemleri örneğin korozyonu beraberinde getirir.

5.1.3. Filtreler

Bunlar genellikle küçük kapasiteli elektrik santallerinde kullanılmakta ya da kullanılması düşünülmektedir. Partikülleri taşıyan gazlar filtre içine gönderilmekte ve tozlar filtrede tutularak gazlardan alınmaktadır. Nem ve yanmadan gelen kömür partikülleri problem yaratır. Filtrelerin değişimi de ek bir problemdir.

5.1.4. Yaş Temizleyiciler

Bunların toz tutulmasında kullanımını çekici yapan tarafı SO_2 'nin temizlenmesini de aynı zamanda yapabilme imkanlarıdır. İkinci olarak performansları kül kompozisyonuna bağlı değildir. Dezavantajları ise;

- Küçük partiküllerin tutulması için yüksek enerji gereksinimi,
- Su gereksinimi dolayısıyla ek maliyet,
- Aşınmalar ve mekanik arızalar,
- Soğumuş gazlardan dolayı çevrede sislenme,
- Bunu önlemek için baca gazlarının yeniden ısıtılması ihtiyacı.

5.2. Kükürt Gazlarının Kontrolü

Bir termik santral baca gazının içeriği genellikle N_2 , SO_2 , (500-5000 pp) CO_2 (9610-15), O_2 (963-10), ve H_2O (%5-11)'dur. Hava kirliliği yönünden bu gazların atmosfere katılışı %80-99 oranında önlenmelidir. Kükürt oksitlerin gazlardan temizlenmesi için günümüzde yaygın olan yöntemlerin prensibi SO_2 gazının uygun ortamda başka maddelerle reaksiyona sokularak $CaSO_3$ ya da $CaSO_4$ üretimini sağlamaktır,

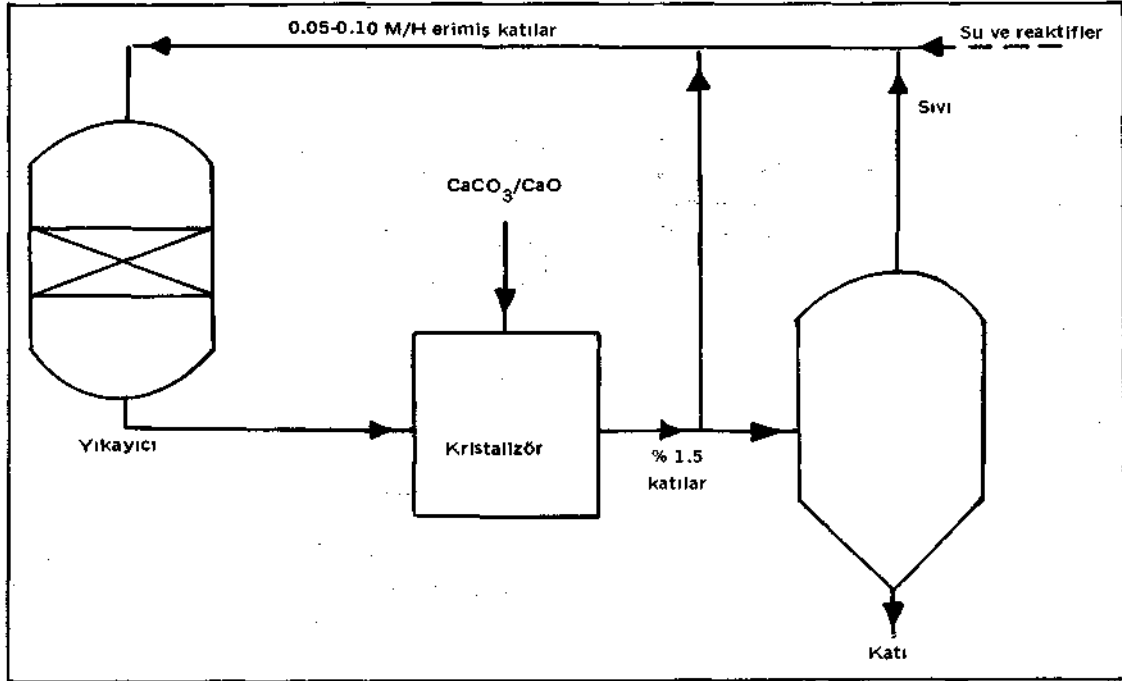
5.2.1. Yaş Temizleme

Şekil 4'de görülen yaş sistem en çok kullanılan SO_2 temizleme sistemidir ve 50-60°C sıcaklıkta atmosferik basınçta çalışır.

Bünyesinde reaktif içeren su gazlarla karıştırılacağı tanka basılır. Karışım buradan kireçtaşı ya da kireç beslenen kristalleştiriciye geçer ve burada $CaSO_3$ ve $CaSO_4$ oluşur. Kristalleştiriciden filtrelere alınan miktarda toplam katı parçacıklarının sadece % 10-15'i vardır. Sistemin en büyük sorunu kristalleştiricide yeterli kalma zamanının ve $CaS > 4$ konsantrasyonunun ayarlanması ve dolayısıyla karıştırıcı tank içinde $CaSO_3$ ve $CaSO_4$ 'ün istenmeyen oranlarda bulunmasını önlemektir.

5.2.2. Eriyik Temizlemesi

Sistem yaş temizlemenin bazı problemlerini



Şekil 4. Kükürt gazlarının yaş temizleme yoluyla kontrolü.

yok etmiştir. Prensi olarak, SO_2 nin sodyum sülfid eriyiği içinde absorbe edilmesi, üretilen sodyum bisülfidin tekrar CaO ile reaksiyona sokularak $CaSO_3$ üretilerek toplanır. Sistemin geliştirilmesi devam etmektedir.

5.2.3. Kuru Temizleme

Bu sistemde gazlar içine Na_2CO_3 eriyiği püskürtülür. Kuruma esnasında SO_2 absorbe edilir ve kuru partiküller filtre ya da ESP yardımıyla alınır. Düşük kükürt içeriği olan kömürlerin yakıldığı ve toz tutulmasında filtrelerin kullanıldığı ünitelerde sistem çekici olabilir.

5.3. Azot Gazları Kontrolü

Azot gazlarının kontrolünü sağlamak için geliştirilen yöntemler (yağ temizleme hariç) gazların oluşumuna dayanır. NO gazları iki kimyasal yolla oluşur. Birincisi, yüksek sıcaklıklarda atmosferik nitrojenin termal bağlanması sonucu NO oluşumu, ikincisi ise kömürün kimyasal yapısında bulunan nitrojenin oksitlenmesi sonucu NO oluşumdur. Yanma sırasında kömür yapısında bulunan nitrojenin geçtiği evreler şöyledir:

- Nitrojen, kömürün termal dekompozisyonu sırasında açığa çıkan gazlar ve kalan tar arasında paylaşılır.
- Gaz halindeki nitrojen elemanları oksijenin varlığı durumunda NO_x ya da N_2 'ye dönüşürler.
- Tar içindeki N_2 'nin NO 'e dönüşümü (düşük olmasına karşın olasıdır).

Bunları gözönünde bulundurarak tar içindeki Nitrojenin NO dönüşmediğini ve açığa çıkan gazlar içindeki nitrojen elemanlarının maksimum olduğunu varsayarsak, ortamda fazla hava varsa NO oluşumunun maksimum olacağı açıktır. Buradan NO kontrolünün iki şekilde yapılabileceği ortaya çıkmaktadır. Birincisi, zaman ve sıcaklık ayarlamasıyla gaz haldeki nitrojen çıkışını azaltmak, ikincisi, hemen hemen bütün nitrojeni gaz haline getirmek ve N_2 üretimi için şartları optimize etmektir. Yani baca gazlarında NO temizlemesi yapmaktır.

5.3.1. Yanma Ayarlamaları

NO üretimini azaltmak için yakıt/hava karışımının özelliklerinden faydalanmayı amaçlayan yöntemlerdir. Karışımın derecesine göre kömürler içeriklerindeki nitrojenin indirgenmesinde değişik-

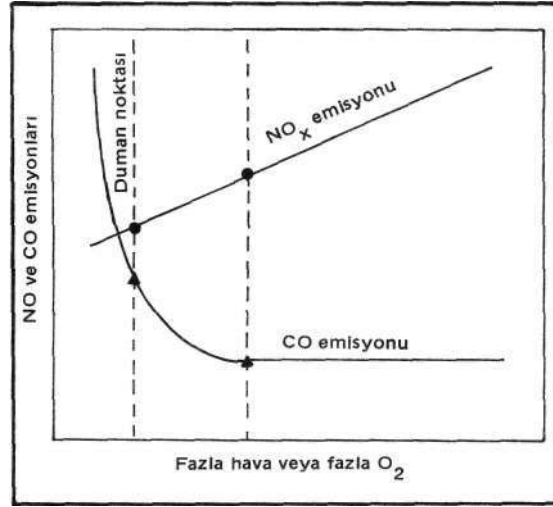
lik gösterirler ve karışımdaki hava miktarı azaldıkça NO emisyonu da azalır. Yanma ayarlamaları dört şekilde yapılabilir.

5.3.1.1. Yük Azaltması

Kazana beslenen kömür yükünün azaltılması birim hacim ve birim yüzey alanı başına ısı açığa çıkışını azaltır ve bu da düşük alev sıcaklığına neden olarak termal NO_x oluşmasını ve yakıt kökenli nitrojen oksitlenmesini azaltır.

5.3.1.2. Düşük Hava Şartları

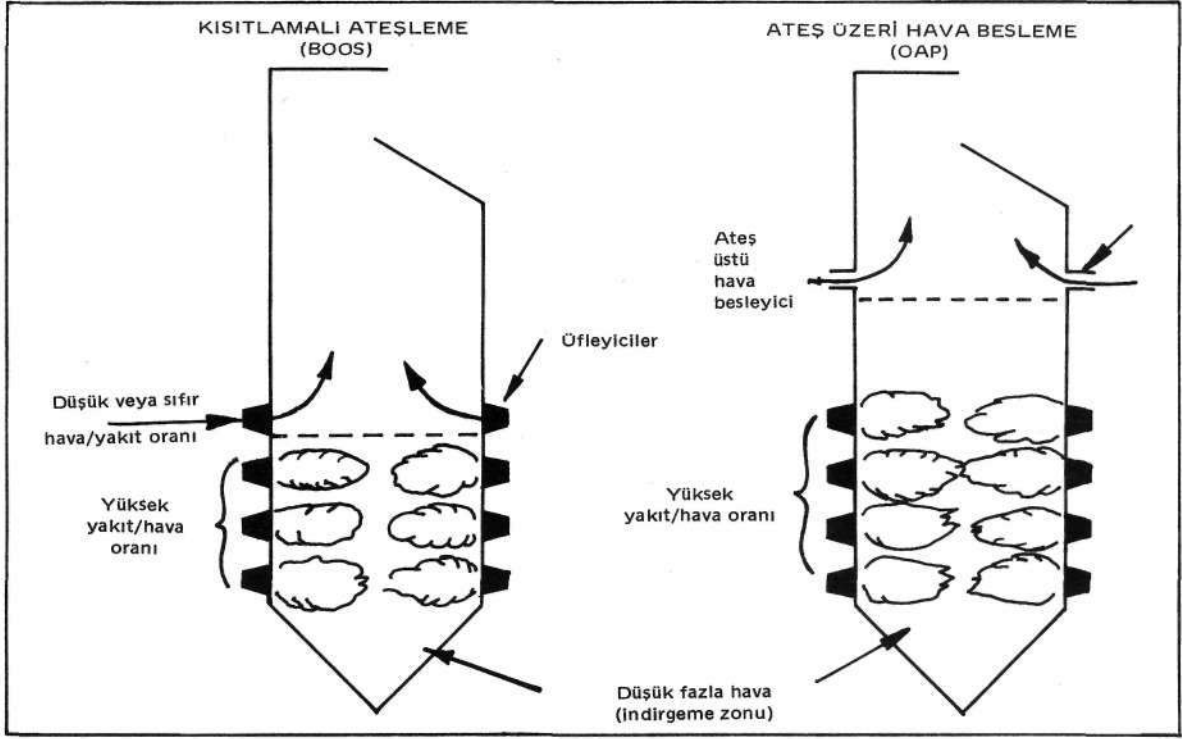
İdeal şartlarda yakıtın tamamen yanmasını sağlamak için gerekli hava stokiometrik şartlara bağlıdır. Fakat kazanlarda yakıt/hava karışımı türbülansa bağlı olduğundan fazla hava beslenmesi gereklidir. Bu da alev zonunda oksijen miktarının artmasına, dolayısıyla NO_x üretiminin yükselmesine neden olur. Fazla hava miktarında yapılacak azaltma CO , hidrokarbon ve karbon partikül çıkışını yükseltir (Şekil 5).



Şekil 5. Hava miktarına bağlı olarak NO ve CO emisyonu.

5.3.1.3. İki Safhalı Yanma

Bu sistemde (Şekil 6) ateşleyiciler normal yanma havasının altında hava miktarlarında çalışmakta ve yakıt düşük hava sistemiyle yakılmakta daha yukarılarda ise fazla hava beslenmektedir. Böylece NO emisyonu düşürülmektedir. Sistemin uygulanmasında anahtar faktör ise korozyon ve sıvanmadır. Çünkü külün ergime noktası indirgeme şartlarında oksitlenme şartlarına göre daha düşüktür.



Şekil 6. tki safhah yanma.

5.3.1.4. Gaz Sirkülasyonu

Kazana beslenen havanın baca gazlarıyla karıştırılarak oksitlenme ortamı şartlarının ve alev sıcaklığının düşürülmesidir.

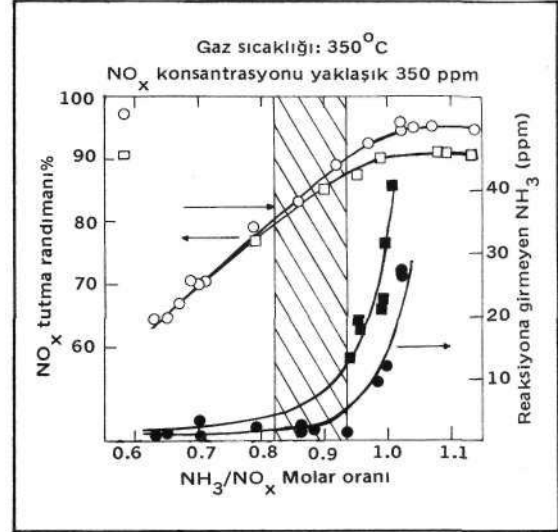
Bu sistemler maliyetler yönünden avantajlar getirmekle birlikte çok hassas kontrol gerektirmekte ve bu yüzden istenmeyen dezavantajlar ortaya çıkmaktadır.

5.3.2. Baca Gazlarında NO_x Tutulması

Eğer NO emisyonu yanma ayarlamalarıyla azaltılamaz ise baca gazı temizlemesi tek yoldur ve beş şekilde yapılabilir.

1. Selektif Katalitik İndirgeme (SCR)

İ sistemde NO_x bir katalizör yardımıyla NH₃ ile 600-800°F sıcaklıkta reaksiyona sokulur. NH₃/NO molar oranının sistem verimine etkisi Şekil 7' de görüldüğü gibidir. Bu oran, NH₃ kullanımını optimize etmek için genellikle birden az alınmakta dolayısıyla temizleme randımanı %80 civarında kalmaktadır. Az katalizör ömrü, NH₃ emisyonu, SO₂'nin SO₃'e dönüşmesi ve aşındırıcı olması, (NH₄)₂SO₄ ya da HN₄HSO₄ bileşiklerinin oluşması gibi dezavantajları vardır.



Şekil 7. NHo/NO molar oranının SCR'de etkisi.

5.3.2.2. Bakır Oksit Sistemi (SFGT)

SO₂'nin bakır ile reaksiyonu sonucu katalizörün elde edildiği selektif katalitik sistemdir. Bakır oksitlenerek CuO oluşur bu da SO₂ ve SO₃ ile reaksiyona girerek aktif katalizör olan CuSO₄ oluşur. Eş zamanlı SO_x ve NO_x temizlemesinde kullanılır.

5.3.2.3. Selektif Non-Katalitik indirgeme (SNR)

NH₃'ün oksijen varlığında ve yüksek sıcaklıklarda (900-1000°C) NO_x ile reaksiyonu prensibine dayanır. Selektif katalitik sistemin dezavantajlarına sahiptir. İlk yatırım masraflarının düşük olmasına karşın işletme masrafları yüksektir.

5.3.2.4. Elektron Beam Sistem

Bu sistemde NH₃ 200°F'da baca gazı içine püskürtülür ve karışım elektron bombardımanına maruz bırakılır. Sonuçta NH₃'ün SO ve NO ile reaksiyona girmesini ve amonyum sülfat ile amonyum nitrat tuzlarının oluşmasını sağlar. Yöntem halen geliştirme aşamasında olup ticari uygulaması yoktur.

5.3.2.5. Yaş Sistemler

NO₂ su içinde kolaylıkla eriyen bir madde olduğundan yaş sistemlerle temizlenebilir. Ancak, NO genellikle NO şeklindedir ve sorun bunun absorbe edilmesidir. Bunun için de NO önce temizleme eriyiği içindeki kuvvetli bir oksitleyici (potasyum permanganat) ile absorbe edilir ve sonra atılır ya da azot ürünleri üretiminde kullanılır. Diğer sistemlerde ise gaz fazında NO ozon ile oksitlenerek NO₂ haline dönüştürülür ve temizlenir. Baca gazlarının soğuması, fazla enerji sarfiyatı, yüksek absorbent ihtiyacı ve bazı durumlarda NO_x'in yerini SO₂'nin alması gibi dezavantajları vardır.

6. ÇEVRE KORUMA YÖNETMELİK VE STANDARDLARI

Çevre yönetmelikleri insan sağlığını ve çevreyi korumak amacıyla yapılmıştır. Endüstriyel kuruluşlar ve çevre politikasını etkileyen gruplar ortaya konan yaptırımların derecesi konusunda dikkatli davranmak zorundadırlar. Zira varolan ünitelerin ya da planlanan ünitelerin çalışmaları ve ekonomiklikleri yaptırımların yerine getirilmesi için harcanacak para dolayısıyla tehlikeye girebilir. Kömür santrallerinde bilhassa gaz temizlemesi %95 randımanının üzerinde olması istendiğinde santral maliyetinin % 22'si gibi yüksek ek maliyetler getirebilir (Hamanaka,1983).

Dünyada yürürlükte olan çevre koruma yönetmelikleri ve bunların limit olarak gösterdiği standartlar kömür kullanım ünitelerinin büyüklükleri, kirletici eleman emisyonları ve bu elemanların belirli konsantrasyonlarda insan ve bitki sağlığına etkili olduğu belirli zaman dilimleri gözönünde tutularak hazırlanmaktadır. Doğal olarak her ülke kendi çıkarları ve iç politikasının gerektirdiği şekilde adımlar atmakta ve yönetmelikleri hazırlamaktadır. Dolayısıyla, yönetmeliklerdeki farklılıklar değerlendirilirken amaçların göz önünde tutulması gerekmektedir. Çizelge 2'de Türkiye'de son zamanlarda yürürlüğe giren hava kalitesini koruma yönetmeliğindeki limit değerler,Çizelge 3'de de Amerikan değerleri verilmiştir.

Çizelge 2. Türkiye'de Uyulması Gereken Uzun ve Kısa Vadeli Sınır Değerleri

Kirletici eleman	Birim	UVS	KVS
Kükürt Dioksit (SO ₂)			
SO ₃ dahil			
a) Genel	Mgr/m ³	150	400 (900)
b) Endüstri Bölgeleri	"	250	400 (900)
PM (10mve>10m)			
a) Genel		150	300
b) Endüstri Bölgeleri		200	400
CO		10000	30000
NO ₂		100	300
NO		200	600
Cl ₂		100	300
Pb		2	—
Hidrokarbonlar			140

Çizelge 3. Amerikan Ulusal Hava Kirliliği Standardları.

Kirlenici eleman	Sınırlar		Bozulmayı Önleme Sınırları		
	Birincil	İkincil	Sınıfl I	Sınıfl II	Sınıfl III
SO₂					
Yıllık aritmetik ortalama	80		2	20	40
24 saat maksimum	365		5	91	182
3 saat maksimum		1300	25	512	700
PM					
Yıllık geometrik ortalama	75	60	5	19	37
24 saat maksimum	260	150	10	37	75
CO					
8 saat maksimum	10000	10000			
1 saat maksimum	40000	40000			
NO_x					
Yıllık aritmetik ortalama	100	100			
Kurşun (mevsimlik)	1,5	1,5			
Hidrokarbonlar	160	160			

Yönetmelikte, kış sezonu ortalaması olarak SO₂ için 250 Mgr/m³, PM için 200 Mgr/m³ sınırları öngörülmüştür. Genele ulaşılamayan yerlerde hava kalitesini daha da iyi tutmak için SO₂ ve PM için hedef sınırlar;

	SO ₂ (Mgr/m ³)	PM (Mgr/m ³)
Yıllık aritmetik ortalama	60	60
Kış sezonu ortalaması	120	120
24 saatlik maximum	150	150
1 saatlik maximum	450	-

öngörülmüştür.

Bozulmayı önleme sınırları, hava kirliliği yönünden standartlara uyan bölgelerde yeni inşa edilecek ünitelerden istenen sınır değerlerdir. Saatlik ısı girişi 250x10⁶ Btu/sa.'dan büyük olan ünitelerde SO₂ emisyonunun 6 lbs/10⁶ Btu altında kalması için %90 sülfür temizlemesi şart koşulmuştur. PM emisyon sınırı 0,03 lbs/10⁶ Btu, NO₂ sınırı 0,6 lb/10⁶ Btu olarak belirlenmiştir.

7. SONUÇ

Son yıllarda elektrik üretiminde kömür kullanımı yaygınlaşmış olmasına ve birçok termik santra-

lin yapımının planlanmasına karşın (IEA,1985) kömür yakma tekniklerinin ve kazanlarının sahip olduğu birçok teknolojik problem vardır. Bunlar olarak hava kirliliği ve doğal dengenin bozulması korkusu ülkelerin termik santral artıkları için çok sıkı sınırlar getirmesine neden olmuştur. Getirilen sınır değerlerin altında kirlenici eleman emisyonlarıyla bu ünitelerin çalışmasını sağlamak için teknolojik imkanlar zorlanmakta bazı yerlerde temizleme ek maliyetleri toplam yatırım maliyetinin % 22'si gibi değerlere ulaşmaktadır. İleriki yıllarda daha ucuz ve etkili temizleme yöntemlerinin geliştirilmesi kömür kullanımının yaygınlaşması için hayati önem taşımaktadır. Bununla birlikte kömür kullanımının çevre üzerindeki etkisi yeterli şekilde araştırılarak kirlenici eleman emisyonları ile standart sınır değerleri arasında bir denge kurulması da sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- EDGAR, T.F., 1983; "Coal Processing and Pollution Control"
 ELLIOT, M.A., 1981; "Chemistry of Coal Utilization" Second Supplementary Volume.
 HAMANAKA, H., 1983; "Cost of Environmental Measures for Coal Combustion in Japan" OECD, 1983, Cost of Coal Pollution Abatement pp: 270-275.
 IEA, 1985; "Coal Information".
 OECD, 1983; "Coal-Environmental Issues and Remedies".