

EPPSA Raporu

BACA GAZI TEMİZLİĞİNİN İYİLEŞTİRMESİ DEĞERLENDİRME VE TASARIM ÖNERİLERİ KILAVUZU



AVRUPA ELEKTRİK SANTRALİ TEDARİKÇİLERİ DERNEĞİ

© Avrupa Elektrik Santrali Tedarikçileri Derneği, 2005

Bu metin indirilebilir. Kullanılması halinde kaynağın belirtilmesi gerekir. Alıntılama yapılması halinde derneğe, başlığa ve yıla atıfta bulunulması gerekir. Tüm görsellerin telif hakları EPPSA ve onun üye firmalarına aittir

İçindekiler

1. Giriş	5
BREF Nedir?	5
Avrupa'da yürürlükte olan mevzuat	6
2. İyileştirme projesinin hazırlanması & başlatılması	7
Birinci adım: bugünün & yarının durumunun ne olacağını bilmek	7
FGC tekniklerinin arasındaki etkileşimler	7
İyileştirme projelerinin hazırlanması	8
3. Teknolojinin Seçilmesi	9
A. Kükürtün Giderilmesi	9
Biraz kimya	9
Kuru teknik mi yoksa ıslak teknik mi?	11
B. NOx giderilmesi	13
Biraz kimya	13
Birincil NOx indirgeyici önlemler: Düşük NOx yakılması	13
İkincil NOx indirgeyici önlemler	13
Seçici Katalitik İndirgeme	13
Seçici Katalitik Olmayan İndirgeme	14
SCR ve SNCR'nin avantajlarının ve dezavantajlarının karşılaştırılması	14
C. Toz giderme	15
Toz nasıl giderilir?	15
ESP mi Torba Filtre mi?	15
4. Teknoloji seçiminin tesis işletimi üzerindeki etkileri	16
Ayırıcı ve Baca Gazı Kükürtünün Giderilmesi teknolojisi arasındaki bağlantı	16
Ayırıcının Hazırlanması & Elleçlenmesi	17
Uzun Dönemli Vizyon	18
Yan Ürünün Kullanılması	18
5. Sonuç	20
Kaynakça	23
Kısaltmalar	25



Avrupa Elektrik Santrali Tedarikçileri Derneği [EPPSA] elektrik santrallerini, bileşenlerini ve hizmetlerini tedarik eden firmaların Avrupa düzeyindeki temsilcisidir.

EPPSA esnek ve etkin, son teknoloji ürünü termal elektrik üretiminin önemi ve onun temiz, güvenli ve uygun maliyetli enerji tedarikine olan önemli katkıları konusunda bilinçlendirmeyi aktif bir şekilde desteklemektedir.

Avrupa'daki termal elektrik santrallerinin neredeyse tamamı EPPSA üyeleri tarafından kurulmuş veya onların bileşenleri ile donatılmış olup Avrupa'nın elektriğinin %50'den fazlasını bunlar sağlamaktadır.

EPPSA üyeleri dünyadaki en gelişmiş termal elektrik teknolojilerini sunmaktadır.

Bu raporun amacı Avrupa Birliği'ndeki azot oksitleri, sülfür ve toz emisyonu yönetmeliklerine uygunluk sağlamak amacıyla kömür yakıtlı elektrik santrallerinin iyileştirilmesinin yanı sıra global bir vizyona sahip olma ihtiyacına dikkat çekmektir. Kömür yakmalı Sirkülasyonlu Akışkan Yataklı kazanların iyileştirilmesi bu raporda tam olarak ele alınmamaktadır çünkü yanma teknolojisinin emisyon düzeylerinin yanı sıra geçerli denetim teknolojileri üzerinde de etkisi bulunmaktadır.

1. Giriş

BREF nedir?

İnsan sağlığının ve çevrenin korunması amacıyla zararlı maddelerin havaya, suya ve toprağa emisyonlarının önlenmesi veya mümkün olabildiğince sınırlandırılması konusunda gerek ulusal gerekse de AB seviyesinde mevzuatlar bulunmaktadır.

Bu emisyon düzeylerine Mevcut En İyi Teknikler veya MET'lere uygun olduğu müddetçe izin verilmektedir. Mevcut En İyi Teknikler genel yüksek çevre koruma düzeyine erişmiş olan, hem ekonomik hem de teknik açıdan uygulanabilir olan ve genel olarak ise işletmeciyeye makul düzeyde erişebilir olan tekniklerdir. Son olarak MET'ler yalnızca spesifik teknoloji veya bileşenlere bağlı kalmayıp aynı zamanda tüm bir kurulumun tasarlanma, sürdürülme ve işletilme şekline de bağlıdır.

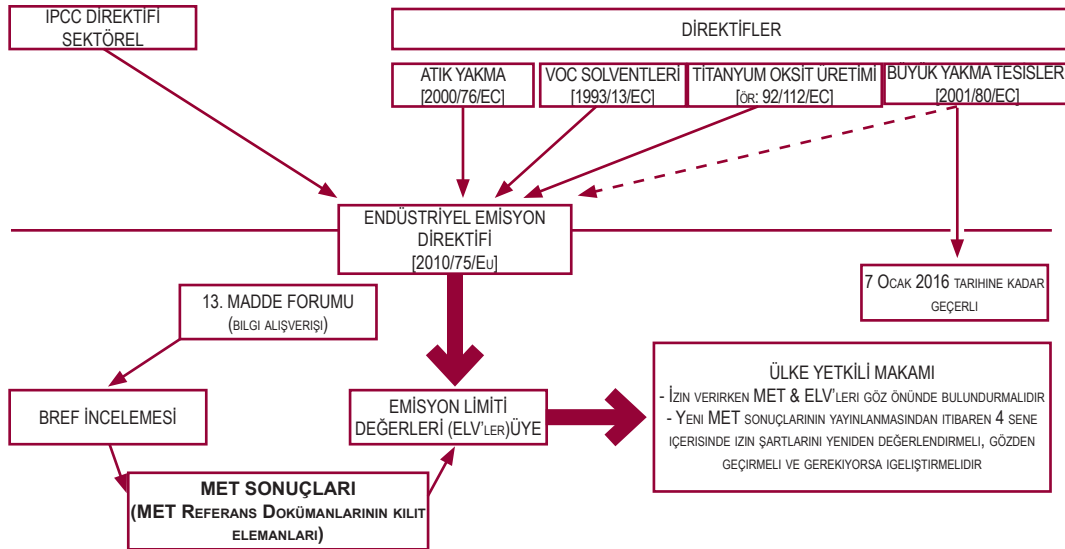
Hava, su ve toprak emisyonları yürütülen endüstriyel faaliyetin türüne bağlı olarak dramatik bir şekilde farklılık gösterebilmektedir. Her bir endüstriyel faaliyet tipi için Mevcut En İyi Tekniklere – Mevcut En İyi Tekniklerin Referans Dokümanlarına veya BREF'lere genel bir bakış sunan bir doküman mevcuttur. Şu anda çimento imalatından büyük yakma tesislerine kadar her türlü endüstriyel faaliyeti kapsayan 32 adet BREF mevcuttur.

Büyük yakma tesisleri için her bir Üye Devletteki izin verme yetkisine sahip makamlar ['yetkili makamlar'] yalnızca Avrupa'nın katı emisyon mevzuatına tamamen uyan tesislere izin vermelidir ve bu da BREF'lerde verilen MET'lerin uygulanması dayatılarak garanti altına alınmıştır.

Önceden emisyon mevzuatı çeşitli sektörel direktif ve IPPC (Endüstriyel Kirlilik ve Kontrolü) direktifinden [bkz. Şekil 1] oluşmaktaydı; bu farklı direktifler artık 2010 senesinde oylanmış olan Endüstriyel Emisyonlar Direktifinde [IED] birleştirilmiştir. IED'nin yürürlüğe girmesiyle birlikte BREF'lerin içerikleri – daha spesifik olarak ifade edilecek olunursa MET sonuçları – yasal açıdan bağlayıcı hale gelmiş olup izin verme yetkisine sahip makamlar tarafından bir iznin verilmesinde veya geri çekilmesinde göz önünde bulundurulması gerekir.

Teknolojik gelişme, zararlı emisyonları azaltan yeni teknolojiler geliştirildiğinden ve düzenlendiğinden, BREF'lerin düzenli olarak gözden geçirilmesini gerekli kılmaktadır. Mevcut en iyi teknikler göz önünde bulundurulduğunda Avrupa'nın her bir yanında mümkün olabilecek en üst seviyede çevre korumasının sağlanabilmesi için IED Madde 13 Forumu olarak adlandırılan bilgi alışverişi sürecine ilişkin hükümler içermektedir. Bu forumda BREF'ler hükümetlerden, sanayiden ve sivil toplumdan gelen paydaş katkıları ile birlikte şeffaf bir şekilde düzenli olarak gözden geçirilmektedir.

Bir BREF güncellendiğinde onun MET sonuçları benimsendiğinde, Üye Ülkelerdeki izin vermeye yetkili makamlara dört yıllık bir süre tanınmaktadır. Bu süre boyunca yeni MET sonuçlarını esas alarak yeni Emisyon Limiti Değerlerinin [ELV'ler] karşılanmasını sağlamak için kendi izinlerini gözden geçirmek ve gerekli olması halinde onları güncellemek zorundadırlar [bkz. Şekil 1].



Şekil 1: IED Çerçevesi

Genel olarak emisyon limitlerinin teknolojik Araştırma ve Geliştirmeyi [R&D] tetiklediği ve böylelikle gelecekte düzenlenecek olan mevzuatı etkileyecek olan daha iyi mevcut teknolojilerin elde edilmesi ile sonuçlandırığı söylenebilir; bu da daha temiz bir çevre ve sonuç olarak daha sağlıklı bir gezegen ve toplum elde etmek için gitgide iyileşen teknolojilere doğru giden döngüsel bir süreçtir.

Avrupa’da yürürlükte olan mevzuat

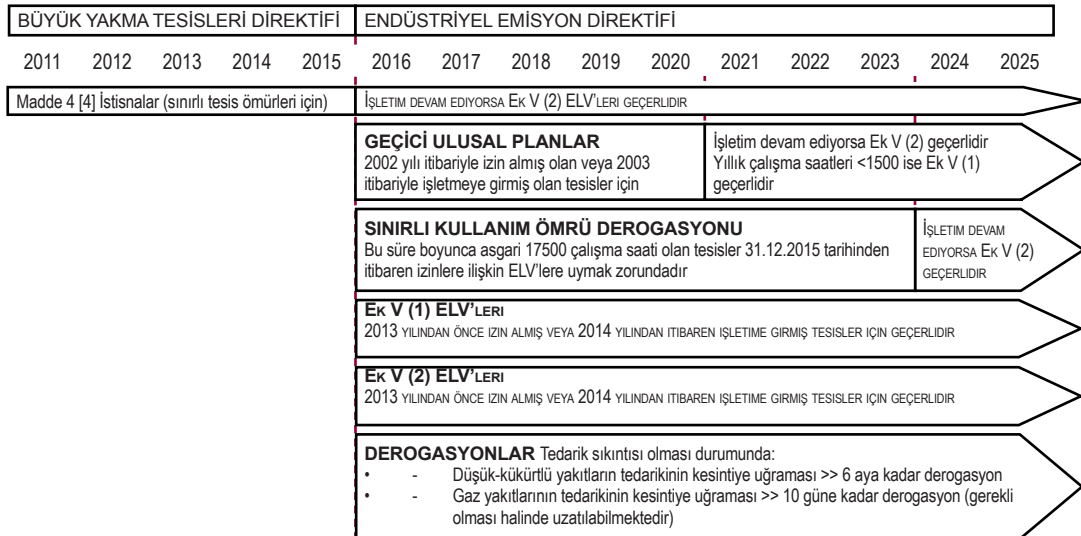
Büyük yakma tesislerine ilişkin olarak Avrupa’da şuanda yürürlükte olan mevzuat 7 Ocak 2016 tarihinde Büyük Yakma Tesisleri Direktifinin [LCP] yerini alan IED'den oluşmaktadır.

Bu tarihten sonra AB’de faaliyet yürüten tüm büyük yakma tesisleri bunlar tesisin yaşına, büyüklüğüne, yakıtına ve hizmet ömrüne bağlı olarak değişiklik gösterse de IED’nin gereksinimlerini karşılamak zorundadır [bkz. Şekil 2].

Örneğin; eski tesisler MET’lerle tadil edilebilmeleri için yeterli sürenin tanınması amacıyla ‘Geçici Ulusal Planlar’ olarak adlandırılan planlara dahil edilebilir veya sınırlı saatlerde işletilmeleri şartı ile ‘Sınırlı Kullanım Ömrü Derogasyonu’ olarak adlandırılan derogasyon yoluyla IED’lerden muaf tutulabilir. Ayrıca, tedarik sıkıntısı olması durumunda geçici derogasyonların uygulanması da mümkündür.

Bu farklı istisnalara rağmen IED’nin belirlediği şekilde ELV’ler esasen şu iki gruptan meydana gelmektedir: Ek V Bölüm 1 ELV’leri ve Ek V Bölüm 2 ELV’leri. Ek V [1] ELV’leri Ek V [2]’ninkilerden daha az katıdır ve izinlerini 2013 yılından önce almış olan tesisler için geçerlidir; Ek V [2] ELV’leri ise daha katı yapıda olup daha geniş olarak uygulanmaktadır¹. Bu nedenle, farklı muafiyetlerin süresi dolduğunda Avrupa’da faaliyet gösteren tüm büyük yakma tesisleri BREF inceleme süreci sonrasında daha yeni ve katı değerlere ulaşılan kadar Ek V’de belirtilen ELV’leri yerine getirmek durumunda kalacaktır. Revize edilen LCP BREF’lerinde bulunan BATAEL’lerin (Mevcut En İyi Teknikle İlgili Emisyon Seviyeleri) 2017 yılında yayınlanması ve yeni ELV’lere dönüştürülmesi gerekmektedir. Yayın tarihinden itibaren yeni BATAEL’ler yeni tesislere ilişkin yeni izin koşullarının temelini oluşturmali ve BREF’lerin yayın tarihinden 4 sene sonrasına kadar ise mevcut tesislerin izin koşullarının temelini oluşturmali.

¹ ELV’ler kirlenici maddeye, tesisin termal girdisine ve yakıt tipine göre değişiklik göstermektedir. Bu nedenle burada Ek V [1] ve Ek V [2] ELV’lerinin tamamen gözden geçirilmesi ve karşılaştırılması mümkün değildir. Daha fazla bilgi edinmek için IED’yi inceleyiniz: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/T/?uri=celex:32010L0075>



Şekil 2: IED’deki ELV’ler ve Muafiyetler

2. İyileştirme projesinin hazırlanması & başlatılması

Yeni ve daha katı emisyon düzeylerine uygunluk sağlamak amacıyla halihazırdaki bir birimin iyileştirilmesi sade ve kolay bir süreç değildir. Burada kilit nokta mevzuat ve en son MET'lere uygunluk olsa da en önemlisi hazırlık için yeterli uygun süresinin ayrılmasıdır:

- Hazırlığın olmaması iyileştirmelerin pahalı, zor ve uzun süreli olmasına yol açacaktır; yeterli hazırlığın yapılması ise projelerin düzgün ve kolay yapılmasını sağlayacaktır.
- Yanlış seçim yapılması tesisin sonraki birkaç on yıl içindeki ekonomisini etkileyecektir: çok sayıda etmenin tam olarak analiz edilmemesi işletme maliyetinin ve/veya yatırımların artmasına neden olabilir.

Uzun vadede tasarruf yapabilmek için zaman/masraf baskısından bağımsız olarak projenin doğru bir şekilde yürütülmesi bu nedenle çok önemlidir. Doğru FGC (Baca Gazı Temizleme) tekniğinin (bkz. Bölüm 3) seçilmesi önemlidir fakat projenin düzgün bir şekilde yürütülmesini güvence altına almak için yeterli değildir.

Bu bölüm hâlihazırdaki bir birimin iyileştirilmesi sırasında göz önünde bulundurulması gereken noktaların genel bir listesini oluşturmayı amaçlamaktadır. Projeye özel olarak adapte edilmesi gerekenler olsa da iyileştirme projesi ile karşı karşıya olan her proje ekibine yardımcı olmalıdır.

Birinci adım: bugünün & yarının durumunun ne olacağını bilmek

Çoğu durumda ihale dokümantasyonu varsayımları tam olarak belirtmez veya varsayımlar operasyon sırasında teyit edilmez. Örneğin; Baca Gazı Kükürtünün Giderilmesi [FGD] durumunda, kömür spesifikasyonu istenen giderme etkinliğine ulaşılmasına ilişkin önemli hususlardan birisidir. Kömür yatağının tutarlı olmaması durumunda FGC sisteminin aşırı veya aşırı bir şekilde tasarlanmasını önlemek için sonraki on yıldaki kömür girdisinin iyice anlaşılması esastır.

Tasarım öncesinde değerlendirilecek olan başlıca tesis parametreleri şunlardır.

- Yakıt spesifikasyonu ve sonuçta oluşan baca gazı parametreleri (baca gazındaki asit gaz bileşikleri [SO₂, SO₃, HCl, HF ve HBr] dâhil)

- Uçuşan kül bileşimi [kalsiyum bileşikleri ve alkaliler dâhil]
- Emici madde parametreleri [tipi, bileşimi ve partikül büyüklüğü]
- Mevcut Baca Gazı Temizleme üst akımı FGC [örneğin; akışkan yataklı kazanlarda fırın içi kireçtaşı enjeksiyonu, SNCR/SCR]
- İşletme modu [temel yükte/dalgalı yükte, yük faktörü eğrisi, vb.]
- Tesisin kalan ömrü
- Uygunluk

FGC tekniklerinin arasındaki etkileşimler [Kaynak:13]

Gereksinimler iyi bir şekilde tanımlandığında ve mevcut Baca Gazı Temizliği [FGC] hattı biliniyorken, farklı tipteki ekipmanlar arasındaki çapraz etkilerin değerlendirilmesi önem teşkil etmektedir. Aslında, aşağıda tek bir kirleniciye ilişkin olarak açıklanan bazı teknikler diğerlerini de azaltabilir.

Bu türdeki çapraz etkileşime örnek olarak çoğu durumda yeni bir filtrenin monte edilmesini kapsayan bir kuru tekniğin tesis edilmesi verilebilir. Bu, bacadaki toz emisyonlarını azaltarak toz giderilmesi işlemini etkileyecektir. Islak kükürt giderme tekniğinin tercih edilmesi toz emisyonlarını kayda değer şekilde etkilemeyecektir ve mevcut toz kontrolü cihazının iyileştirilmesini gerekli kılacaktır

Bu, Baca Gazı Temizleme hattını daha küçük projeler halinde parçalamak yerine daha bütünsel bir yaklaşımla ele alınmasının önemini kanıtlamaktadır. Bu da şunlara yol açabilir:

- Projeler arasında oluşabilecek ara yüz sorunları [örneğin; baca gazı bileşimi]
- Teknik olarak gerekçesi bulunmayan yatırım artışları
- İşletme giderinin, karmaşıklığın ve bakım ihtiyacının artması

İyileştirme projelerinin hazırlanması

EPPSA üyeleri iyileştirme ihalelerinin olumlu ve olumsuz yönlerini bir araya getiren en iyi firmalar arasındadır. Bu bölüm her bir proje ekibinin geçmişteki hatalardan ders çıkarması ve iyi örneklerin izinden gitmesini sağlamak amacıyla bu yönlerin bir listesini sunmaktadır.

YAPILMASI GEREKENLER

- [1] farklı alternatiflerin değerlendirilmesi ve bir bütçenin belirlenmesi, [2] ihalenin hazırlanması, [3] fiyat teklifinin hazırlanması ve [4] sözleşme müzakeresinin ve akdinin gerçekleştirilmesine ilişkin bir fizibilite çalışmasının yapılabilmesi için makul bir zaman diliminin ayrılması;
- Faturalandırma zaman dilimini göz önünde bulundurarak doğru finansman araçlarını sağlamak;
- Tesis ekibinden tam bir destek almak;
- Spesifikasyonunuzu "amacına uygun" felsefesine dayandırmak;
- Diğer müşterilerin iyileştirmelere odaklandığını

göz önünde bulundurarak yönetmeliklerin uygulama tarihlerini değerlendirmek;

- İyileştirme projelerinin çok karmaşık olması yüzünden sağlam bir referans temeli olan tedarikçileri tercih etmek;
- Optimize edilmiş ve kişiselleştirilmiş bir çözüm elde etmek için OPEX ve/veya CAPEX'i göz önünde bulundurarak net değerlendirme kriterleri belirlemek;

YAPILMAMASI GEREKENLER

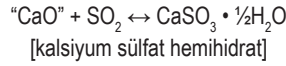
- Proje uygulamasının ileri sayfasında spesifikasyonu değiştirmekten kaçınmak;
- Tasarım payı ve ekipman gereksinimleri söz konusu olduğunda FGC sistemini 'aşısı belirginleştirmekten' kaçınmak;

3. Teknolojinin Seçilmesi

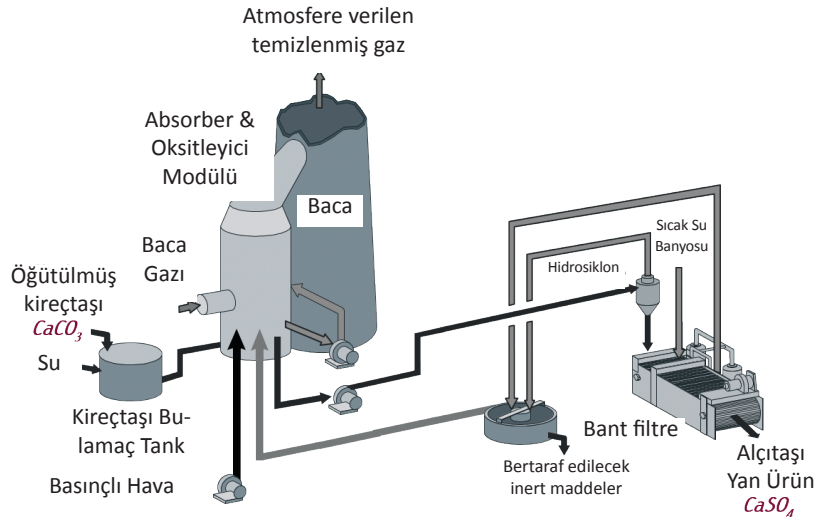
A. Kükürtün Giderilmesi [Kaynak 5 ve 13]

Biraz kimya...

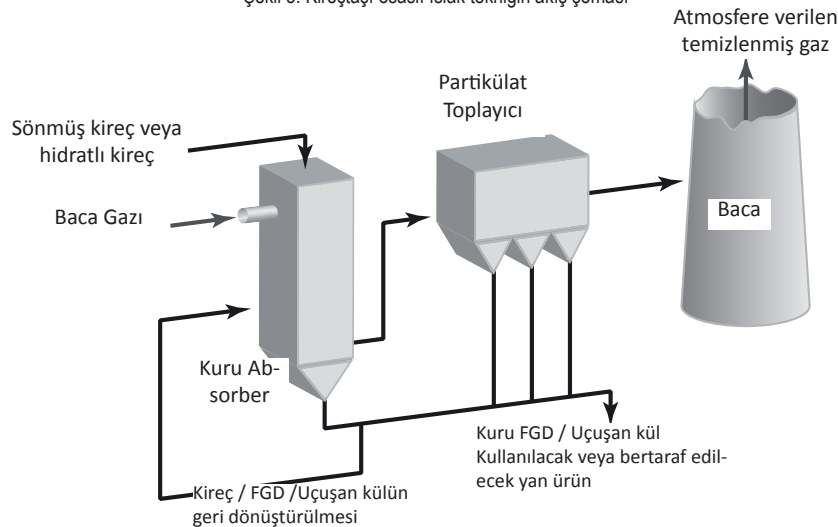
Baca gazının kükürt içeriği genelde küçük bir kısmı SO₃ olmak üzere çoğunlukla SO₂'den oluşmaktadır. Bunlar, kullanılan yakıtta bulunan kükürtün yanma prosesi sırasında oluşmaktadır. Giderilecek olan miktar bu nedenle yakıt ve onun spesifikasyonunun bir fonksiyonudur. Baca gazı kükürtünün giderilmesi şu standart denkleme göre gerçekleşmektedir:



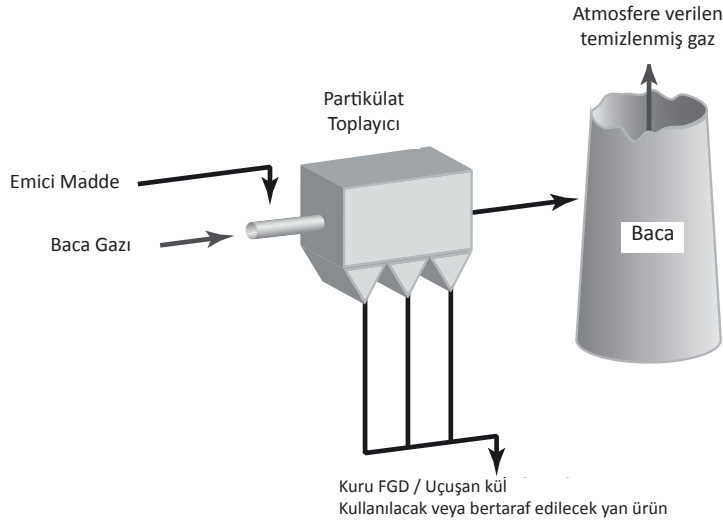
Islak teknolojilerde [Şekil 3'te gösterilmektedir] kalsiyum sülfat oksitlenerek aynı zamanda FGD-alçıtaşı olarak da bilinen [CaSO₄.2H₂O][Kaynak 16] kalsiyum sülfat dihidrata dönüşür. Islak teknolojilerde Kalsiyum kaynağı kireçtaşı [CaCO₃] olarak bilinen kalsiyum karbonat bulamacı veya kireç sütü [Ca(OH)₂] olarak bilinen kalsiyum hidroksit bulamacıdır. Ayıraç seçimi kaynaklarda bildirildiği üzere yerel değerlendirmelere bağlıdır [Kaynak 15 ve 21]. Bu proses SO₂'nin yakalanması açısından oldukça verimlidir fakat SO₃ açısından etkinliği daha düşüktür.



Şekil 3: Kireçtaşı esaslı ıslak tekniğin akış şeması



Şekil 4: Yarı-kuru tekniğin [CDS] akış diyagramı



Şekil 5: Kuru tekniğin [DSI] akış diyagramı

[Yarı-] kuru tekniklerde [Şekil 4'te gösterilmektedir] ayıraç baca gazı ile temas halinde olan kalsiyum hidroksit $[Ca(OH)_2]$ veya sönmüş kireç. Enjekte edilen sönmüş kirecin özgül yüzey alanı, porozite, $Ca(OH)_2$ uygunluğu gibi özelliklerine ek olarak proses parametreleri [nem seviyesi, sıcaklık, vb.] belli bir giderme etkinliği için gerekli olan dozajı etkilemektedir. Bu teknik ailesi hem SO_2 hem de SO_3 üzerinde etkilidir fakat aynı zamanda halojen asidik bileşikler üzerinde de etkisi vardır [HF, HCl] [Kaynak 18]. Bu ailede iki temel teknik tanımlanabilir:

- Sirkülasyonlu Kuru Gaz Yıkayıcı [CDS]'nin içine emici madde olarak kuru kalsiyum hidroksit [genellikle sönmüş kireç olarak adlandırılır] enjekte edilir ve baca gazının sıcaklığını ve nemini kontrol etmek için bir miktar su püskürtülür. Kalsiyum hidroksit enjekte edilmeye hazır olarak veya ünitelerde hidratör var ise kalsiyum oksitten $[CaO]$ veya sönmemiş kireç başlanarak FGC ünitesinde üretilebilir [Kaynak 1, 7, 10 ve 18].
- Sprey Kurutuculu Absorber [SDA] içine emici madde olarak bulamaç formunda kireç [kireç sütü olarak da adlandırılmaktadır] enjekte edilir. Bu tekniğe kalsiyum oksidi $[CaO]$ veya sönmemiş kireç süspansiyona dönüştürmek için bir söndürme ünitesi ilave edilmelidir.

Bu 2 teknik aşağıda belirtilen ek özelliklerle basit bir Kuru Emici Madde Enjeksiyonundan [DSI – Şekil 5'te

gösterilmektedir] ayrılmaktadır:

- Baca gazı kondisyonlama [sıcaklık kontrolü / nem kontrolü]
- Emici maddenin yeniden sirkülasyonu
- Absorberdeki/reaktördeki ayıraç ve baca gazı arasındaki temasın artırılması

Tüm bu özellikler hem etkinliğin artırılmasını hem de ayıraca özgül tüketimin azaltılmasını hedeflemektedir.

Ayıraç kullanım katsayısı FGC tekniklerinde kullanılan ortak bir Temel Performans Göstergesidir [KPI]. FGC sistemine beslenen ve SO_2 ile reaksiyona giren ayıraç yüzdesini ifade eder. Islak Kireçtaşı sistemindeki ayıraç kullanımı giderilen SO_2 temelinde değerlendirildiğinde genel olarak %97'den fazla olup gerekli teorik seviyeye çok yakındır.

Eğer duvar kaplaması olarak kullanılacaksa alçıtaşının kalitesinin korunabilmesi için böyle yüksek düzeyde ayıraç kullanımı gereklidir.

Islak kireç prosesinde, kireç kullanımı yüksek reaktivitesi ve sönmüş kirecin küçük partikül boyutu [ortalama 3 mikron] nedeniyle daha fazladır.

Kuru tekniklerde ayıraç kullanımı daha azdır. Katı-gaz reaksiyonunun bir sıvı-gaz reaksiyonu kadar etkin

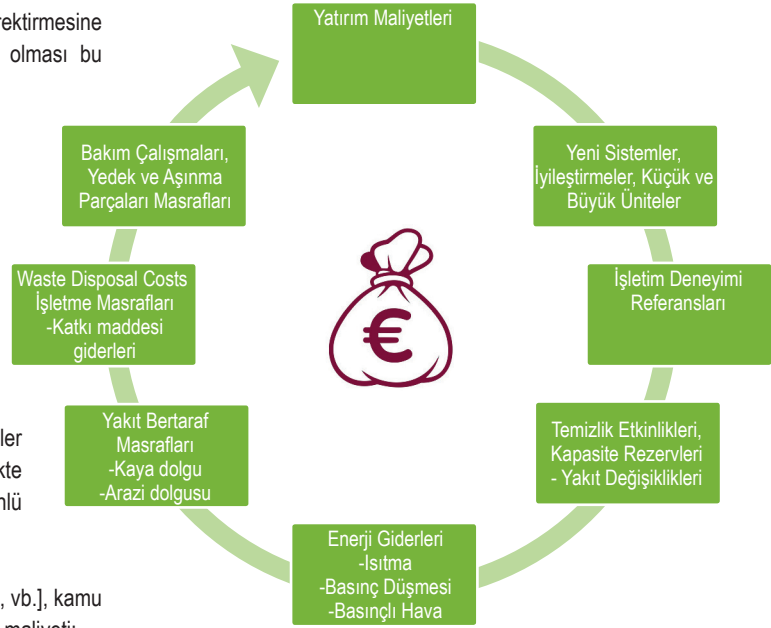
olmamasına ve daha yüksek bir dozaj gerektirmesine rağmen işletme ve yatırım maliyetinin düşük olması bu ekstra ayıraç giderlerini dengeleyebilir.

Kuru teknik mi yoksa ıslak teknik mi? [Kaynak 1]

Baca Gazı Temizleme teknikleri arasından seçim yapılması asıl meseledir. Bugünlerde birçok durumda IED'ye ve ilgili AB mevzuatına uygunluğun sağlanması için gerekli olan en yüksek giderme etkinliğini hem kuru hem de ıslak teknolojiler sağlayabilmektedir. Bu sistemler arasından seçim yapılması Şekil 6'da gösterilmekte olup şunlar dâhil olmak üzere konunun çok yönlü olarak ele alınmasını gerektirmektedir:

- Yerel ekonomi: yatırım maliyeti [kredi, vb.], kamu hizmetleri [su ve elektrik] giderleri, iş gücü maliyeti;
- Yerel yasal gereklilikler: yerel mevzuat AB direktiflerinden daha katı olabilmektedir;
- Yerel tesis: alan uygunluğu, alt yapı, tesis yerleşimi, baca gazı spesifikasyonları, su kullanılabilirliği/giderleri; su bertaraf gereksinimleri/giderleri;
- Yerel ayıraç kaynağı: potansiyel kalsiyum emici maddesinin [kireç veya kireçtaşı] teslim fiyatı, kullanılabilirliği, spesifikasyonları ve/veya lojistik seçenekleri FGC operasyonunun ekonomisini sert bir şekilde etkileyebilmektedir;
- Yan ürün yerel piyasası ve yerel arazi doldurma olanakları/masrafları.

Yarı-kuru ve kuru proseslerde, kireç hidroksit $[Ca(OH)_2]$ gaz-katı reaksiyonu vasıtasıyla kirlenici ile temas haline geçecektir. Katı yan ürünler bir toz giderme ekipmanının içerisinde toplanacaktır. Uçuşan küller ayrı bir akış yapabilir [çift filtrasyon] veya bir araya toplanabilir. Bir araya toplanırsa, uçuşan külün pazarlanması mümkün olmayabilir ve alana doldurulacak hacim çok daha fazladır. Torba filtreler, Elektrostatik Toz Çöktürücülerden [ESP'ler] daha iyi bir temas sunduğundan, bu tip uygulamalarda avantajlıdır. [Yarı-] kuru sistemin büyük bir avantajı da atık su oluşmamasıdır. Etkinlik sıcaklık, nem içeriği, kireç kalitesi, yeniden sirkülasyon hızı ve taze emici madde besleme hızı dahil olmak üzere birçok parametreye bağlıdır. Bu teknik genelde filtre üzerinde bir miktar çalışmasını gerektirdiğinden, [yarı-] kuru prosesle kükürt yakalama işleminin gerçekleştirilmesi "hiçbir" ekstra



Şekil 6: Teknik seçimi sırasında göz önünde bulundurulacak olan temel parametreler

yatırım maliyeti olmadan toz yakala işleminin iyileştirilmesine olanak sağlar. Toplam yatırım maliyeti özellikle çift toz filtrasyonu uygulanmadığında ıslak proseslerden daha düşüktür.

Islak proseslerde kireç veya kireçtaşı bulamacı [=kalsiyum kaynağı] baca gazları ile temas eder ve bir sıvı-gaz reaksiyonunu tetikler. Bu reaksiyonun etkinliği çoğunlukla temas süresine ve buna ek olarak da taze ayıraç eklenmesi ile pH'a bağlıdır. Bu bulamacı önemli düzeydeki pompalama kapasitesi sayesinde absorber tanklarında sirkülasyon yapar.

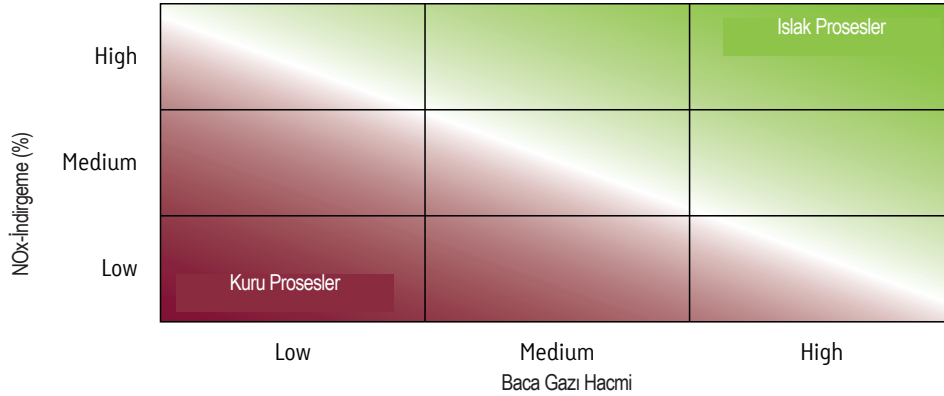
Kükürt, su giderme sistemi [genelde vakumlu bant filtre kullanılır] vasıtasıyla bulamaçtan çıkarılan düşük çözünürlüklü alçıtaşı oluşturmak üzere kalsiyum ve oksijenle reaksiyona girer. Bu teknikte kuru tekniklere kıyasla ayıraç masrafı daha düşüktür fakat yatırım maliyeti daha yüksektir.

Ekonomik ve teknik açıdan optimum sonuçları verecek olan en iyi tekniğin seçilmesi için olay bazında değerlendirme yapılması gerekmektedir. Kopyala – yapıştır çözümleri genellikle optimize edilememekte ve hem yatırım hem de işletme sırasında uygunsuzluk ve/veya ekstra masraf çıkarma riski taşımaktadır.

Aşağıdaki tabloda proses seçimini etkileyen bazı etmenler verilmiştir. Pratikte elbette ki her şey bu kadar basit değildir.

KURU prosesi destekleyen etmenler	ISLAK prosesi destekleyen etmenler
Küçük-Orta büyüklükte tesis Küçük-Orta düzeyde baca gazı akışı (300 MWel'ye kadar) Düşük kükürt yakıtlı veya fırın içi ve arka uç FGD [CFB kazanı uygulaması] ile birleştirilmiş büyük tesisler (700 MWel'ye kadar)	Büyük tesis Büyük düzeyde baca gazı akışı (300 MWel'nin üstünde)
Düşük-Orta miktarda kükürt yakıtı Giderilecek olan SO ₃ seviyesi yüksektir	Yüksek miktarda kükürt yakıtı
Düşük-Orta düzeyde yıllık çalışma saatleri	Orta-Yüksek düzeyde yıllık çalışma saatleri
Kısa-Orta gider değerlendirme süreci Kalan ömrü daha kısadır İyileştirme	Orta-Uzun gider değerlendirme süreci Kalan ömrü daha uzundur Yeni yapım

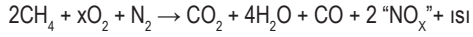
B. NO_x indirgenmesi [Kaynak 5, 13 ve 14]



Şekil 7: Genel teknik uygulama bölgesi

Biraz kimya...

NO_x, NO ve NO₂ formundaki azot oksitlerinin genel gösterimidir. Özellikle yüksek sıcaklıklarda yakma sırasında azotun oksijen ile oksidasyonu sonucunda 'doğal' olarak üretilirler. Azot yanma işleminde rol oynamaz fakat istenmeyen koşullar altında azotun bir kısmı NO_x'e dönüşecektir. Daha karmaşık bir hava yanma reaksiyonu şu denklemle ifade edilir:



Yanma proseslerindeki bu üç birincil NO_x kaynağı şunlardır:

- Termal NO_x
- Yakıt kaynaklı NO_x
- Prompt NO_x

Sıcaklığa fazlasıyla bağlı olan termal NO_x oluşumu doğal gaz yandığında en yaygın NO_x kaynağı olarak bilinmektedir. Yakıt kaynaklı NO_x önemli ölçüde azot içeriğine sahip olan kömür gibi yakıtların yanması sırasında özellikle de termal NO_x'in (aşağıdaki birincil önleme bakınız) en aza indirgenmesine yönelik olarak tasarlanan yanma odalarında yakıldığında daha baskın olarak oluşma eğilimindedir. Prompt NO_x'in katkısı genelde ihmal edilebilir düzeydedir.

Birincil NO_x indirgeyici önlemler: Düşük NO_x yakılması [Kaynak 11, 14]

Birincil önlemler NO_x oluşumunu azaltıcı tüm teknolojileri kapsar. Aslında, konvansiyonel "mavi alev" veya bunsen brülörlerinin 30-50 nanogram/joule seviyelerinde azot oksidi ürettiği ve bu nedenle de NO_x azaltıcı potansiyele sahip olarak değerlendirilmedikleri iyice anlaşılmıştır. Diğer yandan yüzeyden yanmalı brülörler veya radyasyonlu tuğla pişiricilerin azot oksitlerini üretim seviyesi %60-70 daha düşüktür. 80'ler ve 90'lardan beri gerçekleştirilen araştırmaların öncelikli olarak yüzeyden yanma tekniklerine odaklanmasının sebebi budur.

Düşük NO_x yakma teknolojileri şu teknolojileri kapsamaktadır:

- Düşük NO_x brülörü (aerodinamik olarak kontrol edilen tope-split alev tipi)
- Hava toplama ve baca gazı karıştırma gibi yanma modifikasyonu

- INFR (NO_x'in Fırın içinde düşürülmesi) yanması

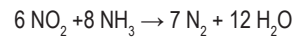
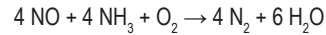
İkincil NO_x indirgeyici önlemler:

Birincil önlemlerin uygulanması mümkün olmadığında veya birincil önlemler yetersiz kaldığında NO_x baca gazından temizlenmelidir. Bu prosesler ikincil önlemler olarak bilinmektedir. İki temel proses ailesi mevcuttur: SCR (seçici katalitik indirgeme) veya SNCR (seçici katalitik olmayan indirgeme) DeNO_x.

SEÇİCİ KATALİTİK İNDİRGEME

SCR prosesi azot oksitlerini - NO_x- gazlardan ayırmak için kullanılan en etkili prosestir. SCR'de NO_x ikincil kirleticiler oluşturmada elementer azot ve su buharı oluşturmak üzere bir katalizörün varlığında amonyak ile tepkimeye girer. SCR DeNO_x sisteminin başlıca bileşenleri katalizörlü bir reaktör ile amonyak depolama ve enjeksiyon sistemidir. Amonyak kaynağı susuz amonyak, amonyaklı su veya üre solüsyonu olabilir.

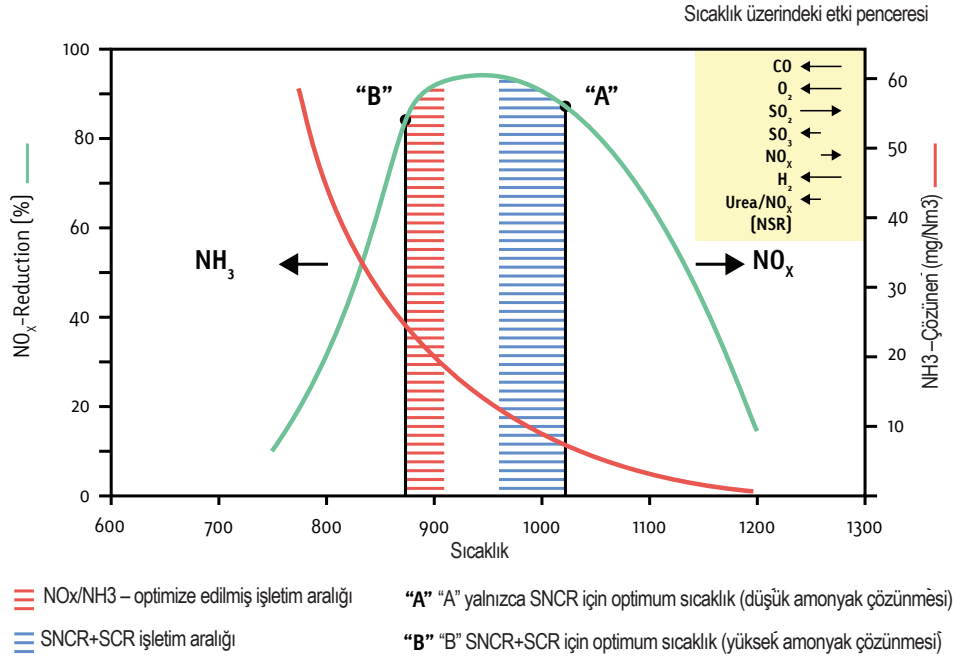
İndirgeyici madde olarak NH₃ kullanıldığında kimyasal denklemler şu şekilde ifade edilir:



Klasik çalışma sıcaklığı yaklaşık olarak 300°C [asgari sıcaklık baca gazındaki SO₃ içeriğine fazlasıyla bağlıdır] ve 420°C arasında olup temizleme etkinliği %98'e ulaşabilmektedir. Sonuç olarak SCR ünitesi genelde diğer yerler uygun olsa da ekonomizör ile hava ön ısıtıcısı arasına yerleştirilmektedir.

SEÇİCİ KATALİTİK OLMAYAN İNDİRGEME

SNCR akışkan yataklı kazanlar, çöp yakma fırınları, endüstriyel brülörler, yardımcı brülörler, vb. kaynaklı NO_x emisyonlarının kontrol edilmesine kanıtlanmış bir yöntemdir. Bu yöntem üre veya amonyak kullanabilmekte olup katalizöre ihtiyaç duymamaktadır falan enjeksiyonun 950°C ila 1050°C şeklindeki dar sıcaklık aralığı dâhilinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 8: Sıcaklığın bir fonksiyonu olarak NO_x indirgenmesi (Kaynak 20)

SCR ve SNCR'nin avantajlarının ve dezavantajlarının karşılaştırılması

[Kaynak 11 ve 16]

SCR prosesi 'amonyak çözülmesi' olarak adlandırılan ve istenmeyen dönüşmemiş amonyak salınmadan etkin bir NO_x dönüşümü sağlamak için amonyak enjeksiyon hızının ve baca gazındaki homojen karışımın hassas bir şekilde kontrol altında tutulmasını gerektirmektedir. Katalizörler genellikle vanadyum pentoksit ve tungsten trioksit gibi aktif bileşenlerle homojen bir şekilde emprenye hale gelen titanyum dioksit taşıyıcı esaslıdır. Bu katalizörler DeNO_x reaksiyonları açısından yüksek derecede etkinliğe sahiptir fakat küçük ölçüde SO₂ oksidasyonu için: SO₂'nin SO₃'e oksidasyonu bazı aşağı akım FGC ekipmanlarını etkileyebilmektedir [örneğin; korozyon]. Toz içerisindeki alkali metaller aynı zamanda katalizör zehri olarak da bilinir. Buna rağmen normal operasyon sırasında aktif alanla temas halinde olma olasılıkları düşük olduğu için genellikle etkinlik açısından pek zararlı değildir.

SNCR endüstriyel uygulamalarda sürekli olarak %50 NO_x indirgeme oranına ulaşabilmektedir ve genellikle birinci NO_x indirgeme kademesine ulaşabildiği için en uygun maliyetli teknik olarak kabul edilmektedir. Prosesteki kilit nokta ayırıcı doğru sıcaklıkta ekleme. Eğer çok soğuk olursa indirgeme reaksiyonunun gerçekleşmesi mümkün olmaz; amonyak çok sıcak olursa ekstra NO_x oluşacaktır: optimal enjeksiyon sıcaklığı 950 ila 1050 arasında. Amonyak enjeksiyon sıcaklığı düşük olduğunda (örneğin; düşük yükte işletim sırasında) amonyak çözülmesini ayarlanan limitin altında tutmak amacıyla küçük bir slip-SCR monte edilebilir. Bu slip-SCR ayrıca amonyak çözülmesi tükendiğinde NO_x'i de indirgeyecektir.

Birincil önlemler bu prosesleri yetersiz hale getirebilecek "sınırlı" etkinliğe sahiptir. Buna rağmen bu önlemlerin uygulanması amonyak/üre tüketimini azaltmakta ve yatırım masraflarını telafi edebilir.

C. Toz giderme [Kaynak 5 ve 13]

Toz nasıl giderilir?

Toz çoğunlukla yakıt yakma küllerinden meydana gelmektedir fakat kalsiyum tuzu (DeSOx proseslerinde kullanılan) veya aktif karbon (cıva gibi ağır metallerin adsorpsiyonu için kullanılan) Baca Gazı Temizleme artıkları ile karışabilmektedir. Uygulanan birçok toz giderme teknolojisinin arasında etkinlik açısından büyük farklar bulunmaktadır. Düşük etkinlikleri AB tarafından uygulanan mevcut emisyon limitlerine çoğunlukla uygun olmamasına rağmen eski tesislerde hala gaz yıkama teknolojilerine ve siklonlara rastlamak mümkündür. Örneğin; siklonlar kuru FGD sistemi kullanılması durumunda hala bir "ön-toz giderme" adımı olarak kullanılmaktadır.

Günümüzde modern brülörlerin tamamı ESP veya torba filtre ile donatılmaktadır. ESP endüklenen elektrostatik yük kuvvetini kullanarak baca gazından partikülleri temizleyen bir partikül toplama cihazıdır. ESP'ler gazların cihazdan akışını minimal düzeyde engelleyen yüksek etkinliğe sahip filtrasyon cihazları olup ve hava akımından toz gibi ince partikülatlı maddeleri temizleyebilmektedir. Temel bir çöktürücü ince dikey tel dizisinin arkasına dizilmiş paralel, düz ve dikey olarak yönlendirilmiş metal plakalar içermektedir. Güç kaynağı tarafından oluşturulan negatif elektrik alanını takip eden iyonize partiküller topraklanmış plakalara doğru hareket eder.

Günümüzde bazı elektrik santralleri ıslak gaz yıkayıcıya ekstra bir ESP aşağı akımı kurmaktadır. Bu ıslak ESP'ler yüksek temizleme etkinliğinin sağlanmasına yönelik olarak tasarlanmakta ve aerosollerı yakalayabilmektedir. Onların kurulmasındaki temel neden de budur. Aslında bir ıslak gaz yıkayıcıdan sonra çoğunlukla aerosol formunda (H₂SO₄) (SO₃ açısından düşük etkinlik) SO₃ oluşacaktır. SO₃ koyu mavi/kahverengi renkte baca dumanı (kamuoyu kabulü sorununun kaynağı) oluşturması nedeniyle ABD gibi yerlerde özel bir sorun teşkil etmektedir ve elektrik santrali sorunlarının önemli bir kaynağı haline gelebilir (korozyon, vb.).

Torba filtreler veya kumaş filtre torbaları partikülatları ham gazlardan temizlemek için filtrasyon ortamını kullanır. Bunlar hâlihazırdaki en etkili ve en uygun maliyetli toz giderme teknolojileri olup %99'un üzerinde toplama etkinliğine ulaşabilmektedir. Baca gazları filtre torbasına girer ve filtre işlevi gören kumaş torbalardan geçer. Bu torbalar çeşitli malzemelerden yapılabilmektedir (tüp veya zarf şeklinde örgü veya keçeli pamuk, sentetik veya cam elyafı malzemeler) ve operasyonun düzgün bir şekilde yürütülmesini sağlamak için periyodik olarak temizlenirler. Toz hazne içerisinde toplanır ve ekipmanda çıkarılır [Kaynak 1].

ESP mi torba filtre mi?

Genellikle torba filtrelerin ESP'lere kıyasla basınç düşmeleri daha fazladır ve basınçlı hava tüketimine [temizlik] ihtiyaç duyarlar; ESP'ler ise elektrik tüketir (elektiriksel alan). Yatırım açısından torba filtrelerin büyüklüğü baca gazı akışına göre belirlenirken [Hava-Kumaş (A/C) oranı] ESP'lerin büyüklüğü etkinlik, toz bileşimi, vb. etmenlere göre belirlenmektedir. En ekonomik durum olay bazında hesaplama yapılarak belirlenmektedir.

Yakıt esnekliği (farklı kömür kaynakları arasında ve iki farklı maddenin aynı anda yakılması ile) ve küçük partikülatlı maddelere ilişkin gün geçtikçe artan mevzuat kaygıları [örneğin; PM 2,5], gittikçe artan alana sahip olan ESP'ler hala elektrik santrallerinde en yaygın olarak kullanılan yöntemler olmasına rağmen elektrik santrallerinin torba filtre tercih etmelerindeki en büyük iki nedendir.

Her iki teknik de 10 mg/m³ [örneğin; %99'a varan temizleme etkinliği] altında toz içeriği ile gaz temizliği sağlamaktadır.

4. Teknoloji seçiminin tesis işletimi üzerindeki etkileri

Ayırarç ve Baca Gazı Kükürtünün Giderilmesi teknolojisi arasındaki bağlantı [Kaynak 3, 5 ve 6]

Bu tip FGD sistemlerinin performansı çoğunlukla şunlara bağlıdır:

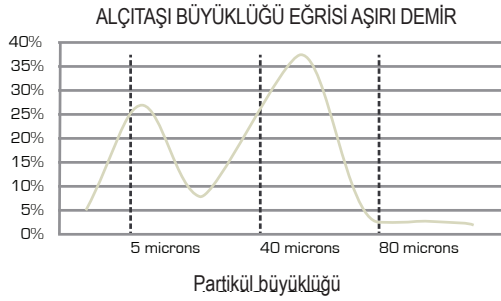
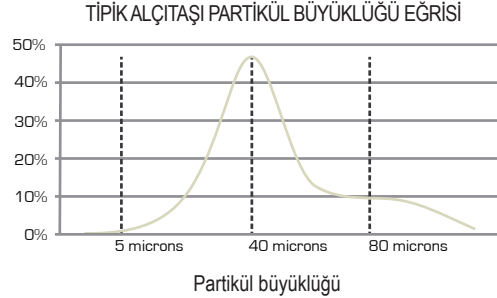
- Kullanılan ayırararın kalitesi:
 - o Kimyasal özellikleri (saflık ve safsızlık düzeyi)
 - o Fiziksel özellikleri [partikül büyüklüğü, özgül yüzey (BET), reaktivite, sertlik, vb.]
- Ekipmanların tasarımı ve kalitesi
- Ekipmanın & ayırararın kalitesi arasındaki mükemmel uyum

FGD sistemleri gelir akışını dengelemeksizin ilave masraf çıkardığından, etkin gider denetimi girişimleri için doğru ayırararın belirlenmesi önemlidir. Örneğin, ıslak sistemler için kireçtaşının saflığı kalsiyum karbonat içeriğine bağlıdır. Fakat kireçtaşının bağlı performansı yalnızca bu etmene dayalı olarak tahmin edilemez. Örneğin; kristal şekli de



Şekil 9: Yüksek silika jel içeriğinin neden olduğu aşınma (ıslak kireçtaşı sisteminde santrifüjlü pompanın lastik kaplamasında oluşan aşınma)

baskın bir etmendir. Safsızlıkların ayrıca temizleme etkinliği ve/veya alçıtaşı kalitesi üzerinde kayda değer bir etkisi bulunmaktadır:



Şekil 10: Demir oksidin alçıtaşı partikül büyüklüğü üzerindeki etkisi

- SiO_2 aşınmayı artıracak ve böylelikle de bakım giderleri artacaktır.
- Al_2O_3 kireçtaşı çözünme prosesini engelleyebilecek olan alüminyum florür kompleksini oluşturmak üzere Florla birleşebilir [Kaynak 12, 17 ve 19].
- Fe_2O_3 alçıtaşının oksidasyonunu destekler fakat daha yüksek değerlerde alçıtaşının rengini ve partikül büyüklüğünün dağılımını da etkiler [Şekil 10].
- Mn_2O_3 de alçıtaşının oksidasyonunu destekler fakat daha yüksek Mn değerlerinde bazı alaşımların korozyona uğramasına neden olabilir [özellikle ABD'de sıklıkla kullanılan 2205 alaşımı]
- MgO/MgCO_3 , çözünerek alkaliniteyi ve haliyle de reaksiyonun kinetiklerini artıracaktır. Bu tip çözünür tuzlar yine de Avrupa-kireçtaşı spesifikasyonunda sınırlandırılmaktadır.

Kireçtaşı reaktivitesinin diğer parametrelerden farklı olarak standart bir ölçüm yöntemi bulunmamaktadır. Buna rağmen sade, yinelenabilir ve her bir parametrenin belirlendiği bir yöntem kullanarak önerilerde bulunmaktayız. En bilinen Avrupa teknikleri kireçtaşının sudaki çözünme hızını asit ilave ederek ölçmektedir. Bu eklenti klasik olarak test edilen numunenin pH'ını sabit tutmak için kontrol edilmektedir. EPPSA üyelerinin kullandığı teknikler genellikle karıştırma, sıcaklık, kullanılan asidin türü ve konsantrasyonu, pH ayar noktası, vb. parametrelere göre farklılık göstermektedir fakat

bu sorunu sürekli olarak çözen bir teknik tercih edilmektedir.

Kireç-esaslı sistemlerde kirecin reaktivitesi FGD sistemi/ayıracı adasının tasarımı için çok önemlidir. Operasyonun düzgün bir şekilde yürütülmesi için kirecin reaktivitesinin ve saflığının stabilitesi tercih edilir. Kireç-esaslı emici maddelerin kalitesinin değerlendirilmesinde kullanılan bu standart yöntemler Mevcut Kireç İndeksi [ASTM-C25] ve mevcut $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$ için VGB-M703 yöntemidir.

Sönmemiş kirecin reaktivitesi ayrıca EN 459-2'de anlatılan prosedür kullanılarak da tanımlanabilmektedir. Sönmüş kirecin özgül yüzeyi [BET] emici maddenin kalitesinin tanımlanmasında da kilit rol oynayan bir parametredir. Genelde 18-20 m^2/g 'dan daha yüksek bir BET iyi bir emici madde kalitesinin göstergesidir. Bazı özel fakat daha pahalı olan sönmüş kireçlerin BET'si veya gözenekli hacmi daha yüksek olabilir [örneğin; 40 m^2/g /0,2 cm^3/g]. Bu özel kireçler ton başına düşen masrafları daha yüksek olmasına rağmen gerekli miktarlar daha az olduğundan toplam mülkiyet gideri açısından en ekonomik seçenek olabilir.

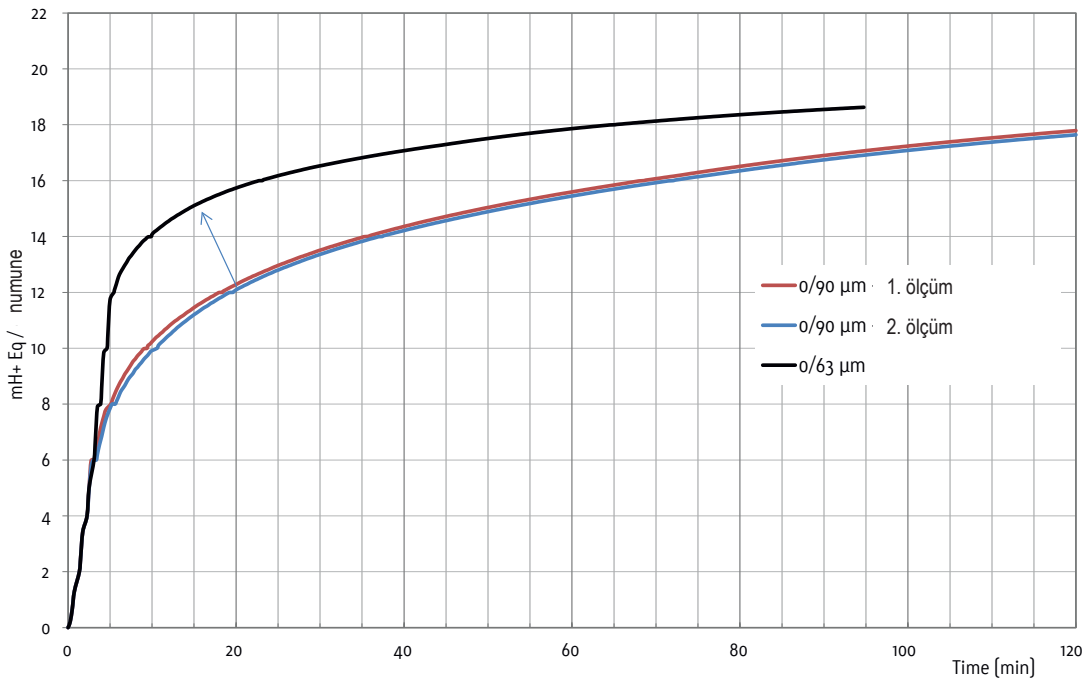
Ayıracın optimize edilmemesi durumunda oluşabilecek klasik sonuçlar bacadaki emisyon değerlerinin uygun olmaması, ayıracı tüketiminin artması ve/veya işletimsel sorunların artmasıdır.

Ayıracın Hazırlanması & Elleçlenmesi

Çoğu tesisin ayıracı kullanılabilirliğine en fazla önem veren ve çalışır durumdaki bir Baca Gazı Temizleme [FGC] sistemini sürekli işletmesi gerekir.

Ayıracın hazırlanması çoğunlukla tesisin temel faaliyetlerinin dışında bazı adımlardan olmaktadır. Örneğin, ıslak kireçtaşı sistemlerinde bulamacın hazırlanması yüksek-kalsiyum içeren kırılmış kireçtaşının değirmende ince partikül büyüklüğüne kadar öğütülmesi işlemini kapsar [45, 63 veya 90 mikrondan %95 daha küçük, tasarımın bir fonksiyonudur]. En ince büyüklüğün elde edilmesi kireçtaşının tamamen kullanılmasını ve bulamaç hacminin de azalmasını sağlar. Ayıracı kullanımının en yüksek düzeye çıkarılması aynı zamanda alçıtaşı yan ürünündeki reaksiyona girmemiş ayıracın miktarını da en aza indirir. Şekil 11 kireçtaşı partikül büyüklüğünün etkinlik üzerindeki etkisini göstermektedir: üst büyüklüğü daha ince olan bir numune aynı çökeltiden alınan daha iri bir kireçtaşına göre daha reaktiftir.

[Yarı-] kuru FGD sistemlerinde ayıracı belirlenen şekilde satın alınabilir. veya bir söndürücüde/hidratörde bulunan kireç sütünden sahada hazırlanabilir. Kireç sütü toz haline getirilmiş olarak veya çakıl kireç formunda olabilir. Çakıl kireç kullanılması durumunda hidrasyon prosesi öncesinde sahada kırma aşamasından geçmesi gereklidir; toz haline



Şekil 11: Partikül büyüklüğünün kireçtaşı reaktivitesi üzerindeki etkisi:
Farklı partikül büyüklüğü dağılımında aynı taşın Carmeuse yöntemine ile elde edilen reaktivite eğrisi

getirilmiş kireç sütü ise kullanıma hazırdır ve Avrupa'da fazlaca mevcuttur. Hidratörler mekanik mikser veya akışkan yataklı proseslere göre kullanılabilir durumdadır.

Hazırlık tamamlandıktan sonra yeterli düzeyde depolama ve elleçleme sistemlerinin tesis edilmesi gerekmektedir. Ekipmanların boyutu ve spesifikasyonu FGD teknolojisine, ayrıca spesifikasyonuna ve ayrıca lojistiklerine göre tasarlanmalı ve hem elektrik santrali hem de ayrıca tedarikçisine göre optimize edilmelidir. Bu hususların hesaba katılmaması işletim sırasında ve/veya ayrıca konusunda ekstra masrafların çıkması ile sonuçlanacaktır.

Bu da ayrıca kalitesi, tüm lojistik hususlar ve uzun dönemli vizyon göz önünde bulundurularak bu uyumun çapraz olarak kontrol edilmesi için FGD ihalesinin hazırlanması öncesinde detaylı bir ayrıca çalışmasının yapılması gerektiği anlamına gelmektedir.

Uzun dönemli vizyon

FGC ayrıcaçlarının doğru ve tutarlı bir şekilde kullanılması operasyonun düzgün bir şekilde gerçekleşmesinde ve günümüzün katı emisyon gerekliliklerine uygunluğun sağlanmasında kilit rol oynamaktadır. Baca Gazı Temizliği ciddi anlamda yatırım gerektirdiğinden ayrıca kaynağının ekipmanın ömrü ile uyumlu olması çok önemlidir. Potansiyel ayrıca tedarikçilerinin uzun dönem kapasiteleri de toplam ayrıca mülkiyeti ve çalışma giderlerinin optimize edilmesi açısından kilit rol oynamaktadır.

Taş ocağı operasyonu sırasında beklenmedik olaylar meydana gelebilir. Bu risklerin azaltılması için yedek çözümlere ve/veya yeterli depolamaya ihtiyaç vardır.

Devreye alma sonrasında tasarlanan spesifikasyonlara uygun ve tutarlı bir yan ürün elde etmek için etkin ve güvenilir bir FGD işletimi gerekmektedir. Prosesin düzenli olarak analiz edilmesi operasyonun optimize edilmesi ve işletim giderlerinin en aza indirilmesi için sistemin ince ayarlarının sürekli yapılmasına olanak sağlar.

Bazı ayrıca tedarikçileri kendi ürünlerinin tesisin genel etkinliği üzerindeki etkisi konusunda daha fazla bilgi sahibidir ve bu tesislerle çalışmak konusundaki önceki deneyimlere dayalı olarak ürün iyileştirme ve optimizasyonu konusunda tavsiyeler sunabilmektedir.

Yan Ürünün Kullanılması [Kaynak 6 ve 9]

Islak sistemlerin yan ürünü olan FGD-alçıtaşı %90 katı olacak şekilde (%10 nem içeriği) suyu giderildikten sonra piyasada satılabilmektedir. FGD-alçıtaşı bulamaç veya suyu giderilmiş halde uçucu kül ile karışmış veya sade olarak arazi doldurma operasyonlarında kullanılmak üzere bertaraf edilebilmektedir. Alçıtaşı duvar kaplamalarının üretiminde de kullanılabilmektedir. Duvar kaplaması imalatçıları yan ürün içeriğinde bulunmasına izin verilen çeşitli safsızlıklara ilişkin katı limitler koyduklarından dolayı tesis ve ayracın yüksek kaliteli alçıtaşı üretimini sağlayacak şekilde optimize edilmesi gerekmektedir [daha fazla bilgi edinmek için EUROGYPSUM normuna² bakınız]. Alçıtaşı beton katkı maddesi veya tarımsal toprak koşullandırıcı olarak da kullanılabilmektedir.

FGC için ıslak kireç ve kireçtaşı gaz yıkayıcılarının yaygınlığının gitgide artması ile birlikte enerji sanayisi yüksek kaliteli alçıtaşı da dâhil olmak üzere oluşan tüm yan ürünlere bir ev bulma mücadelesi ile karşı karşıya kalmıştır.

Kuru Gaz Yıkayıcısının yan ürünlerinin kullanım piyasası daha dardır. Aslında kullanımları bileşimin, uçucu kül içeriği (koleksiyonun ortak veya ayrı olması), yerel mevzuatın ve doğru ortağın varlığının bir fonksiyonudur. Yine de Kuru Gaz Yıkayıcısının yan ürünleri niş uygulamalarında [gübre, inşaat mühendisliği, inşaat, vb.) kullanılabilmekte veya kolaylıkla araziye doldurulabilmektedir.

FGC yan ürünleri için ekonomik çözümlerin bulunması mücadelesi yüzünden yüksek kalitede ayrıca tedarik edebilen ve atık yerine yüksek kaliteli yan ürün üretmek konusunda bilgi sahibi bir ortağa sahip olmak çok önemlidir.

EUROGYPSUM normuna ilişkin bilgiler derneğin web sitesinde mevcuttur.

<https://www.eurogyypsum.org/Uploads/cibsaAttachedFiles/eurogyypsumdz.pdf>



Şekil 12: Yan ürünün yeniden kullanımına bir örnek

5. Sonuç

Yardımcı tesislerin yeni ve daha katı olan mevzuata uygunluğunun sağlanması için gerekli olan iyileştirme projesi

ne olursa olsun önemli olan planlama ve hazırlıktır. Kömür özelliklerinin değiştirilmesi gibi tesis parametrelerinin yanı sıra Avrupa, ulusal, bölgesel ve belediye mevzuatının da değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu parametreler elektrik santralinin temel faaliyeti ile doğrudan bağlantılı değildir. Birçok yardımcı tesis proje kapsamını genişletmek ve gerekli tüm yönleri kapsamak için dâhili veya harici olarak tahsis edilmiş proje ekiplerinin desteğine ihtiyaç duymaktadır.

Gereklikler belirlendikten sonra mevcut tekniklerin ve özellikle de FGC tekniklerinin arasındaki etkileşimlerin değerlendirilmesi stratejik bir karardır. Her ne kadar iyileştirme projesinin her bir kilit ekipman etrafında daha küçük projelere 'ayrılması' teknik seçimini kolaylaştıracak olsa da ara birim spesifikasyonlarının karmaşıklığını fazlasıyla artıracak ve tasarruf (yatırım ve işletme giderleri) sağlayabilecek olan tekniklerin arasındaki çapraz etkilerin en üst seviyeye çıkarılmasını önleyecektir. Projenin tamamına bakıldığında hazırlık aşamasında belki daha karmaşık ve

daha zaman alıcı görünebilir fakat masrafları azaltacak ve uygulamayı basitleştirecektir.

Son olarak şunun altını çizmek gerekir ki projeye başlamadan önce finansal ihtiyaçların tahmin edilmesi ve ele alınması daha düzgün olarak yürütülmesini sağlayacaktır. Ortak seçiminde finansal hususların rol oynadığı aşikârdır fakat yalnızca bununla sınırlı kalmamalıdır. Önerilen çözümün teknik değerlendirmesinin kapsamlı bir şekilde gerçekleştirilmesi ve buna referansların değerlendirmesinin de dâhil edilmesi gerekmektedir. Önceki başarılar önemli bir bilgi kaynağı teşkil etmektedir: geçmişteki müşteriler olası tedarikçilerin güçlü ve zayıf yanları konusunda yöneticileri bilgilendirecek olan en iyi yerlerdir.

Kaynakça

- Kaynak 1: Baeye, R., Feldkamp, M., Dickamp, M., Moser, C., *Long-Term Experiences and Large-Scale Application of CFB (CDS) FGD Technology*, Hamon EnviroServ GmbH, PowerGen International, December 2009.
- Kaynak 2: Bengtsson, S., *Semi - Dry FGD End Product Utilisation*, Alstom Power Environmental Systems AB, Chicago (USA), August 2001.
- Kaynak 3: Blythe, G., Dene, C., *Corrosion in Wet Flue Gas Desulfurization (FGD) Systems*, EPRI, 1st Supplemental Project Meeting, Charlotte (USA), January 2011.
- Kaynak 4: Bönsel, T., Graf, R., *Operating Experience of Circulating Fluidized Bed Scrubbing Technology in Utility Size Power Plants*, FW ENERGIE GmbH, PowerGen Europe, Vienna, June 2013.
- Kaynak 5: Cheremisinoff, N.P., *Handbook of Air Pollution Prevention and Control*, Butterworth-Heinemann, Woburn (USA), 2002.
- Kaynak 6: Collins, R.E., Luckevich, L.M., *Limestone reagent assessments to ensure FGD gypsum quality*, ORTECH Corporation, 5th International Conference on FGD and Synthetic Gypsum, Toronto (Canada), May 1997.
- Kaynak 7: Graf, R., Gutper, W., *Betriebserfahrungen mit einer Trocken-REA für einen 1100 MWth Kohlekessel bei Basin Electric Dry Fork Station*, GRAF-WULFF GmbH, November 2011.
- Kaynak 8: Haneklaus, S., Paulsen, H.M., Schnug, E., *Feldversuche zum Einsatz von Rauchgas-entschwefelungsprodukten als Schwefeldünger*, VGB Kraftwerkstechnik, 1996.
- Kaynak 9: Henkels, P.J., Gaynor, J.C., *Characterizing synthetic gypsum for wallboard manufacture*, American Chemical Society, 1996, pp. 569-574.
- Kaynak 10: Herrlander, B., *Flexibility and turn down of Novel Dry FGD system*, Alstom, PowerGen Europe, Milan, 2011.
- Kaynak 11: Korhonen, T., Lumme, S., Koskiranata, M., Kuukkanen, L., *Flue Gas Cleaning after Multi-Fuel Boilers*, Metso Power, PowerGen Europe, Cologne 2009.
- Kaynak 12: Middelkamp, J., Enoch, G.D., *Influence of Aluminum and fluorine on the limestone reactivity in a wet limestone-gypsum flue gas desulphurization process and the influence of Na, Ca and Mg on both the desulphurization and the gypsum quality*, Kema NV, SO₂ control symposium, Miami (USA), March 1995.
- Kaynak 13: Oskarson, K., Berglund, A., Deling, R., Snellman, U., Stenbäck, O., Fritz, J.J., *A planner's guide for selecting Clean-Coal Technologies for Power Plants*, World Bank, Vol. 1, Washington DC (USA), 1997.
- Kaynak 14: Pachaly, R., *Retrofitting Nitrogen Oxide Control Technology on Coal Fired Boilers*, Emise Redukce Concepty, PowerGen Europe, Milan, 2011.
- Kaynak 15: Patten, D. (PacifiCorp Energy), Licata, A. & Erickson, C. (Babcock Power Environmental Inc), Boward, W. & Williams, B. (Sargent & Lundy LLC), *Unique Retrofit of Forced Oxidized Lime Wet FGD Technology*, Power Gen International, December 2007.
- Kaynak 16: Podda, E. & Le Rose, R. (Alstom), Leoussis, P. & Biniaris, G. (PPC), *Megalopolis WFGD: Project experience and performances of an open spray tower for very high sulfur flue gas*, PowerGen Europe, Milan, 2011.
- Kaynak 17: Sandelin, K., Backman, R., Warnstrom, U., Siikavirta, H., *A description of the mechanism of process problems caused by aluminium fluoride blinding in wet FGD systems*, VGB Powertech, Vol. 7, 1999, p.42.
- Kaynak 18: Sauer H., Baeye, R., Herden, H., *New Aspects of CFB Technology for Flue Gas Cleaning*, PowerGen Europe, Milan, 2002.
- Kaynak 19: U.S. Department of Energy, *Demonstration of Innovative Applications of Technology for the CT-121 FGD Process, A DOE Assessment*, National Energy Technology Laboratory, 2002, pp. 1-39.
- Kaynak 20: Von der Heide, B., *Advanced SNCR Technology for Power Plants*, Power-Gen International, Las Vegas

(USA), December 2011, p.6.

Kaynak 21: Weiler, H., Ellison, W., *Combined Utility Air pollutant control symposium*, EPRI, Washington DC (USA), August 1997.

Kısaltmalar

A/C oranı	Hava-Kumaş Oranı [m/s]	PM 2,5	2,5µm veya daha küçük çaplı Parçacıklı Madde
BAT [MET]	Mevcut En İyi Teknik	ppm	milyonda bir
BATAEL	Mevcut En İyi Teknikle İlgili Emisyon Seviyeleri	SCR	Seçici katalitik indirgeme
BET	Brunauer, Emmet ve Teller (yüzey alanı adsorpsiyonu hesaplama yöntemi)	SDA	Sprey Kurutuculu Absorber
BREF	Mevcut En İyi Teknik Referans Dokümanı	SNCR	Seçici Katalitik Olmayan İndirgeme
CDS	Sirkülasyonlu Kuru Gaz Yıkayıcı	R&D	Araştırma ve Geliştirme
CFB	Sirkülasyonlu Akışkan Yatak	VOC	Uçucu Organik Bileşik
DeSox	Kükürt Giderme		
DSI	Kuru Emici Madde Enjeksiyonu		
ELV	Emisyon Limit Değeri		
ESP	ElektroStatik Çöktürücü		
EU[AB]	Avrupa Birliği		
FF	Kumaş Filtre		
FGC	Baca Gazı Temizleme		
FGD	Baca Gazı Kükürtünün Giderilmesi		
FGT	Baca Gazı Arıtması		
IED	Endüstriyel Emisyon Direktifi		
INFR	Fırın-ıçi NOx İndirgemesi		
IPPC	Entegre Endüstriyel Kirlilik ve Kontrolü		
KPI	Temel Performans Göstergesi		
LCP	Büyük Yakma Tesisi		
LSFO	Kireçtaşı Güdümlü Oksidasyon		
MWel	Megawatt [Elektrik]		
PM	Parçacıklı Madde		

EPPSA

Avrupa Elektrik Santrali Tedarikçileri Derneği
Avenue Adolphe Lacomblé 59/8
B-1030 Brussels
Telefon +32 2 743 29 86
Faks +32 2 743 29 90
www.eppsa.eu



www.eppsa.eu