

TERMİK SANTRALLERDE PERFORMANS İYİLEŞTİRME VE REHABİLİTASYON İHTİYACI*

Harun BİLİRGEN

*Ph.D., Lehigh University
Energy Research Center, 117 ATSS Drive
Bethlehem, PA 18015
hab4@lehigh.edu*

ÖZET

Başlıca CO₂ emisyon kaynaklarından birisi olan termik santrallerin yakın gelecekte var olabilmeleri için katı çevre yasalarına uygun hâle getirilmeleri ve aynı zamanda rekabetçi enerji piyasasında kârlı olarak elektrik üretebilmeleri zorunludur. Bu ise ancak titiz bakım, uygun rehabilitasyon ve modern teknolojiler uygulayarak mümkün olabilir.

Bu makalede termik santrallerdeki iyileştirmelerin; ünite verimlilik, emisyon ve emre amadelikleri açısından önemi rehabilitasyon vurgusu yapılarak tartışılmıştır. Elektro filtre rehabilitasyonu öncesi ve sonrası karar süreci ve adımları örnek bir çalışmayla analiz edilmiştir. Yüksek maliyetli rehabilitasyon ihtiyacını ortadan kaldıracak rehabilitasyon öncesi takip edilmesi tavsiye edilen adımlar belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Rehabilitasyon, verimlilik artırma, elektro filtre, torba filtre

Performance Improvements and Rehabilitation Needs in Thermal Power Plans

ABSTRACT

In order for a coal-fired power plant, a major carbon emitting source, to survive in the near future, it has to meet the stringent emission regulations and also generate electricity profitably in a very competitive electricity market. This can only be achieved through rigorous maintenance schedules, proper rehabilitations, and implementing the state-of-the-art technologies.

This article discusses the importance of power plant improvements on unit efficiency, emissions, and availability with the emphasis on the unit rehabilitations. Decision process and action items prior to the electrostatic precipitator rehabilitation work were analyzed in a case study. A number of steps was identified for power plant decision makers that may eliminate the need of a costly rehabilitation work.

Keywords : Rehabilitation, efficiency improvement, electrostatic precipitator, fabric filter

* Geliş tarihi : 28.05.2011
Kabul tarihi : 20.06.2011

GİRİŞ

Dünya elektrik üretiminin yaklaşık olarak yüzde 40'ı kömürden elde edilirken, Türkiye'de bu oran yaklaşık olarak yüzde 27 [1]'dir. Kömürün enerji üretim portföyündeki büyüklüğü göz önüne alınırsa, bu payın yakın zamanda başka bir enerji kaynağıyla yerinin doldurulması oldukça zor gözükmemektedir. Her ne kadar yenilenebilir enerji teknolojilerinde baş döndürücü hızda yatırımlar yapılsa da, enerji arz-talep dengeleri kömürün lehine değişeceğinden kömürün, elektrik üreticileri için cazibesini en azından onlarca yıl daha koruyacağı öngörülmektedir [2].

Her ne kadar kömürün uzun yıllar enerji üretiminde kullanılması öngörülse de, diğer enerji kaynaklarına oranla konvansiyonel kömür teknolojileri ile enerji üretiminde bir düşüş olacağı kaçınılmazdır. Örneği Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'da görüleceği gibi, düşük verimli, baca gazı emisyon kontrol sistemleri yeterli olmayan termik santrallerin işletiminden alınarak atıl hâle getirilmeleri kaçınılmaz olacaktır [3]. Dolayısıyla, işletilmesine devam edilecek kömür santrallerinin her yönüyle çok iyi şartlarda çalıştırılabilmesi gerekmektedir. Termik santrallerin (kömür) en büyük dezavantajlarından birisi olan CO₂ emisyonlarının kademeli olarak düşürülmesi ve günümüz karbon tutma ve depolama (Karbon Capture and Storage - CCS) teknolojilerinin bu ünitelerde uygulanabilir hâle gelmesi için, ünite verimliliğinin belirli bir değerin üzerinde olması zorunludur ki yaklaşık olarak yüzde 10'luk bir verimlilik düşüşüne sebebiyet verecek CCS teknolojilerinin uygulanması sonrasında, net ünite verimi makul değerler içerisinde kalsın [4 - 5].

Termik santrallerin günümüz teknoloji standartlarına uygun hâle getirilmesi ve bu standartlarda işletilmesi özellikle yeni oluşturulacak çevre kanunları, fosil enerji kaynaklarının değerlendirilmesi ve elektrik üretici firmalarının kârlılığı açısından da çok önemlidir. Elektrik üretici firmalarının her bir MW lik elektrik üretiminin maliyet analizini, bunun çevreye ve hatta ülke ekonomisine etkisini çok dikkatli incelemesi gerekir.

Unutulmamalıdır ki, bugünün şartlarına göre işletilebilen bir termik santralin, değişen rekabetçi piyasa şartları, azalan fosil yakıt rezervleri ve yeni çevre kanunlarının yürürlüğe girmesiyle çok yakın bir gelecekte atıl duruma düşmesi kaçınılmaz olabilir. Hemen her ülke için ulusal güvenlik açısından stratejik öneme sahip termik santrallerin gerekli ilgiyi görmeleri bir lüks değil zorunluluktur. Özellikle Türkiye için kömürden üretilmeyen enerji açığının yurt dışından ithal edilen doğal gaz ve ithal kömürle kapatılacağından dolayı kömür santrallerimizin tam kapasite ve en yüksek verimlilikte çalıştırılmaları bir zaruriyettir.

TERMİK SANTRAL İYİLEŞTİRMELERİ

Bir termik santralin verimliliğini yüksek, emisyon değerlerini mümkün olan en minimum seviyelerde tutması ve emre amadelikliğini artırabilmesi için düzenli olarak kısa, orta ve uzun süreli bakımların yapılması şarttır. Santralde yapılması gereken bakım ve iyileştirmeler Şekil 1'de gösterilmiştir. Kısa süreli bakımlar genelde günlük olarak yapılması gereken, durma gerektirmeyen, ünite verilerinin analiz edilmesi, ölçüm cihazlarının ve kontrol ekipmanlarının denetlenmesi gibi günlük bakımlardır. Orta vadeli bakımlar ise yılda bir yapılan önceden belirlenen, planlanan ve ünite durmadan yapılması mümkün olmayan bakımlardır. Bu bakımlar genellikle 3 – 6 hafta arası sürer. Bütün yıl boyunca üniteye meydana gelen arızaların kaydedilmesi, eskiyen değişmesi gereken ömrü azalmış ekipmanların listesi yapılarak ya da önceki tecrübelerle dayanarak belirli periyotlarda değişmesi gereken teçhizatlar yıllık bakımlarda değiştirilir. Örneğin aşınan öğütücü parçalarının değişimi, buhar borularının yenilenmesi, kondenser boru iç ve dış yüzeylerinin temizlenmesi, ya da baca gazı kanal ve kazan sızırdırmaların tamir edilmesi periyodik bakımlarda yapılması gereken çalışmalardan bazılarına örnek gösterilebilir. Üçüncü ve uzun vadeli bakımlar/iyileştirmeler ise ünite rehabilitasyonlarıdır. *Rehabilitasyon, başlıca ünite ekipmanlarının uzun süreli kullanımının sebebiyet verdiği ünite performans ve emre amadelik düşüşlerini önlemek ve bazı hallerde ünite performanslarını orijinal dizayna göre artırmak, ünitenin çevre yasalarına uyumlu olarak çalıştırılabilmesini sağlamak ve ünite ömrünü uzatmak için ünite genelinde yapılan büyük çaplı iyileştirmelerdir.* Rehabilitasyon bir sülfürsüzleştirme (FGD) ünitesinin montajı, toz tutucuların yenilenmesi, kazan/SHT/RHT/ekonomiler yüzeylerinin artırılması, düşük NO_x sistemlerinin montajı gibi ünitenin başlıca büyük ekipmanlarının yenilenmesinin yanı sıra bütün ünitenin bakım/yenilenme işlerini de kapsayabilir. Son zamanlarda tartışılan oksijenli yanma sistemleri, pulverize kömür sistemlerinin dolaşımli akışkan yatak teknolojisine dönüştürülmesi gibi, bir teknolojidenden diğerine geçiş rehabilitasyon tarifinin dışında değerlendirilmelidir.

Şekil 1'de gösterilen bakım/iyileştirme periyotlarının dışında üniteye kontrol dışı özellikle yakıt özelliklerinin değişiminden dolayı problemler ortaya çıkabilir. Kömürdeki değişime bağlı olarak ısı transfer yüzeylerinde kurulum oluşması, hava ön ısıtıcılarında tıkanıklıklar, değirmen performans düşüşleri, elektro filtre toz tutma kapasitesinin azalması gibi üniteye üretim ve verim kaybında sebep veren problemler yaşanabilir. Bu gibi durumlarda problemlerin çözümü için periyodik bakım zamanlarının gelmesi beklenilmeden, çözüm için gerekli girişimler yapılmalıdır. Bunun yanı sıra, teknolojik gelişmelerin takip edilerek uygun teknolojilerin uygulanması ünite performans, emisyon ve

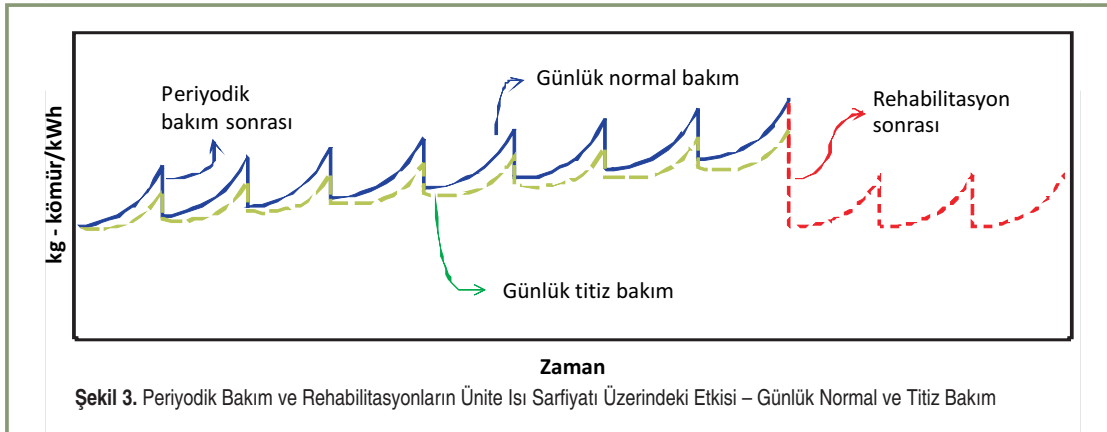
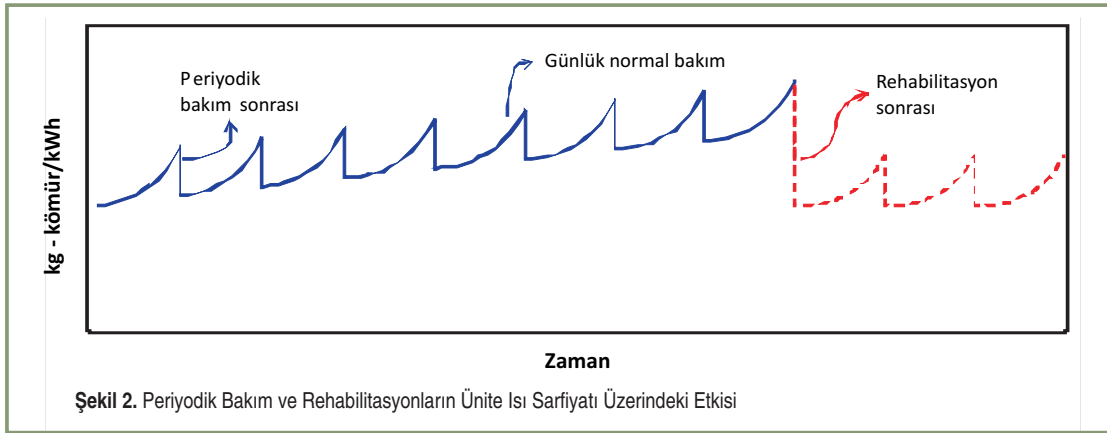
emre amadeligi üzerinde olumlu etki yapacak ve hem periyodik bakım sıkligini azaltacak hem de rehabilitasyon süresini uzatıp rehabilitasyona kadar geçen sürede ünitenin daha verimli çalışması sağlanacaktır. Genellikle yeni teknoloji montajı ünite durması gerektirdiginden yeni teknoloji adaptasyonları periyodik bakım ile rehabilitasyon arasında bir zaman diliminde yapılabilir.



REHABİLİTASYON İHTİYACI

Şekil 2'de ünite performansının zamana göre değişimi günlük normal ve periyodik bakımlar ve rehabilitasyon sonrası durumlara göre temsili olarak gösterilmiştir. Şekil 2 bir kg kömürle üretilen elektrik miktarının (kWh) zamana göre değişimini göstermektedir. Düşey eksen (kg/kWh) ısı oranı göstermekte olup, ünite verimliliği ile ters orantılıdır. Her ne kadar günlük ve periyodik bakımlar ünitenin performanslarını artırsa da üniteye bazı teçhizat ve ekipmanların uzun süreli çalışmadan dolayı işlevlerinde düşüşler olması kaçınılmazdır [6]. Cebri çekiş fanlarının değiştirilmesi, türbin kanatlarının geliştirilmiş kanat dizaynlarıyla değiştirilmesi ya da yanma sisteminin yenilenmesi gibi üniteye yapılan büyük çaplı değişiklikler (rehabilitasyon), ünitenin tekrar ilk işleme alınmasında gösterdiği performansa yakın bir performans göstermesine sebep olabilir. Hatta söz konusu ünitenin ilk işletmeye alındığı zamandan günümüze kadar olan teknolojik gelişmeler göz önüne alınırsa ünitenin her bakımdan orijinal halinden daha iyi bir duruma getirilmesini beklemek gerçekçi bir yaklaşım olur.

Şekil 3'te günlük ünite bakımlarının titiz olarak yapılması durumunda ünite ısı sarfiyatının (kg/kWh) rehabilitasyon



zamanına kadar geçen süre içerisinde tahmin edilen değişimi günlük normal bakım trendine nazaran gösterilmiştir. Günlük bakımların (ya da kısa süreli bakımların) titiz yapılması durumunda, periyodik bakım sıklıklarının azalması ve rehabilitasyon ihtiyacının ertelenmesi çok kuvvetli bir ihtimaldir. Yılda bir defa periyodik bakımın yapılması arzu edilir. Fakat ünitenin durumuna göre periyodik bakımlar iki yılda bir defa yapılabilir ya da yılda bir periyodik bakım yapılması durumunda, mümkün olduğu kadar kısa sürede periyodik bakımın tamamlanması arzu edilir ki bu da günlük bakımların titiz yapılmasıyla mümkün olabilir.

REHABİLİTASYON VE İYİLEŞTİRMELERİN ÜNİTE ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Rehabilitasyonun bir ünite üzerindeki etkisi ünitenin rehabilitasyon öncesi durumu ve yapılan rehabilitasyonun amacına göre değişebilir. Eğer rehabilitasyon öncesi ünite çok düşük bir verimlilik ve kapasite kullanım oranıyla çalışıyorsa, ünite rehabilitasyonu için yapılan yatırımların çok kısa sürede geri dönüşümü mümkün olabilir. Rehabilitasyonlar büyük çaplı ünite ekipmanları yenilenerek yapılabileceği gibi, yıllık periyodik bakım aralıklarına sıkıştırılarak uzun süreli üretim kayıpları olmadan da yapılabilir. Rehabilitasyonun yapılış şekli, süresi ve odak noktası tamamen üniteye özel olarak belirlenmelidir.

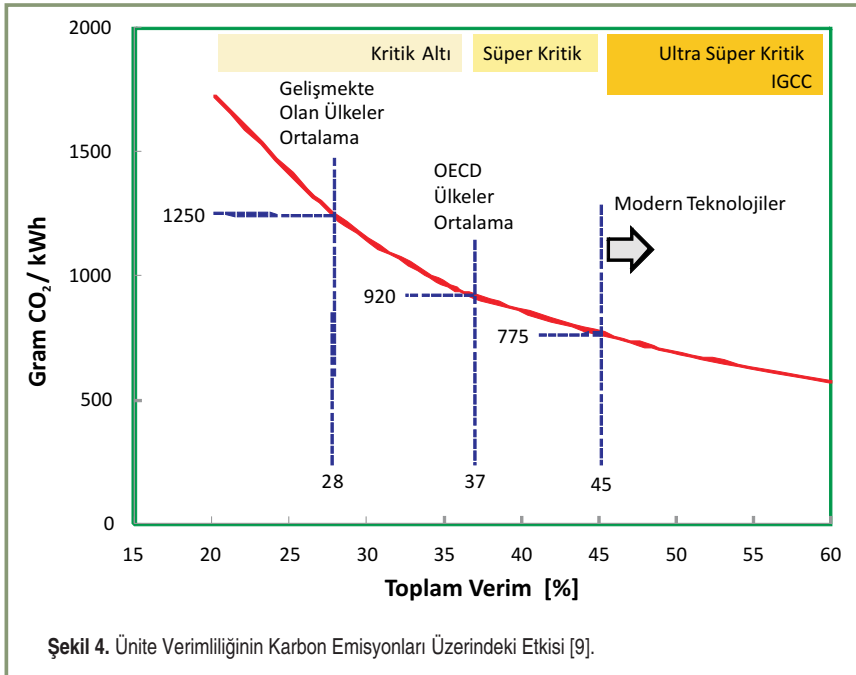
Elektrik üretiminde yakıt giderleri toplam maliyetin yüzde 60 ile 80 arasında bir kısma tekabül eder. Toplam ünite veriminde yüzde 1'lik bir artış yaklaşık olarak yüzde 3'ün üzerinde bir yakıt tasarrufuna sebep olacaktır (toplam ünite

verimliliğinin yüzde 33 olduğu varsayılarak). Yakıt tasarrufu ile birlikte ünite ekipman yıpranmaları ve ünite iç elektrik tüketimi de buna bağlı olarak azalacaktır. Bunun yanı sıra yukarıda bahsedildiği gibi hem CO₂ hem de NO_x, SO_x, Hg ve toz emisyonlarında yakıt tüketim azalmasının doğal sonucu olarak da azalacaktır.

Son yıllarda CO₂ emisyon hacimlerini azaltmak için düşünülen seçenek listesinin en başında ünite verimlilik artırma gelmektedir [7 -8]. Karbon (CO₂) emisyonlarının oldukça büyük bir kısmından sorumlu olan kömür santrallerinin mevcudiyetlerini sürdürülebilmeleri için kademeli olarak karbon emisyonlarını azaltmadan başka seçenekleri yoktur. Bu seçeneklerin en iyimser olanı ise santrallerinin verimliliğini artırmak suretiyle birim miktarda üretilen enerji için daha az miktarda kömür kullanmaktır. Her ne kadar bu seçenek bütün elektrik üreticileri için kâr marjını artıracığından dolayı bir öncelik olsa da, yüksek yatırım maliyeti ve bu yatırımın geri dönüş süresinin uzunluğu elektrik üreticileri için caydırıcı olabilir. Fakat karbon emisyon azaltma kanunlarının yürürlüğe girmesiyle bu süreçteki ekonomik denklem tamamen değişerek kömür santrallerinde verimlilik artırma projeleri çok daha cazip hâle gelecektir.

Şekil 4'te ünite verimliliğinin karbon emisyonları üzerindeki etkisi gösterilmiştir [9]. Gelişmekte olan ülkelerdeki kömür santrallerinde ortalama verim yüzde 28 civarında iken, OECD ülkelerinde ortalama olarak verim yaklaşık yüzde 37'dir. Elektrik üretimindeki verimlilik farklarından dolayı, gelişmekte olan ülkeler bir kWh elektrik üretimi için 1250 gram CO₂ (gram/kWh) sakınımı yaparken, OECD ülkeleri aynı miktarda elektrik üretimi için 920 CO₂ üretmektedirler. Gelişmekte olan ülkeler, OECD ülkeleri CO₂ emisyonu değerini referans alarak kWh başına yaklaşık yüzde 36 daha fazla CO₂ emisyonu yapmaktadır. Dolayısıyla ünite verim artışı çok etkili bir karbon emisyon azaltma stratejisi olarak uygulanabilir.

Kömür santrallerinin çevreye etkisi yalnızca Karbon emisyonlarıyla sınırlı değildir. Nitrojen oksitler (NO ve NO₂ ya da NO_x), kükürt oksitler (SO₂ ve SO₃ ya da SO_x), civa (Hg) ve toz emisyonları da kömür santrallerinin bacasından çıkan çevreye zararlı emisyonlardır. Son yıllarda geliştirilen teknolojilerle yukarıda bahsedilen NO_x, SO_x, Hg ve partikül emisyonlarını yüzde 95 ve daha üzerinde bir verimlilikle azaltmak mümkün hâle gelmiştir [10]. NO_x, SO_x, civa ve toz tutma gibi çevre teknolojileri seçimi ve montajı oldukça karmaşık olabilir ve tamamen söz konusu üniteye özel kararların verilmesi



Şekil 4. Ünite Verimliliğinin Karbon Emisyonları Üzerindeki Etkisi [9].

gerekebilir. Diğer bir deyişle iki farklı üniteye uygulanan aynı teknoloji her bir üniteye değişik performanslar sergileyebilirler. Örneğin NO_x azaltma teknolojileri için birden fazla seçenek vardır; düşük NO_x yanma sistemleri, SNCR (Selective Non Catalytic Reduction), SCR (Selective Catalytic Reduction) ve yanma optimizasyonu. NO_x teknolojilerinin seçiminde ekonomik durum, düşürülmesi gereken NO_x emisyon limitleri, ünite dizaynı, kömür özellikleri ve ünitenin çalışma şartları göz önünde bulundurulmalıdır. Aynı şekilde diğer teknoloji seçimleri içinde üniteye ait özel durumların göz önünde bulundurulması şarttır.

Herhangi bir üniteye iyileştirme yatırımı yapılırken yatırımın en kısa sürede geri ödenebilmesi için “seçici rehabilitasyon” yöntemine başvurulabilir. Bu yöntemde ünite performans, emre amadelik, kapasite artırımı ve varsa uyulması gereken çevre yasalar da göz önünde bulundularak, öncelik sırasına göre bir ekipman rehabilitasyon listesi oluşturulur. Böyle bir listeyi hazırlayabilmek için rehabilitasyon sonucu her bir ekipman için öngörülen performans artışının toplam ünite verimi üzerindeki etkisi yaklaşık olarak bilinmelidir. Yapılan araştırmalar ve saha tecrübelerine dayanarak her bir ekipman rehabilitasyonu ya da diğer iyileştirmelerin ünite performansı üzerindeki etki aralığı Tablo 1 'de gösterilmiştir [11, 12, 13, 14, 15].

1990'lı yılların ortalarından beri termik santrallerde yaygın olarak kullanılan yanma optimizasyonu, kısa sürede ünite durması gerektirmeden uygulanabilir. Yanma optimizasyonu yatırım geri ödemesi çok kısa süreli ve risksiz bir ünite iyileştirme çalışmasıdır. Ünite verimliliği artırılırken aynı zamanda NO_x emisyonları azaltılabilmektedir [8]. Onlarca üniteye uygulanan bu yöntemle NO_x emisyonlarında yüzde 30'a varan bir düşüş ve ünite verimliliğinde yüzde 0.84'e kadar bir artış sağlanması mümkün olabilir.

Türk linyitlerinin yüksek nem ihtiva etmesinden dolayı kömür kurutmanın verimlilik ve emre amadelik artışında çok büyük katkısı olacaktır [12]. Bu teknolojinin ilk yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen, ünite verim artış oranı yatırım geri dönüş zamanını kısaltacaktır. Yapılan teorik, deneysel ve saha çalışmalarının sonucunda kömür kurutma teknolojisinin toplam ünite verimliliğini yüzde 0.1 ile 1.7 arasında artırdığı belirlenmiştir [12].

Son yıllardaki nümerik modelleme (CFD – computational fluid Dynamics) ve bilgisayar teknolojilerindeki (CAD – computer aided design) gelişmelerin yardımıyla türbin kanat ve buhar kanal dizaynları geliştirilmiştir. İleri dizayn türbin kanatlarının montajıyla yapılan türbin rehabilitasyonları hem türbin/ünite verimliliği hem de ünite elektrik üretim kapasitesini yüzde 3'e kadar artırması olağandır. Birçok termik santral mühendisi için bu tip türbin rehabilitasyonları en kârlı yatırım olarak değerlendirilmektedir [16, 17, 18].

Tablo 1, bir termik santralde yapılacak iyileştirme ve rehabilitasyonların ünite verimi üzerindeki etkilerinin alt ve üst sınırlarını göstermektedir [5, 7, 11]. Bu tabloda gösterilen değerler, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki termik santrallerde uygulanan iyileştirme projelerinden elde edilmiştir. İyileştirme/rehabilitasyon yapılan ünitenin durumuna göre bu değerlerin değişeceği çok kuvvetli bir ihtimaldir. Eğer ünite uzun süre bakımsız bırakılmışsa iyileştirme ya da rehabilitasyonun ünite verimi üzerindeki etkisi bu tabloda belirlenen limitlerin daha üzerinde olacaktır. Tablo 1'de gösterilen iyileştirmelerin tamamının bir santralde uygulanabilmesi çok düşük bir ihtimaldir. Örneğin çok düşük nemli kömür yakan bir santralde kömür kurutmanın verimlilik üzerinde bir etkisi olmayacaktır. Bu Tabloda sunulan veriler, bir termik santraldeki mühendis için seçici rehabilitasyon diye tabir ettiğimiz metodu uygulamada yardımcı olacaktır.

Tablo 1. İyileştirme/Rehabilitasyon Sonrası Muhtemel Verimlilik Artışları

İyileştirme/Rehabilitasyon	Ünite Verimliliği %	
	Alt limit	Üst limit
Yanma Optimizasyonu	0.,15	0.84
Kurum Üfleyici Optimizasyonu	0.10	0.65
Kömür Kurutma	0.10	1.70
RHT/SHT Buhar Sıcaklığı Kontrolü	0.00	0.75
Hava Ön Isıtıcıları Bakım/Sızdırmazlık	0.16	1.50
Değirmen Bakım ve Ayarları	0.05	0.80
Besleme Suyu Isıtıcıları Bakımı	0.20	2.00
Kondenser Bakımı	0.70	2.40
Türbin Modifikasyonları	0.84	2.60
Baca Gazı Isı Geri Kazanımı	0.30	1.50
Proses Kontrol/Enstrüman	0.20	2.00
Soğutma Sistemi Bakımı	0.20	1.00
Isı Transferi Yüzeyi Artırma	0.40	0.80
ID/FD Fan-VFD	0.08	0.42
TOPLAM	3.48	18.96

Son zamanlarda termik santrallerin daha sıkı çevre mevzuatlarıyla karşı karşıya kalmalarından dolayı ünite emisyonlarını çevre kanununda belirtilen limitlerin altına düşürme zorunluluğu vardır. Bu durum elektrik üreticilerini hem yeni teknolojiler seçiminde hem de hâlihazırda kullanılan teknolojilerin başka bir teknolojiyle değiştirilip değiştirilmemesi hususunda kısa sürede ve doğru kararlar vermeye zorlamaktadır. Toz tutma teknolojileri bu duruma güzel bir örnek olarak gösterilebilir.

Bir rehabilitasyona örnek teşkil etmesi bakımından, aşağıdaki kısımda toz tutucular rehabilitasyonunda takip edilmesi gereken adımlar belirtilerek teknik analizler yapılmıştır.

ÖRNEK ÇALIŞMA - TOZ TUTUCU REHABİLİTASYONU

Termik santrallerde en yaygın olarak kullanılan toz tutma teknolojilerinin başında elektro filtreler (ESP) gelir. On dokuzuncu yüzyılın başlarında geliştirilen bu teknoloji, yüzde 99'un üzerinde toz tutma verimliliğiyle onlarca yıldır bütün dünyada kullanılmaktadır. Ülkemizde de pulverize kömür santrallerinin tamamında toz tutucu olarak elektro filtreler kullanılmaktadır. Uçucu kül elektrik rezistansı, hızı, büyüklüğü, kül içerisindeki yanmamış karbon oranı, baca gazının elektro filtre içerisindeki homojen dağılımı elektro filtre verimliliğini etkileyen başlıca faktörlerdir. Bunun yanı sıra baca gazı ya da uçucu kül sıcaklığı, nemi, baca gazı içerisindeki kükürt trioksit konsantrasyonları ve uçucu kül rezistansını doğrudan etkiledikleri için elektro filtre verimliliğini belirlemede önemli faktörlerdir. Bir elektro filtrenin performansını kabul edilebilir sınırlar içerisinde tutmak için uçucu kül rezistans değerinin belirli bir aralıkta tutulması şarttır. Normal aralığın dışında elektrik rezistans değerine sahip uçucu kül elektro filtre plakaları tarafından tutulduktan sonra ya kolayca bırakılarak (düşük rezistans) baca gazına tekrar karışır ya da tutulduktan sonra plakalar üzerine yapışıp (yüksek rezistans) kaldıkları için, kalın bir tortu tabakası oluşturarak elektro filtrenin verimliliğini olumsuz yönde etkilerler.

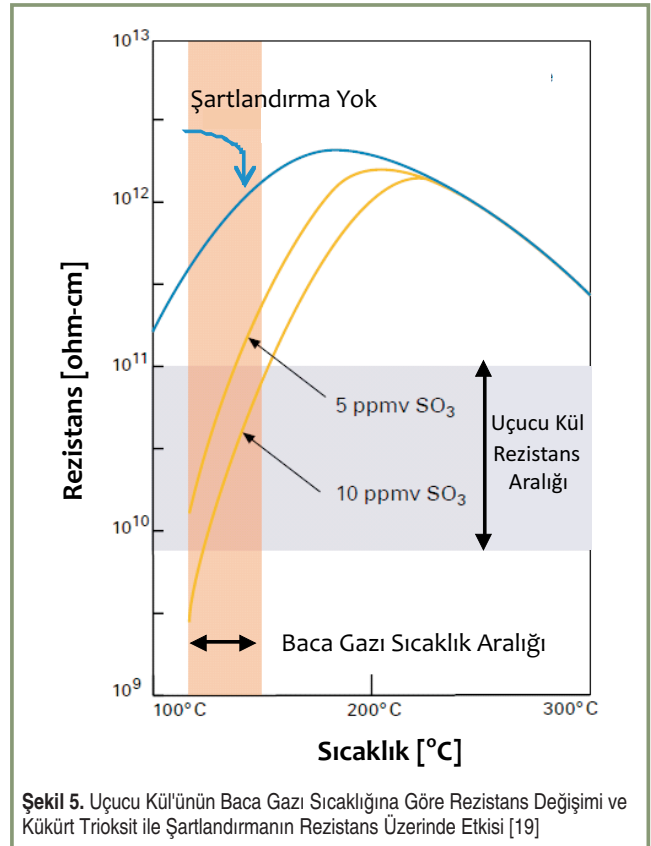
Bir ünitenin çalışma şartlarının değişimine göre elektro filtre girişinde baca gazı şartları değişebilir. Kömür özelliğinin değişmesi ya da kazan bakımsızlığı gibi durumlarda, örneğin, baca gazı şartları elektro filtre girişinde değişir ki bu da elektro filtrenin toz tutma performansını olumsuz yönde etkiler. Bu gibi durumlarda ünitenin toz emisyonlarını regülasyonların altında tutabilmek için, ünite mühendislerinin başvurabileceği birkaç yöntem vardır. Bu yöntemler öncelik sırasına göre aşağıda sıralanmıştır.

- 1- Yanma ve elektro filtre optimizasyonu
- 2- Kükürt trioksit (SO_3), amonyak, amonyum sulfat ve sodyum bileşenleri püskürtülmek suretiyle uçucu kül rezistans ayarlaması (baca gazı şartlandırma ünitesi)
- 3- Baca gazı dağılımının iyileştirilmesi için baca kanal modifikasyonları
- 4- Elektro filtre boyutunun artırılması
- 5- Elektro filtre rehabilitasyonu (tamamen yeni bir dizayn ile değiştirilmesi)
- 6- Elektro filtrenin torba filtre ile değiştirilmesi

Yanma ve elektro filtre optimizasyonu en ekonomik ve kısa sürede uygulanabilecek yöntemlerdir. Ünitenin durması gerekmez ve 2-3 ay gibi kısa bir süre içerisinde baca toz emisyonlarının düşürülmesi için kazan ve elektro filtre optimizasyonları yapılabilir [15, 17]. Bu optimizasyonların

amacı elektro filtre giriş baca gazı sıcaklık ve dağılımlarını elektro filtre dizayn şartlarına mümkün olduğu kadar yaklaştırabilmektir. Üniteye özel, kazan ve elektro filtre parametreleri belirlenerek yapılacak optimizasyon çalışması, kısmen kısa sürede, yatırım maliyeti gerektirmeyen, ünite çalışırken uygulanabilecek cazip bir çözüm yöntemi olabilir [26].

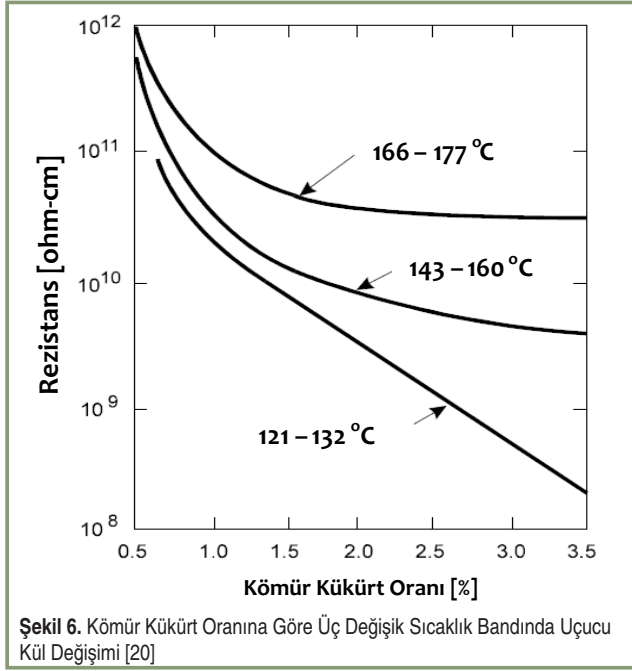
İkinci yöntem ise, uçucu kül rezistansının değerlerine göre belirlenebilecek bir baca gazı şartlandırma ünitesinin dizayn ve montaj edilmesidir. Baca gazı şartlandırma ünitesinin görevi, çeşitli sebeplerle optimum çalışma penceresinin dışına çıkan uçucu kül rezistansının tekrar pencere içerisine çekilmesidir. Şekil 5'te uçucu kül rezistansının baca gazı sıcaklıklarına göre değişimi gösterilmiştir [19]. Ayrıca, kükürt trioksit ile baca gazını şartlandırmanın (iki farklı dozajda, 5 ve 10 ppmv) uçucu kül rezistansına etkisi gösterilmiştir. Bu Şekilden de görüleceği gibi baca gazı şartlandırmama durumunda söz konusu elektro filtrenin verimli çalışması mümkün gözükmemektedir. Baca gazı çıkış sıcaklığı dağılımı göz önüne alınarak, değişik noktalarda değişik miktarlarda kükürt trioksit püskürtülmesi dizayn edilen çalışma şartlarının dışına çıkan elektro filtrelerin verimliliklerini artırmak için birçok termik santral tarafından uygulanan bir yöntemdir.



Şekil 5. Uçucu Kül'ün Baca Gazı Sıcaklığına Göre Rezistans Değişimi ve Kükürt Trioksit ile Şartlandırmanın Rezistans Üzerinde Etkisi [19]

Kömür içerisindeki kükürt oranlarının değişimi uçucu kül

rezistansını etkilediğinden dolayı elektro filtre verimliliği üzerinde etkisi kaçınılmazdır. Kömür kükürt oranının (SO_2) yaklaşık olarak yüzde 0,5 ile 1,0'i kazan içerisindeki oksitlenmeden dolayı kükürt trioksit (SO_3)'e dönüşür. Dolayısıyla kömür kükürt oranının artmasıyla sülfür trioksit oranda artar ki bu da uçucu kül rezistivitesinin azalmasına tekabül eder (Şekil 6).



Şekil 6. Kömür Kükürt Oranına Göre Üç Değişik Sıcaklık Bandında Uçucu Kül Değişimi [20]

Bir santral mühendisinin başvuracağı üçüncü yöntem ise baca gazı elektro filtre giriş kanallarını modifiye ederek baca gazının filtre girişi öncesi hem akış hem de sıcaklık dağılımlarının homojen hâle gelmesini sağlamaktır. Birçok uygulamada elektro filtreler hava ön ısıtıcılarından hemen sonra montaj edildiklerinden dolayı elektro filtre girişinde baca gazı sıcaklığında 60 °C'ye varan değişimler gözlemlenebilir [21]. Şekil 5 tekrar gözden geçirildiğinde 60°C'lik sıcaklık farkının elektro filtrenin farklı iki kenarında akan uçucu küller için çok ciddi boyutlarda rezistivite farkı yaratacağı görülecektir ki bu da elektro filtre verimliliğinde ciddi düşümlere sebep olacaktır.

Ünite şartlarının değişme durumlarının dışında, elektro filtrelerin marjinal olarak dizayn edilme durumları da olabilir. Uzun yıllar önce yapılmış bir elektro filtrenin günümüz çevre mevzuatının öngördüğü emisyonları sağlaması çoğu durumlarda imkansız olabilir. Bu durumda, elektro filtrenin fiziksel durumu dikkate alınarak elektro filtreye ek bölmeler koyarak kısmi rehabilitasyon uygulanabilir. Elektro filtrelerin ilk bölümlerinin toz tutma kapasitelerinin sonraki bölümlerden daha yüksek olması bilindiğinden dolayı akış yönünde dik ilave bölmeler eklemek suretiyle toz tutma verimliliği artırılabilir.

Yukarıda belirtilen adımlardan yeterli sonuçlar alınamazsa, elektro filtrenin bir yenisıyla değiştirilmesi ihtimali düşünülmelidir. Bu ihtimal hem dizaynın iyileştirilmesi hem de eskimiş/yıpranmış elektro filtrenin tamamının değiştirilmesi söz konusu olduğundan işletim açısından cazip olabilir. Bu aşamada, elektrik üreticisi yatırım maliyetinin büyüklüğü, uzun süreli rehabilitasyon çalışmasından dolayı elektrik üretim kaybı, son yıllarda piyasaya sunulan toz tutma teknolojilerinin çeşitliliği ve performanslarıyla yakın gelecekte zorunlu olarak uygulamaya konulacak, zorunlu çevre kanunlarını göz önünde bulundurarak bir karar verecektir.

Elektro filtrelerin rehabilitasyonuna karar verilmesi durumunda alternatif toz tutma teknolojilerinin de araştırılarak elektro filtrelerle avantaj ve dezavantajlarının kıyaslanması gerekmektedir. Termik santraller için elektro filtre toz tutma teknolojisinin tek alternatifi torba filtrelerdir. Torba filtre toz tutucular binlerce silindir şekle sahip hücrelerden oluşan bir yapıya sahiptirler. Filtre malzemesi olarak genelde teflon, fiberglas, polyester, cam elyafı ya da uygulamaya özel seçilebilecek diğer malzemeler kullanılır [22, 23]. Uygun olarak dizayn edilmiş bir torba filtre dizayn edilen şartlar altında çalıştırılması durumunda yüzde 99.9'un üzerinde bir toz tutma verimliliğine ulaşabilir [22, 23]. Özellikle küçük toz parçacıklarının tutulmasında torba filtreler elektro filtreler göre daha etkindirler. Torba filtrelerin yüksek verimlilik değerlerine ulaşmasına rağmen uygulanması durumunda sebebiyet vereceği ilave basınç düşümü, operasyonel ve bakım sorunları göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca torba filtrelerin düşük kaliteli linyit yakan santrallerdeki verimliliği ve bir o kadar daha önemli olan problemsiz olarak uzun süreli işletilebilmeleri ve bakım zamanlarının makul zamanlara çekilebilmesi çok önemlidir. Torba filtre gözeneklerinde oluşabilecek muhtemel asit (HCl , H_2SO_4 ve HNO_3 gibi asitler) yoğunlaşmasını önleyebilmek için gerekli dizayn, malzeme seçimi ya da operasyonel tedbirlerin alınması şarttır.

Torba filtrelerin yüksek toz tutma verimliliklerinin yanı sıra civa emisyon kontrolü amaçlı aktive edilmiş karbon sorbent püskürtme sistemleri kullanılması durumunda elektro filtrelerle kıyaslanamayacak kadar civa emisyon gidermede avantajları vardır. Aynı şekilde, torba filtreler sorbent püskürtme sistemleriyle SO_2 , SO_3 (SO_x) ve ağır metal emisyon tutma verimliliğini de ciddi oranda artırmaktadırlar.

Torba filtre sistemlerinde filtre ömürleri kullanılan torba filtre teknolojisi, bakım sıklığı, ünite işletme şartları ve yakılan kömür cinsine göre değişir. Amerika Birleşik Devletleri'nde torba filtre kullanan kömür santrallerinde çalışan mühendislerin tecrübelerine dayanarak filtre değiştirme zaman aralığı üç ile sekiz yıl arasında değiştiği söylenebilir. Filtre değiştirme zaman aralığının üniteden üniteye çok büyük

farlılıklar göstermesi düşündürücü bir husus olmakla beraber torba filtrelerin yukarıda bahsedilen üniteye özel şartlara ne kadar kuvvetli bağlı olduğunun bir göstergesi olarak algılanmalıdır.

Bunların yanı sıra ilk yatırım ve işletim maliyetlerinin dikkatli olarak analiz edilmesi gerekmektedir. Çoğu zaman göz ardı edilen ekipman işletmeye alındıktan sonra üniteye birtakım problemler ortaya çıkabilir. Yapılan değişiklik ya da yeni ekipman kısa süreli performans testlerini geçse dahi ünite mühendisleri uzun süreli operasyonlarda dizayn esnasında hesaba katılmayan birtakım detaylardan dolayı operasyonel problemlerle karşı karşıya kalabilirler. Bu sebepten dolayı rehabilitasyon sonrası bakım, onarım ve iyileştirme proseslerine yapılan rehabilitasyonun uzun süreli başarılı sonuçlar vermesi için çok önemli adımlardır.

Rehabilitasyonlarda dikkat edilmesi gereken önemli hususların en başında ölçüm cihazları seçim, bakım ve hassasiyetlerinin doğru seçilmesi gelir. Seçilen teknolojiye bağımsız olarak toz tutucuya giren ve toz tutucudan dışarı çıkan toz konsantrasyonlarının doğru olarak ölçülmesi en az toz tutucunun performansı kadar önemlidir. Ayrıca ölçüm cihazının yerleştirildiği nokta ve konumu da ölçüm doğruluğunda önemli rol oynar [24].

SONUÇ VE ÖNERİLER

Karbon emisyonlarının yeni çıkacak yasalarla zorunlu hâle gelecek olması, nitrojen oksit (NO_x), kükürt (SO_x), toz ve civa emisyonları için hâlen yürürlükte olan veya yürürlüğe girecek çevre yasaları ve artan kömür fiyatları termik santrallerin verimli bir şekilde çalıştırılmasını zorunlu kılan faktörlerdir. Her ne kadar bütün santrallerin öncelikli amaçlarından biri ünite verimliliklerini artırmak olsa da, yapılacak yatırımların büyüklüğü ve buna bağlı olarak yatırım geri dönüş zamanı uzun olduğundan, bazı iyileştirme çalışmaları yapılamamaktadır. Birçok iyileştirme çalışmalarının dikkatli teknik ve ekonomik analizleri yapıldıktan sonra çok cazip hâle gelebileceği düşünülmektedir. Özellikle seçici rehabilitasyon uygulaması durumunda hem yüksek verimlilik sağlayacak yeni ekipmanlar ve teknolojiler montaj edilecek hem de ünite uzun süreli üretim kayıplarına maruz kalmayacaktır.

Bir ünitenin ya da onun bir ekipmanının performansını iyileştirilmesi için rehabilitasyon öncesi takip edilebilecek adımlar vardır. Söz konusu ünitenin/ekipmanın durumu, iyileştirilmesinin amacı ve büyüklüğü, çalışma şartları gibi üniteye özel faktörler dikkatlice incelendikten sonra, takip edilecek yol haritası çizilebilir. Her ne kadar rehabilitasyonlar ünite performansını her yönüyle artırabilse de, yapılacak yatırımın büyüklüğü ve ünitenin elektrik üretim kayıplarından dolayı uğrayacağı ekonomik kayıplar nedeniyle planlanan rehabilitasyonların ertelenme ihtimalleri oldukça yüksektir.

Bu makalede sunulan elektro filtre örnek çalışmasından da anlaşılacağı üzere rehabilitasyonun en son seçenek olarak değerlendirilmesi tavsiye edilmektedir. Rehabilitasyonu düşünülen ekipmanın çalışma prensibi ve çalışma şartları değerlendirilerek yapılacak kısmen küçük çaplı projelerle, rehabilitasyondan elde edilecek iyileştirmeye yakın bir iyileştirmenin sağlanabileceği bazı ekipmanlar için ihtimal dahilindedir. Elektro filtreler de bu ekipmanlar içerisinde düşünülebilir.

Eğer rehabilitasyon öncesi tavsiye edilen adımlar sonucunda istenilen düzeyde bir iyileştirme sağlanamazsa rehabilitasyona karar verilebilir. Bu karardan sonra, rehabilitasyonun başarısını artırmak için, söz konusu ekipman teknolojisiyle bu teknolojiye alternatif olabilecek piyasada mevcut diğer teknolojilerin kıyaslandığı bir fizibilite çalışması, rehabilitasyonun başarısını artırır.

Bu makalede rehabilitasyon ya da ünite iyileştirmelerinin ekonomik ve çevresel boyutları göz önüne alınarak analizler yapılmıştır. Termik santral rehabilitasyonların yerli mühendislik ve iş gücü kullanarak yapılması durumunda ortaya çıkacak proje pazarı ülkemizde teknoloji gelişimi ve işsizlik azalmasına ciddi katkılar sağlayacaktır. Özellikle termik santrallerimizin hava kirliliğine sebep olan NO_x, SO_x, Hg ve toz emisyonlarının düşürülmesiyle yerel halk daha sağlıklı çevre şartlarında yaşayacak, termik santrallerin sebep olduğu iddia edilen ciddi sağlık problemleriyle karşı karşıya kalmayacaklardır [25].

Sonuç olarak, uygun ve zamanında yapılacak termik santral iyileştirmeleri ve rehabilitasyonları bir zorunluluktur. Ama iyileştirme sürecinde ekonomik, teknik ve sosyal faktörler göz önüne alınarak çok titiz bir yol haritası belirlenmelidir.

KAYNAKÇA

1. **Türkyılmaz, O., Yılmaz, S., Direskeneli, H., Özdemir, C., Gedik, H., Levent, B.** 2010. "Türkiye'de Termik Santraller," TMMOB Makina Mühendisleri Odası Raporu, Yayın No.: MMO/2010/526, Ankara.
2. **Direskeneli, H.** 2008. "Elektrik Üretim Sistemlerinde Enerji Verimliliği," Enerji Verimliliği Konferansı, Ankara.
3. **Welch, C., Lindblom, M.** 2011. "Agreement Reached to Stop Burning Coal at Centralia Power Plant," The Seattle Times Company Newspaper.
4. **Geisbrecht, R. A.** 2008. "Retrofitting Coal-fired Power Plants for Carbon Dioxide Capture and Sequestration – Exploratory Testing of NEMS for Integrated Assessments," DOE/NETL, 2008/1309.
5. **Levy, E.K., Walsh, J.M., Bilirgen, H., Romero, C., Laurenzi, I.** 2010. "Effect of Heat Rate Upgrades on Performance of Coal-fired Power Plants With Post-Combustion CO₂ Scrubbers," Proceedings 35th International Technical Conference on Clean Coal & Fuel Systems, Clearwater, June 6 to 10, Florida.

6. **Tavoulareas, S.** 2009. "Thermal Power Plant Rehabilitation: An Urgent Need and an Opportunity," Renovating Asia's Coal-fired Power Plants to Improve Efficiency, Asian Development Bank Headquarters, June 15, Manila.
7. **Nichols, C., Zaremsky, C., Vaux, G., Murphy, J., Ramezan, M.** 2008. "Reducing CO₂ Emissions by Improving the Efficiency of the Existing Coal-fired Power Plant Fleet," DOE/NETL-2008/1329.
8. **Bilirgen, H.** 2010. "Heat Rate Improvement and Emission Reduction in PC-Fired Power Plants via Combustion Optimization," International Energy and Environment Fair and Conference, Istanbul.
9. **Ricketts, B.** 2006. "Focus on Coal," A briefing note prepared in June 2006 with November 2006 updates, International Energy Agency: Focus on Asia Pacific.
10. **Bilirgen, H.** 2009. "Temiz Kömür Teknolojileri," ODTÜ Mezunlar Derneği Temiz Kömür Teknolojileri Paneli, Ankara.
11. **Hasler, D.** 2009. "Coal-fired Power Plant Heat Rate Reductions," Sargent & Lundy, Final Report, SL – 009597.
12. **Bilirgen, H., Caram, H., Levy, E. K., Romero, C. E., Sarunac, N., Wei, D., Yao, J.** 2006. "Use of Power Plant Waste Heat to Reduce Coal Moisture Provides Plant Performance and Environmental Benefits," Lehigh Energy Update, Vol.: 24 (2), August, Bethlehem, USA.
13. **Bilirgen, H., Levy, E. K.** 2005. "Heat Rate Benefits of Coal Flow Balancing," EPRI Heat Rate Improvement Conference, Iowa.
14. **Brostmeyer, S. C.** 2009. "Turbine Efficiency Improvements for Existing Power Plants-How Technology Can Revolutionize Efficiency," Testimony before the Select Committee on Energy Independence and Global Warming US House of Representatives.
15. **Basaran, M.** 2008. "A Systematic Approach to Rehabilitations in Power Plants," German-Turkish Workshop on Sustainable Energy, November 12-14, Gebze, Kocaeli.
16. **Ellis, C.** 2010. "Upgrading Older Steam Turbines," Power Engineering.
17. **Murmann, U., Cooper, J. M., Radecki, M.** 2010. "Retrofitting Boswell Energy Center," Power Engineering, September.
18. **Potter, K., Olear, D.** 2005. "The Value of Steam Turbine Upgrades," Power-Gen Worldwide Magazine.
19. Flue Gas Conditioning Kitapçığı, 2011. PENTOL GmbH, Germany.
20. **White, H. J.** 1977. "Electrostatic Precipitation of Fly Ash," APCA Reprint Series, Journal of Air Pollution Control Association, Pittsburgh.
21. **Bilirgen, H., Zheng, Y.** 2006. "Flow Measurements at the ESP Inlet at Bridgeport Harbor Station Unit 3," ERC Report No: 06-400-05-05, January 20.
22. **Lugar, W. T., Klosterman, F., Endrizzi, J., Schreurs, S., Haggerty, D. J.** 2010. "Big Stone Remodels ESP into Pulse Jet Fabric Filter," POWER Magazine, March.
23. **Johnson, M., McMenus, M.** 2011. "Boiler Derates Caused by Inadequate Fabric Filter Performance: Lessons Learned at a Midwest Utility Plant," Power Engineering, Volume 115, No: 4.
24. **Bilirgen, H., Elshabashy, A.** 2003. "Opacity Predictions on the 74th Street Stack Flows by Computational Fluid Dynamics," ERC Report No: 03-400-16-21, August.
25. **Yılmaz, O.** 2011. Kişisel iletişim, Mayıs.
26. **Bilirgen, H., Romero, C. E., Li, X.** 2003. "Optimization of a Marginally Designed ESP at Hudson Station," ERC Report, May.