



TERMİK SANTRALLARDA VERİM NEDEN DÜŞER? VERİMİ ARTIRMAK İÇİN NELER YAPILABİLİR?



Muzaffer BAŞARAN
EÜAŞ Emekli Genel Md. Yrd.
MMO İstanbul Şubesi, Enerji
Komisyonu

ENERJİ VE TABİİ KAYNAKLAR BAKANLIĞI,
ENERJİ VERİMLİLİĞİ SEMPOZYUMU
24 ŞUBAT 2020, ANKARA

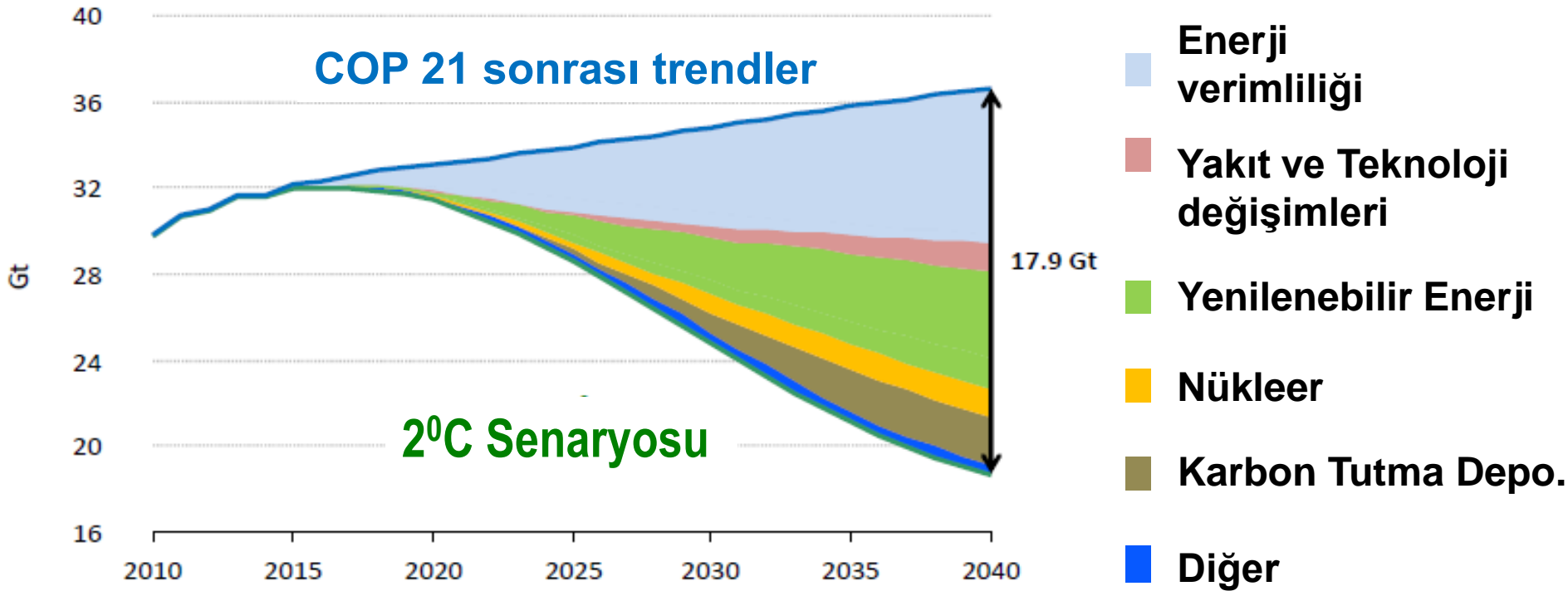
Sunuş Planı

- ❖ Giriş
- ❖ İklim Değişikliği
- ❖ Santralların Yaşlanması
- ❖ Dünya'da Rehabilitasyon
- ❖ Verimi artırıcı rehabilitasyonlar
- ❖ Türkiye'de Santralların yaşlanması
- ❖ Strateji Belgelerinde Rehabilitasyon
- ❖ Yeniköy Santrali
- ❖ Kangal Santrali 1. ve 2. ünite
- ❖ Sonuç

Giriş

- ❖ Bugün, Dünya gündemindeki en önemli konu “küresel ısınma” ve “iklim değişikliği” konusudur. Aralık 2009 Kopenhag, Aralık 2010 Cancun, Aralık 2011 Durban, Aralık 2012 Doha, Kasım 2013 Varşova ve Aralık 2014 Lima Zirvelerinde ortalama küresel sıcaklık artışının 2⁰C’la sınırlandırılması konusunda prensipte mutabakata varılmasına rağmen ülkelerin yükümlülükleri konusunda yazılı bir anlaşmaya varılamamıştır. Ancak 12 Aralık 2015’deki Paris Zirvesinde ülkeler tarafından alınacak tedbirler ve yükümlülükler yazılı bir metne dökülmüştür.
- ❖ Paris Zirvesi sonrası UEA Direktörü Fatih Birol sunumlarında alınacak tedbirler konusunda bir grafik sunmuştur.

2°C senaryosu için alınması gereken tedbirler



- ❖ Referans senaryoya göre 2040'da 37 Gton'un üzerinde gerçekleşecek olan yıllık CO₂ emisyonu sıcaklık artışının 2 °C ile sınırlandırılması senaryosuyla 18 Gton'a düşmektedir.
- ❖ Bu düşüşte nükleerin payı %7, karbon tutma ve depolamanın payı %12, yakıt ve teknoloji değişiminin payı %7, yenilenebilir enerji ve biyoyakıtların payı %30 iken enerji verimliliğinin payı %41 olmaktadır.

Santralların Yaşlanması

Santrallar yaşlandıklarında dizayn edildikleri performansın gerisine düşmeye başlarlar. Emre amadelikleri, güvenilirlikleri ve verimleri düşer. Yaşlanmanın dört temel nedeni vardır.

- ❖ Sünme (Creep): Katı maddelerin aşırı stresin etkisiyle daimi olarak şeklinin değişmesidir. Sünme uzun süre sıcaklık ve basınca maruz kalan malzemelerde daha ciddi bir sorundur.
- ❖ Yorulma (Fatigue): Peryodik olarak inip çıkan (cyclic) yüklere veya strese tabi olan malzemelerde zamanla ilerleyen, lokal olarak yapısal hasarlara yorulma denir. Yorulma hasarı kümülatiftir. Yük ve stres ortadan kalksa da malzeme eski haline dönemez.
- ❖ Korozyon (Corrosion): Bir malzemenin çevresiyle kimyasal tepkimeye girerek temel özelliklerini kaybetmesine korozyon denir. En çok bilinen şekliyle metallerin elektronlarını kaybederek su veya oksijenle reaksiyona girmesidir.
- ❖ Aşınma (Wear & Tear): Katı yüzeyler, diğer katı, sıvı veya gaz maddelerin sürtünmesiyle aşınırlar.

AE A'DA TERMAL VERİMİ DÜŞÜREN UNSURLAR

Sebeep	Heat Rate (kCal/kg)	Verim (%)
Dizayn değeri	2.352	36,6
Hava kaçağı	269,8	-3,8
Yüksek baca gazı sıcaklığı	74,5	-0,9
YB besleme suyu ısıtıcı devre dışı	73,5	-0,9
Kondenserde yüksek vakum	51,8	-0,5
YB türbininde verim kaybı	32,5	-0,4
Tekrar kız. püskürtme suyu fazla	24,1	-0,2
Diğer	46,8	-0,5
Ölçülen değer	2.925	29,4

Kaynak: Chubu Electric Power Co. Inc., Turkey Assessment of Afsin Elbistan Rehabilitation Final Report, 10.08.2004

Dünya'da Rehabilitasyon, Çin

- ❖ Çin 2017'de elektriğin %71'ini kömürden üretmiştir.
- ❖ Çindeki esas sorun çok sayıda verimi düşük santrallardı. 2000'lerin başlarında Çin'deki kömür santrallarının ortalama verimi %20'lerdeydi. 2006 yılında Japonya ve Avrupa'daki santrallarda kWh başına 300 gr kömür tüketilirken Çin'de bu rakam 366 gramdı. Dolayısıyla verimi düşük küçük santralların kapatılması ve yüksek verimli büyük santralların kurulması stratejisi uygulandı.
- ❖ 2010 yılından önce 50.000 MW küçük kapasiteli santralin kapatılması kararı alındı.
- ❖ Çin 2005 -2010 arası karbon yoğunluğunu %19,1 düşürdü ve 2020 sonuna kadar %30 düşürmeyi hedefledi.

Hindistan

- ❖ Elektrik talebi en hızlı artan ülkelerdendir ve 2017'de elektriğin %74'ünü kömürden elde etmiştir. Ancak bu santralların çoğu yaşlandığından verim ve emre amadelikleri düşmüştür. Bu sebeple kapsamlı bir rehabilitasyon çalışması başlatılmıştır. Hedef: üretimi %30, verimi %23, çevresel etkileri %47 ve santral ömürlerini 15-20 yıl uzatmak olarak belirlenmiştir.
- ❖ Kazanlarda değirmenler büyütülmüş, basınçlı parçalar değişmiş, luvolar, yakıcılar, elektrofilitreler yenilenmiştir.
- ❖ Türbinlere yeni dizayn kanatlar takılmış, konsenser boruları, pompalar, ısıtıcılar yenilenmiştir.
- ❖ 1. fazda 163 ünitelik, 13.570 MW; 2. fazda 194 ünitelik 20.569 MW, 3. fazda 127 ünitelik 18.991 MW, 4. fazda 14 ünitelik 3.445 MW, 5. fazda 76 ünitelik 16.146 MW rehabilite edilmiştir.
- ❖ Bu rehabilitasyonlarla ortalama verim %29'dan %33-34'lere çıkarılmıştır.

Verim Artırıcı Rehabilitasyonlar

İyileştirme Çalışması	Verim Artışı (%)
Kömür kurutma sistemi kurulması	0,1-1,7
Yanma sistemi optimizasyonu	0,15-0,84
Kazan hava ön ısıtıcı yüzeyi artırılması	2,1
Hava ön ısıtıcısı optimizasyonu	0,16-1,5
Baca gazı nemi alınması	0,3-0,65
Baca gazı ısısının değerlendirilmesi	0,3-1,5
Buhar kaçaklarının azaltılması	1,1
Kurum üfleyicilerin optimizasyonu	0,1-0,65
Cüruflanma ve yanma odası kirlenmesinin azaltımı	0,4
Kül atma sistemi yenilenmesi	0,1
Ölçü kontrol sistemi iyileştirilmesi / yenilenmesi	0,2-2,0
Besleme suyu ısıtıcıları optimizasyonu	0,2-2,0
Kondenser Optimizasyonu	0,7-2,4
Soğutucu sistem performansının iyileştirilmesi	0,2-1,0
Buhar türbini iyileştirilmesi	0,84-2,6

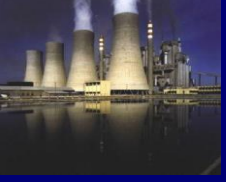
Almanya Niederaussem Santrali

- Almanya'da RWE firmasının 2003 yılında işletmeye aldığı 1.012 MW'lık santraldır.
- Kömür Ruhr havzasının 2500 kCal/kg, %6 kül ve %53,3'lük linyitidir.
- Kazan tek geçişli süperkritik kule tipi kazandır.
- Kızgın buhar sıcaklığı 580 °C ve basıncı 275 bardır.
- Kazan EVT, Babcock, Steinmüller; Türbin Siemens İmalatıdır.
- SO₂ emisyonu max. 200 mg/m³, NO_x emisyonu max. 200 mg/m³ ve toz emisyonu max. 50 mg/m³ 'tür.
- Yatırım maliyeti 1.175 \$/kW'dır. (2002 US \$).

	600 MW'lık bir ünitenin ortalama net verimi	35,5
1	Soğutma Kule optimizasyonu, Kondenser basıncı düşürülmesi	+1,4
2	Baca gazı ısısının değerlendirilmesi	+0,9
3	Buhar parametrelerinin artırılması	+1,3
4	Proses Optimizasyonu	+1,1
5	Daha yüksek verimli Türbin kullanılması	+1,7
6	İç ihtiyacın düşürülmesi	+1,3
	Niederassem TS Net Verim	43,2

TÜRKİYE'DE SANTRALLARIN YAŞLANMASI

Santral adı	Güç (MW)	Yaş
Bursa DGKÇ	1.431	21
Afşin Elbistan B TS	1.420	14
Afşin Elbistan A TS	1.360	35
Ambarlı DGKÇ	1.350	31
Hamitabat DGKÇ	1.120	34
Soma – B TS	900	38
Yatağan TS	630	37
Kemerköy TS	630	26
Seyitömer TS	600	46
Kangal TS	457	30
Yeniköy TS	420	33
Çatalağzı TS	300	30
Tunçbilek B TS	300	41
Çan TS	320	14
Tunçbilek – A TS	69	63
Soma – A TS	44	62



Strateji Belgelerinde Rehabilitasyon

- ❖ Türkiye'deki santrallerin rehabilite edilerek üretimleri ve verimlerinin artırılacağı "Elektrik Enerjisi Sektörü Reformu ve Özelleştirme Strateji Belgesi" başlıklı 17.03.2004 Tarih ve 2004/3 sayılı YPK (Yüksek Planlama Kurulu) Kararında yer almıştır.
- ❖ Başbakan'ın Başkanı olduğu YPK'nın bu kararının 6. sayfasının Arz Güvenliği başlıklı bölümünün 1. maddesinde "saptanan rehabilitasyon ve yenileme yatırımı ihtiyaçlarından çok acil olduğu tespit edilenlerin ivedilikle yapılabilmesi için 2005 yılı bütçesinden yeterli ödenek sağlanacaktır" denilmektedir.
- ❖ Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) "2010-2014 Stratejik Planı"nı hazırlamıştır. Bu raporun 21. sayfasındaki 3.2 no'lu hedefte "Mevcut Kamu elektrik üretim santrallerinde yeni teknolojiler kullanılarak verimi yükseltmek ve üretim kapasitesini artırmak için yapılan bakım, rehabilitasyon ve modernizasyon çalışmalarının 2014 yılı sonuna kadar tamamlanması sağlanacaktır" denilmektedir.
- ❖ Bu hedefin altında da rehabilitasyonu planlanan 10 termik santral listelenmiştir.

Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı

❖ Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 02.01.2018 tarih ve 30289 (Mükerrer) sayılı Resmi Gazetede yayınlanmış ve üretim tesislerinde verim artırma konusu E9 sayılı Eylem koduyla yer almıştır. Buna göre:

Amacı : Fosil yakıtlı termik santrallerin ve hidroelektrik santrallerin enerji verimliliğinin artırılması ve iç tüketimlerinin düşürülmesi için gerekli bakım faaliyetlerinin yürütülmesi, yenileme ve iyileştirme faaliyetlerine dair etüt çalışmalarının yapılması ve gerekli görülmesi durumunda finansal teşvik modellerinin tasarlanmasıdır.

Yürütülecek Faaliyetler :

- Santrallerin toplam üretken (TPM), koruyucu ve önleyici bakım programlarının geliştirmeleri ve uygulamaları takip ve koordine edilecektir.
- Etüt çalışması kapsamına girecek santraller kapasite, yaş, teknoloji, verimlilik, iç tüketim gibi kriterler çerçevesinde belirlenecek, önceliklendirilecektir.
- Finansal ve teknik yapılabilirlik etütleri yürütülecektir.
- Yapılacak planlama çerçevesinde detay faaliyet ve yatırım planlaması yapılacaktır.
- Teşvik ihtiyacı değerlendirilecek ve bu doğrultuda gerekiyorsa teşvik mekanizması tasarlanacaktır.
- Ekonomik olarak yapılabilir ve teknik olarak uygulanabilir olması durumunda gerekli kaynak tahsisi yapılacaktır.
- İzleme, doğrulama ve bilinçlendirme faaliyetleri yürütülecektir.

Yeniköy Santralının Sorunları

- ❖ YEAŞ'ın rehabilitasyon öncesi hazırladığı raporda; 630 ton/saat kapasiteli (210 MW) santral kazanlarının yanma odasındaki son kızdırıcı altındaki sıcaklığın 1050 °C'nin üzerinde (Ölçümlerde 1190 °C) olmasından dolayı kül ergimesi ve neticesinde sıvılaştan curufun borulara sıvandığı, kazanın nefes alamadığı, kazan yanma odasında vakum tutulamadığı, ayrıca yüksek sıcaklıktan dolayı kızdırıcı borularının mikro yapılarında bozulma olduğu, bu nedenle de her ay en az bir defa kızdırıcı boru patlakları olduğu belirtilmektedir.
- ❖ Bu nedenle 210 MW'lık ünitelerin, yani 630 t/h kazan kapasitesinin, 540 t/h'lerde , dolayısı ile ünitelerin 160 – 170 MW güçlerde , 40 MW eksik yükte çalıştırıldığı,
- ❖ Bu şekilde düşük yükte çalıştırmada bile, 3 ayda bir kazan devre harici yapılarak 1 hafta kuru temizlik, 9 – 12 ayda bir de 1 – 1,5 aylık duruş gerektiren yüksek basınçlı su ile temizlik yapılmasının gerektiği anlatılmaktadır.

Yeniköy Santralında Yapılan İşlemler

Yeniköy Santralında rehabilitasyonda yapılan önemli işler şöyle özetlenebilir.

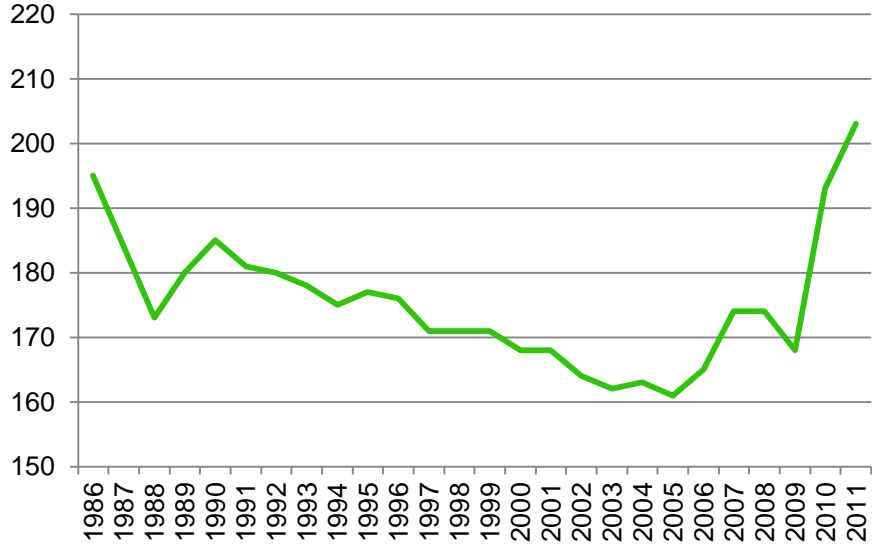
- ❖ Yeni dizayn kömür yakıcıları monte edilmiştir.
- ❖ Yakıcıların üzerine OFA (Over Fire Air) hava nozulları monte edilmiştir. OFA hava nozullarına hava beslemesi için tüm hava kanal sistemi yeniden dizayn edilmiş ve yeni hava sistemi monte edilmiştir. Hava kanallarındaki tüm klapeler tamir edilmiş ve gerektiğinde yenilenmiştir.
- ❖ Basınçlı kısımlardan çatı kızdırıcıları tamamen, kızdırıcı ve tekrar kızdırıcılar kısmen değiştirilmiştir. Luvo'daki (hava ön ısıtıcı) tüm petekler yenilenmiş, yataklar, flanşlar tamir edilmiştir.
- ❖ Kazan domundaki tüm siklon, su seperatörleri ve ayırıcılar değiştirilmiştir.
- ❖ Kızdırıcı ve tekrar kızdırıcı püskürtme valfleri yenilenmiştir.
- ❖ Yeni dizayn sulu kurum üfleyiciler monte edilmiştir.
- ❖ Kazan ve yardımcılıyla yüksek sıcaklıktaki boru ve kanalların izolasyon malzemeleri yenilenmiştir.
- ❖ Kömür yakıcıları, yağ yakıcıları, OFA nozulları için refrakter malzemeler yenilenmiştir.
- ❖ Yeni elektrik motorları ve korumaları monte edilmiştir.

Yeniköy TS'de Rehabilitasyonun Sonuçları

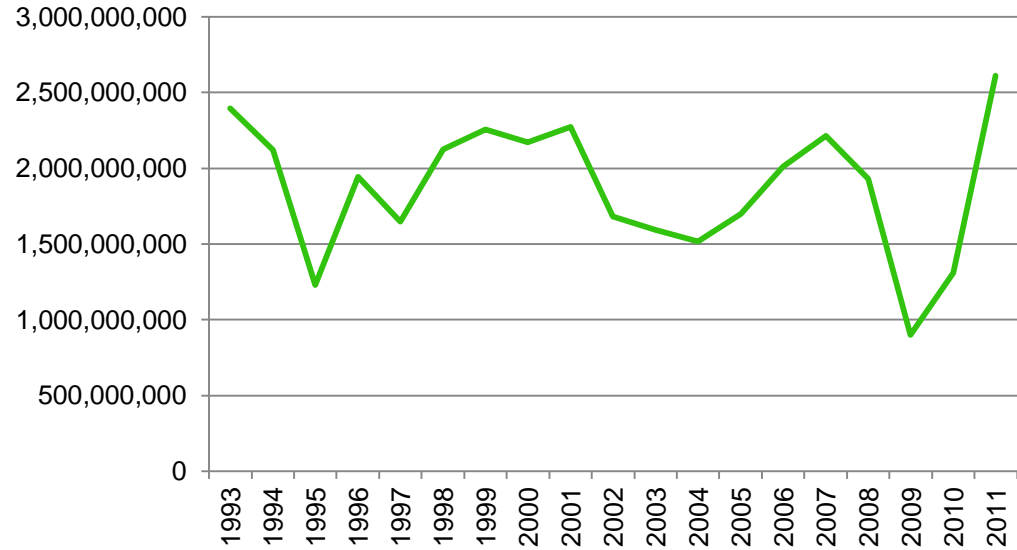
- ❖ Kazanda yapılan rehabilitasyon sonrası gözlenen durum:
 - a. Kazan cürufanma problemi giderilmiştir.
 - b. Kazanda yıl içerisinde hiçbir temizlik ihtiyacı kalmamıştır.
- ❖ Mevcut durumda yıl sonunda bile herhangi bir temizlik ihtiyacı olmamasına rağmen santralin ve diğer ekipmanların genel bakım ve kontrolleri için durulduğunda kazan içerisi basitçe hava tutularak temizlenebilir durumdadır.
- ❖ Kızdıricılardaki boru patlakları durmuştur.
- ❖ Rehabilitasyon sonrasında kül kaymasından dolayı trip yaşanmamıştır.
- ❖ Çatı kızdıricıda herhangi bir deformasyon olmayıp kollektör odasına kül geçişi engellenmiştir.
- ❖ Rehabilitasyon sonrası 1. ünite 9100, 2. ünite 10300 saatin üzerinde çalışmış olmasına rağmen 210 MW civarında üretimi cürufanma olmaksızın sorunsuz olarak gerçekleştirmiştir.

YENİKÖY TS YILLARA GÖRE PERFORMANS

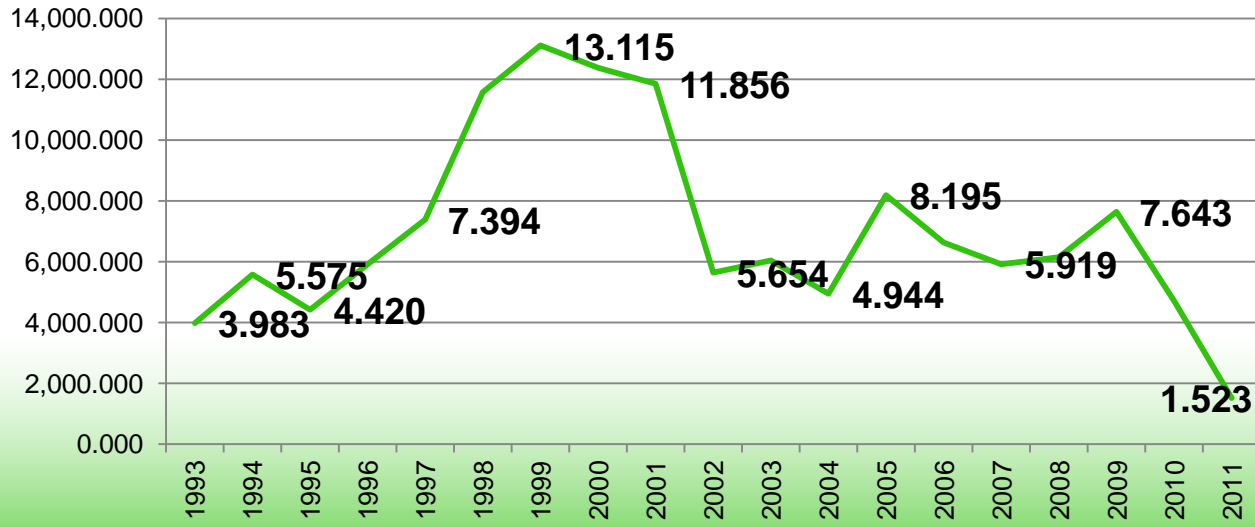
YILLARA GÖRE ORTALAMA GÜÇ (MW)



YILLARA GÖRE ÜRETİM (KWH)



YILLARA GÖRE FUELOİL TÜKETİMİ (TON)



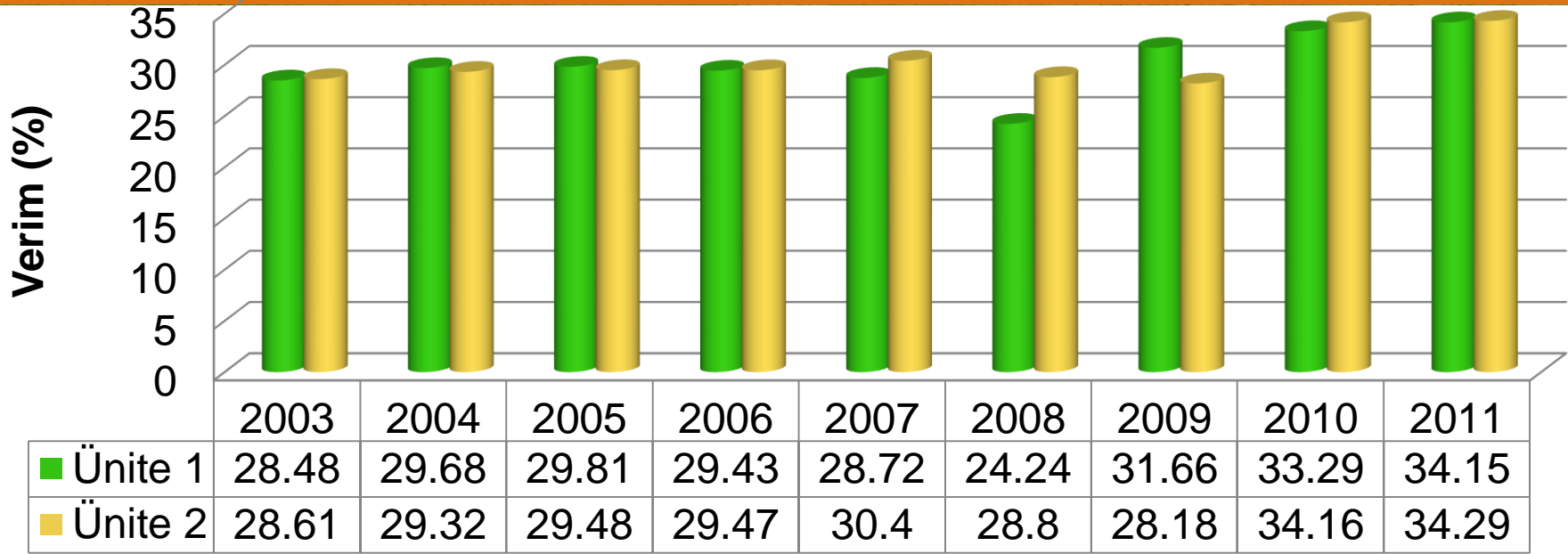
KAZAN REHABİLİTASYONU ÖNCESİ VE SONRASI İŞLETME PARAMETRELERİNİN DURUMU

	REHABİLİTASYON ÖNCESİ ORTALAMA	REHABİLİTASYON ÖNCESİ MAKSİMUM	REHABİLİTASYON SONRASI (2011 YILI)
ÇIKIŞ GÜCÜ (MW)	172	185 (1990)	203
KAZAN VERİMİ (%)	84,64	87,05 (1991)	87,13
TOPLAM VERİM (%)	35,28	36,04 (1998)	36,32
KAPASİTE KULLANIM FAKTÖRÜ (%)	56,15	64,49 (1991)	71
YANMA ODASI ÇIKIŞ SICAKLIĞI (°C)	909,303	987 (1994)	825
KAZANDAKİ PROBLEMLER SEBEBİYLE DURUŞ SAYISI	17	38 (1995)	9
KAZAN BORU PATLAK SAYISI	7	33(2002)	1
LUVO ÇIKIŞ SICAKLIĞI (°C)	170	179 (1999)	160
PÜSKÜRTME SUYU MİKTARLARI (t/h)	106	148 (2003)	65,5
YILLIK ÜRETİM (MWh)	2.034.500	2.396.610	2.611.185
YILLIK ÇALIŞMA SAATİ	11.686	13.473 (1993)	12.872
YILLIK FUEL OİL TÜKETİMİ (TON)	7.148	12455 (2001)	1.693
TOPLAM DEVREDİŞİ KALMA SAYISI	41	56 (2007)	24

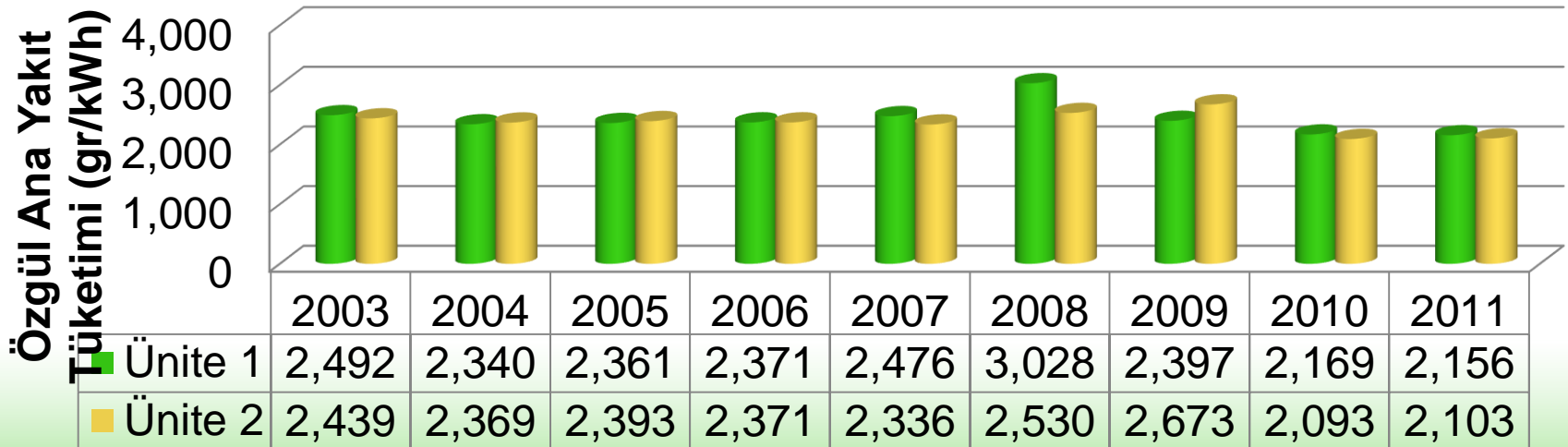
Kangal TS'de Rehabilitasyonun Sonuçları

- ❖ Yapılan rehabilitasyonlar sonucunda 1. ve 2. üniteye yük kısıtlamaları kaldırılmış ve aşağıdaki iyileşmeler kaydedilmiştir.
- ❖ Üretim kapasitesi 120-125 MW iken 145-150 MW'a yükselmiştir.
- ❖ Termik verim % 28-30 civarında iken % 33-34'e yükselmiştir.
- ❖ Özgül ana yakıt tüketimi (başka bir ifadeyle 1 kWh elektrik enerjisi üretmek için ne kadar kömür tüketileceği) 2,4-2,9 kg/kWh'den 2,1-2,17 kg/kWh'e düşürülmüştür.
- ❖ Yardımcı yakıt (fuel-oil ve motorin) tüketimi düşürülmüştür.
- ❖ Özgül ısı tüketimi düşürülmüştür.
- ❖ İç tüketim yüzdesi düşürülmüştür.
- ❖ Bu rehabilitasyon çalışması son yıllarda dünya gündemindeki en önemli konulardan biri olan iklim değişikliğiyle mücadelede de önemli bir adımdır. Linyit yakan termik santrallerde verimde % 1 artış, CO₂ (karbon dioksit) salınımında % 3 azalma sonucu doğurur. Kangal Termik Santrali 1. ve 2. ünitelerdeki verim % 28-30'lardan % 33-34'e çıktığına göre %4 verim artışı olduğunu kabul edersek CO₂ salınımı %12 düşürülmüş olmaktadır.

Kangal TS 1. ve 2. ünitede Performans



Rehabilitasyon Sonrası Verim Artışı



Rehabilitasyon Sonrası Yakıt Tüketiminde Düşüş

SONUÇ

- ❖ Santraller yaşlandıkça performans düşer, verimleri, emre amadelikleri ve güvenilirlikleri azalır.
- ❖ Verimsiz santralleri verimli hale getirmekte temiz enerjidir, çünkü verimdeki her %1 artış, CO₂ emisyonunda %3 düşüş anlamına gelir.
- ❖ Kangal ve Yeniköy Santralleri kazanlarında yapılan rehabilitasyonlar sonucu güvenilirlikleri, emre amadelikleri, verimleri artmış, birim elektrik üretimi için harcanan ana yakıt ve yardımcı yakıt tüketimleri düşmüş, santrallerdeki CO₂ emisyonu %12'nin üzerinde bir düşüş sağlanmıştır.
- ❖ Kamu Kömür Santrallerinin çoğu özelleştirildiğinden rehabilitasyonu yapma görevi Santral alan özel Firmaya geçmiştir.

BENİ DİNLEDİĞİNİZ

İÇİN TEŞEKKÜR EDERİM.

Muzaffer BAŞARAN
Makina Yük. Mühendisi
EÜAŞ Emekli Genel Md. Yrd.