

# ÇELİKHANE GAZI KAZANIMI VE KULLANIMININ ARTIRILMASI

Mehmet BEYAZÇİÇEK  
Kuvvet Santralı İşletme Mühendisi  
mbeyazcicek@erdemir.com.tr

## ÖZET

Entegre bir demir-çelik şirketi olan ERDEMİR'de ham madde olarak kullanılan demir cevheri ve kömürden, nihai ürün üretimine kadar olan proseslerde birçok yan ürün elde edilmektedir. Bunlardan Kok Gazı, Yüksek Fırın Gazı (YFG) ve Çelikhane Gazı (BOF) diğer proseslerde yakıt olarak kullanılabilir. Bu yakıtların maksimum düzeyde kullanılması şirket karlılığını artırdığı gibi çevreye ve ülke ekonomisine de olumlu katkı sağlamaktadır. "Çelikhane Gazının Kazanımı ve Kullanımının Artırılması" projesi de ERDEMİR'in Enerji Verimliliği çalışmaları kapsamında yürütülen çalışmalardan biridir. BOF Gazı %50 CO, %18 CO<sub>2</sub> ve %32 N<sub>2</sub> içermektedir. Alt ısı değeri 1500 kcal/Nm<sup>3</sup>'tür. Yüksek Fırın Sobaları ve Kuvvet Santralı Buhar Kazanlarında YFG'nin içine karıştırılarak yakıt olarak kullanılmaktadır. Bu projede BOF gazının kazanım şartlarının iyileştirilerek daha fazla gazın sisteme kazandırılması ve değerli tüm gazın kullanılması hedeflenmiştir. Mevcut durumda atmosfere atılan gazın değerlendirilmesi, Kuvvet Santralı'nda kullanılabilir maksimum BOF gazı miktarının belirlenmesi ve 2. Yüksek Fırın sobalarında kullanılmamasının nedenleri araştırılmıştır. Yapılan çalışmalarda kazanımı belirleyen otomasyon sisteminde yapılacak değişiklik ile daha fazla gaz kazanılabileceği, gazı sisteme basan fanın kapasitesinin ve basıncının artırılarak gazın tamamının kullanılabilirliği görülmüştür. Uygulama sonrasında BOF gazı kazanımı 8.000 Nm<sup>3</sup>/saat, kullanımı ise 12.000 Nm<sup>3</sup>/saat artırılmıştır. Kuvvet Santralı'nda saatte 5.000 Nm<sup>3</sup> BOF gazı fazladan kullanılarak elektrik üretim miktarı 11,3 milyon kWh/yıl artmıştır. Ayrıca 2. Yüksek Fırın sobalarında BOF gazı kullanımı sağlanmış ve 1.500 Nm<sup>3</sup>/saat kok gazı tüketimi azaltılmıştır. Kok Gazı ERDEMİR'de doğal gaz alternatif bir gaz olup kalorifik değeri doğal gazın yarısı kadardır. Bu nedenle 750 Sm<sup>3</sup>/saat (6,3 milyon Sm<sup>3</sup>/yıl) doğal gaz tasarrufu sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Proses Gazları, BOF Gazı, Enerji Tasarrufu

## ERDEMİR

ERDEMİR Grubu, toplam varlıklar açısından Türkiye'nin en büyük sanayi kuruluşlarından.

Grubumuzun ana şirketi Kdz. Ereğli'de bulunan ve Türkiye'nin en büyük yassı çelik üreticisi Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş.'dir. İştiraklerimiz, İskenderun'da bulunan yassı ve uzun mamul üreten İSDEMİR, Sivas ve Malatya'da maden sahaları bulunan ERDEMİR Maden, Romanya'da silisli yassı çelik üreten ERDEMİR Romanya, Erdemir Grubu şirketlerine yatırım ve mühendislik yönetimi hizmeti veren ERENCO, soğuk ürün kesme ve dilme hizmeti veren ERDEMİR Çelik Servis Merkezi ile Singapur'da ticari faaliyet yürüten ERDEMİR Asia Pacific Private Limited'dir.

Grubumuz Türkiye ve Romanya'daki sanayi tesisleri ve Türkiye demir cevheri rezervlerinin %80'ine sahip maden sahaları ile demir çelik sektörünün önemli oyuncularındadır.

Grubumuzun biri Ereğli diğeri İskenderun tesislerinde olmak üzere 2 limanı bulunmaktadır.

ERDEMİR, entegre yassı çelik üreticisi olarak sanayimizin gelişmesine hizmet ederken, BIST'in de lokomotif hisseleri arasında yer almaktadır.

## ENERJİ YÖNETİMİ ÇALIŞMALARI

1982 yılında Dünya Bankası destekli ve Japon-Türk Hükümetleri arasında imzalanan Türkiye'de enerji verimliliğinin artırılması projesi kapsamında şirketimiz pilot uygulama şirketi olarak seçilmiştir. Bu uygulama kapsamında Japon Nippon Steel Company şirketimizde çok kapsamlı bir etüt gerçekleştirmiş, aynı uygulamada dünya demir çelik sektöründe enerji verimliliğini takip etmek için kullanılan üretilen ton ham çelik (THÇ) başına enerji tüketimi hesaplaması ve takip modeli izlenmeye başlanmıştır.

Bu tarihten itibaren ilgili ünitelerin katılımı ile oluşturulan Enerji Komisyonu ile verimlilik parametreleri izlenmeye ve sürekli iyileştirme faaliyetleri yürütülmeye başlanmıştır.

11 Kasım 1995 tarihinde yayınlanan 'Sanayide Enerji Verimliliği Yönetmeliği' ile Enerji

Yöneticiliği kurulmuş ve tüm enerji faaliyetlerinde bir odak noktası olarak çalışmalarına devam etmiştir.

Enerji yönetim faaliyetleri 30 yıla yaklaşan bir geçmişe sahip şirketimizde bu anlamda 2007 yılında çıkarılan “Enerji Verimliliği Kanunu” gerekliliklerine tam uyum rahatça sağlanmıştır.

1982 yılında ilk kez belirlenen şirketimizin temel enerji verimliliği göstergesi 8.260 MCal/THÇ (THÇ: Ton Ham Çelik) değerinden yapılan yönetsel ve proje bazlı uygulamalarla gerçekleşen %44'lük iyileşme ile 2014 yılı sonunda 4.632 MCal/THÇ değerine gelmiştir.

Yıllık enerji tüketimimiz yaklaşık 1,8 milyon ton eşdeğer petroldür.

Enerji Verimliliği konusunda son yıllarda tamamlanan önemli çalışmalara baktığımızda;

Sinter Fabrikası Ana Fan ve Motor Sistemlerinin Yenilenmesi projesi için 2,1 milyon USD yatırım yapılmıştır, yıllık tasarruf miktarı yaklaşık 1,5 milyon USD'dir.

1.Sıcak Haddehane ve Levha Haddehanesi Descale Pompa Motorlarına AC Sürücü uygulaması için 2,5 milyon USD yatırım yapılmıştır, yıllık tasarruf miktarı ise 1,4 milyon USD'dir.

Dairesel Sinter Soğutucusu Atık Isı Kazanı Projesi için 3,8 milyon USD harcanmıştır, yıllık tasarruf miktarı ise 2,7 milyon USD'dir.

Sürekli Tavlama Hattı Atık Isı Kazanı Kurulması ve 3. Slab Fırını Modernizasyonu Ve Soğutma Sistemi (ECS) İyileştirmesi için yaklaşık 9,2 milyon USD harcanmıştır. Bu projelerden elde edilen yıllık tasarruf miktarı 5,5 milyon USD'dir.

Ayrıca devam eden önemli projelerimiz;

Yüksek Fırınlara Tepe Basıncı Genleştirme Türbinleri (TRT) projesi için 14 milyon USD tahsis edilmiştir. Projeden beklenen yıllık tasarruf miktarı yaklaşık 9,5 milyon dolardır. Projenin 2016 Nisan ayında tamamlanması hedeflenmektedir.

Aydınlatma Sistemlerinde Enerji Tasarrufu projesi kapsamında 2. Sıcak Haddehane Motor odası için LED armatür temin edilmiştir, 2015 yılı içerisinde 1. Sıcak Haddehane Motor Odaları ve 2. Sıcak Haddehane Slab/Stok Sahası için satın alma işlemleri devam etmektedir.

Kuvvet Santrali Optimizasyon Projesi için 1,2 milyon USD bütçe tahsis edilmiştir. Yıllık tasarruf miktarı ise 1,6 milyon USD olarak hesaplanmıştır.

Projenin 2015 yılı Aralık ayında tamamlanması hedeflenmektedir.

Bu çalışmada 2014 yılında “Enerji Verimliliği Projeleri” kapsamında uygulanan Çelikhane Gazı Kazanımı ve Kullanımının Artırılması Projesi anlatılmıştır.

## **Erdemir’de Proses Gazları**

Gün geçtikçe artan enerji tüketimi ve enerji maliyetleri, enerji yoğun demir çelik tesislerinin, enerjiye bakış açısını değiştirmiştir. Entegre demir ve çelik tesislerinde, ana üretim prosesleri sırasında açığa çıkan yan ürün yakıtların tam kullanımı ile enerji giderleri azaltılmaya çalışılmaktadır. Bu proseslerde oluşan Yüksek Fırın Gazı (YFG), Kok Gazı ve Çelikhane Gazı (OG) yan ürünlerinin, demir çelik tesislerinin Kuvvet Santrallerinde kullanılarak buhar ve elektrik enerjisi üretiminde, ana üretim tesislerinde ısıtma proseslerinde doğrudan veya alternatif yakıt olarak kullanılması ile dışarıdan satın alınan doğalgaz, elektrik enerjisi ihtiyaçlarını ve bağımlılıklarını azaltmaktadırlar. ERDEMİR’in misyonlarından biriside yan ürün gazlarının tamamının kullanılması hedefi doğrultusunda yan ürün gazların kullanımı, atmosfer miktarları, dışarıdan satın alınan elektrik ve doğalgaz enerjilerinin takibi sürekli olarak yapılmaktadır. Bu takip ve incelemeler doğrultusunda çelikhane gazı kullanımının artırılması yönünde inceleme yapmak üzere bir çalışma grubu oluşturulmuştur. Bu çalışmada, çelik üretim süreci sonucu ortaya çıkan çelikhane gazının (OG) tamamının fabrika içerisinde kullanılmasını sağlayarak yakıt olarak satın aldığımız doğalgazdan tasarruf elde etmek projenin ana hedefidir. Ayrıca Kuvvet Santrali’nde daha fazla OG gazı kullanılması sağlanarak elektrik üretimini arttırmak da projenin bir diğer hedefidir.

## **Çelikhane Gazı Tanımı ve Kullanımı**

Çelikhane prosesinde sıvı demirin, çeliğe dönüştürülmesi sırasında OG açığa çıkmaktadır. Sıvı demir bulunan pota üzerine oksijen üflenmesi işlemi sırasında sıvı demir içerisindeki karbon, oksijen ile tepkimeye girerek karbon dioksit ve karbon monoksit gazlarını oluşturmaktadır. Oluşan gaz içerisinde potanın atmosferden izolasyonunu sağlayan azot gazı da bulunmaktadır. Bu gazlar çelikhane gazını oluşturmaktadır ve içeriği %50 CO, %18 CO<sub>2</sub>, %32 N<sub>2</sub> gazlarından oluşmaktadır. Potadan cebri çekme (ID) fanı ile emilen OG gazı gazometrede biriktirilmektedir, gazometreden

booster fan aracılığı ile gazın basıncı artırılarak kullanıcılara sunulmaktadır. Sıvı demirden, çelik üretimi prosesinde OG kazanımı sadece kısa bir süreçtir. Oksijen üflenmeye başlamasının ardından gaz içeriğindeki karbon monoksit oranı artmaya başlamaktadır, CO oranı %24'e ulaştığında gaz kazanımı başlamaktadır, diğer bir deyişle gaz gazometreye yönlendirilmektedir. CO oranının %24 ten daha düşük olduğu durumlardaki değersiz gaz flambo bacasına yönlendirilerek yakılarak atmosfere atılmaktadır. Gaz kazanımı sırasında CO oranı %24 ten %70 değerine kadar yükselmekte ve sonrasında %15'e düştüğü anda gazın yönü gazometreden flambo bacasına değiştirilerek, değersiz gazın atmosfere atılması sağlanmaktadır.

Erdemir'de çelikhane gazı kazanımı ve iletimi için gerekli sistemler 1995 yılında bir İngiliz firma tarafından kurulmuştur. Kuvvet santrali buhar kazanlarında OG kullanımı için boru hatları kurulumu yapılmıştır. Devam eden süreçte kuvvet santraline ilave olarak yüksek fırın sobalarında da OG kullanılması için çalışmalar yapılarak ilgili boru bağlantıları Yüksek Fırın Sobalarındaki YFG hatlarına yapılmıştır. 2 nolu yüksek fırının sobalarındaki YFG gaz devresi basıncının yüksek olması sebebi ile 2. Yüksek fırın sobalarına sürekli OG gazı verilememiştir.

Proje öncesi durumda OG kullanımı aşağıdaki gibi gerçekleşmekte idi;

- OG üretimi yaklaşık 40.500 Nm<sup>3</sup>/saat,
- OG tüketimi Kuvvet Santrali'nde 25.000 Nm<sup>3</sup>/saat ve Yüksek Fırınlar'da 11.000 Nm<sup>3</sup>/saat olmak üzere toplamda yaklaşık 36.000 Nm<sup>3</sup>/saat,
- OG atmosfer miktarı 4.500 Nm<sup>3</sup>/saat

### **Mevcut Durumun Analizi**

Proje öncesi durumda ortalama 4.500 Nm<sup>3</sup>/saat miktarında tüketim fazlası OG atmosfere atılmaktaydı. Atmosfere atılan bu gazın ne sebeple kaynaklandığına bakmak için OG gaz kazanımı sırasında otomasyon şartlarının incelenmesi gerekmektedir.

OG Gazometresi'ndeki gaz seviyesi %85-90 doluluk oranına ulaştığında Çelikhane'den OG Gazometresi'ne gaz akışı kesilmekte ve konvertörlerden çıkan gazın tamamı Gazometre doluluk oranı uygun seviyeye inene kadar konvertör bacalarında yakılmaktadır.

Fan öncesinde bulunan gazometrenin seviyesi 70%'in üzerinde olduğu durumlarda, OG,

kapasitenin iyi değerlendirilebilmesi için, içeriğindeki karbonmonoksit oranı 40% seviyesine çıkınca depolanmaya başlanmaktaydı. Bu arada oluşan değerli ancak daha düşük karbonmonoksit içeren gaz atmosfere bırakılmak durumunda kalınıyordu. Yapılan analizlerde Kuvvet Santrali'nin daha fazla gaz tüketebileceği, basınç arttığı takdirde 2. Yüksek Fırın'ında OG kullanabileceği görülmüştür. Kazanım şartlarını belirleyen otomasyon yazılımında yapılacak bir değişiklik ile kazanım süresinin uzatılmasının mümkün olduğu ve dolayısıyla yüksek kapasiteli bir fan ile fazla gazın gazometre seviyesini şişirmeden (atmosfer oluşturmadan) tüketim noktalarına ulaştırılabileceği görülmüştür.

2. Yüksek Fırın Sobaları'nda gaz hatları bulunuyordu ancak 2. Yüksek Fırın Sobaları'na OG akışı sağlanamıyordu. Bu sorunun kaynağının belirlenmesine yönelik değerlendirmeler ve araştırmalar sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- OG, Kuvvet Santrali'nde kullanımı öncesi, Yüksek Fırın Gazı (YFG) ile karıştırılmak üzere YFG hattına verilmektedir. 1. Yüksek Fırın Sobaları'na OG verilirken aynı zamanda Kuvvet Santrali'nde de OG tüketilmek istendiğinde, Kuvvet Santrali tüketimi, 25.000 Nm<sup>3</sup>/Saat'in üzerine çıkamamaktaydı.
- Kuvvet Santrali'nde kullanılacak OG miktarının (OG fanının basabileceği) maksimum seviyesini tespit etmek amacıyla, 1. Yüksek Fırın hattına giden OG vanası kapatılarak ve Kuvvet Santrali'ne giden OG vanası tamamen açılarak denemeler yapılmıştır. Denemenin yapıldığı gün Kuvvet Santrali OG tüketimi 34.000-38.000 m<sup>3</sup>/saat aralığında gerçekleşmiş olup gün sonunda OG atmosfer miktarı 123.000 m<sup>3</sup> (5.125 m<sup>3</sup>/saat) olmuştur.

Deneme sonucunda OG fanlarının kapasitesinin özellikle yaz aylarında gazın hacimsel olarak da büyümesi nedeniyle yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Böylece fan kapasitesinin artırılmasına karar verilmiştir. OG kazanım şartlarının değiştirilmesi ile oluşacak fazla gazın ve mevcutta oluşan atmosfer miktarını ortadan kaldıracak şekilde daha güçlü bir fan devreye alınabileceği, böylece karşı basıncı yenerek basınç dengelerinin sağlanabileceği ve 2. Yüksek Fırın'a OG

gönderilebileceği belirlenmiştir. Ekip OG üretim ve tüketim dengelerini ve ileride olası Çelikhane kapasite artışlarını dikkate alarak kapasite analizleri yapmış ve yeni fanın kapasitesini 45.000 Nm<sup>3</sup>/Saat olarak belirlemiştir. Fan basıncı ise YFG+OG hattının karşı basıncını yenerek daha fazla OG kullanımına imkan verecek şekilde 1800 mmSS olarak belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra ekipman satın alma gerekliliği nedeniyle ekip tarafından fizibilite raporu hazırlanarak Sabit Kıymet İlaveleri Bütçesi'ne teklif edilmiştir. Fan 2014 yılı içinde devreye alınmıştır.

Mevcut fan işletilmesinde yapılması gereken iyileştirmelerden biride, fan kanatlarını sürekli temizleme sistemi ihtiyacıdır. OG'nin fan kanatları üzerinde oluşan kirlilik, fan yataklarında vibrasyon değerini artırarak fanın devre dışı kalmasına sebep olmaktadır. Vibrasyon sebebi ile fan devreden çıkmakta ve yedek fan devreye alınmaktaydı. Devreden çıkan fanın kanatlarında mekanik temizleme ve yıkama işlemi yapılmakta idi. Bazı zamanlarda temizlik işlemi sonrasında tekrar balans yapma ihtiyacı bulunuyordu. Tüm bu işlemler iki günlük süreçte yapılmakta olup, iş gücü kaybına sebep olmaktaydı. Bu sebeple, Kapasitesi arttırılacak fan üzerinde istenen özelliklerden biriside sürekli yıkama sistemi bulunmasıdır.

### Projenin Uygulanması

Proje için harcanan yatırım tutarı toplam 550.000 ABD \$ olup detay kırılımı aşağıdaki gibidir.

Fan-Motor Temini (Supervisör Hizmeti Dahil)	: 400.000 USD
Elektrik Enerji Kablo Hatları	: 120.000 USD
İnşaat-Montaj İşleri	: 30.000 USD

Uygulama yapılacak sahada, gerek kumanda edilen gazın tutuşabilir sınıfta olması nedeniyle Ex-Proof önlemlerin alınması, gerek ERDEMİR Tesis Standartları'na göre kullanılan fan motorların orta gerilim seviyesinde olması nedeniyle iki kat özel güvenlik tedbiri alınarak planlama ve saha işleri yürütülmüştür. OG dengelerinin sağlanması otomasyon sistemleri üzerinden yürütülmektedir. Yeni fanın devreye alınması ile otomasyon sistemleri üzerinde de düzenlemeler yapılmıştır.

Çelikhane gazı, prosesin yol açtığı yüksek miktarda kirlilik ve tortu içermektedir. Bu tortu ve kirlilik, gazı basan fanın kanatları üzerine yapışmakta ve balanssızlığa neden olmaktadır. Bu durum ise yüksek vibrasyon nedeni ile fanın devre dışı kalmasına ve mekanik birtakım arızalar

yaşanmasına yol açabilmektedir. Kirliliğin yol açtığı problemlerin giderilmesi için gerçekleştirilen, fanın durdurulması, mekanik temizlik yapılması, temizlik sonrası balans işleminin yapılması ve balans sonrası fanın tekrar devreye alınması süreçleri nedeni ile gaz geri kazanımında kayıplar yaşanabilmektedir. Kirlilik nedeni ile fanın duruş miktarının düşürülmesi için fan üzerine sürekli yıkama nozulları sistemi montajı yapılmıştır. Bu nozullar, kanatlar üzerinde en az seviyede kirlilik ve tortu birikimini sağlamak için, fanın emiş kısmına üç farklı açıda monte edilmiştir. Böylece fan üzerinde sürekli bir temizlik sağlanarak fanın mümkün olan en uzun süre ile kirlilikten etkilenmeden devrede kalması hedeflenmiştir.

### Elde Edilen Sonuçlar

Proje ile öngörülenden daha fazla OG kazanımı elde edilmiş olup, OG atmosfer miktarının da azaltılması sağlanmıştır.

Proje kapsamında otomasyon sisteminde yapılan düzenleme ile OG kazanım miktarında ciddi kazanım elde edilmiştir. Daha önce OG gazometresi %70 ve üstü doluluk seviyesinde iken, karbon oranı %40 olana kadar OG gazı kazanımı elde edilemiyordu. Bu nedenle kazanım süresi döküm başına ortalama 7-8 dakika sürüyordu. Yeni fanın sonra yazılımda bu şartlar iptal edilerek kazanım süresi yaklaşık 12 dakikaya çıkarılmış ve kazanılan OG miktarı arttırılmıştır. Bu sayede proje öncesi 95 m<sup>3</sup>/TÜ olan OG kazanımı 105 m<sup>3</sup>/TÜ seviyelerine çıkmıştır. Proje öncesi ve sonrası için OG üretim ve tüketim değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

**Tablo-1: Proje Öncesi ve Sonrası Çelikhane Gazı(OG) Üretim ve Tüketimleri**

	Proje Öncesi	Proje Sonrası
OG Gazı Üretimi	40.500 Nm <sup>3</sup> /saat	48.500 Nm <sup>3</sup> /saat
YF-1 Tüketimi	11.000 Nm <sup>3</sup> /saat	12.000 Nm <sup>3</sup> /saat
YF-2 Tüketimi	0	6.000 Nm <sup>3</sup> /saat
Kuvvet Santralı Tüketimi	25.000 Nm <sup>3</sup> /saat	30.000 Nm <sup>3</sup> /saat
Atmosfer Miktarı	4.500 Nm <sup>3</sup> /saat	500 Nm <sup>3</sup> /saat

Proje tamamlanıp yeni fanın devreye alınmasından sonra 2. Yüksek Fırın'a OG verilmiştir. 2. Yüksek Fırın'ın OG ile beslendiği dönemde bu fırının kok gazı tüketimi 1.500 m<sup>3</sup>/saat azalmış olup yaklaşık 750 m<sup>3</sup>/saat miktarında satın alınan doğalgazdan tasarruf edildiği görülmüştür. Yüksek kapasiteli çelikhane gazı booster fanının devrede olmasının

yıllık tasarruf miktarı 2,1 Milyon ABD \$ mertebesindedir.

Ayrıca, yeni booster fanın devrede olduğu dönemlerde OG atmosfer miktarı minimize edilmiştir. OG'nin 1. Yüksek Fırın, 2. Yüksek Fırın ve Kuvvet Santrali Buhar Kazanları'nda kullanılması durumunda yaklaşık 5.000 m<sup>3</sup>/h çelikhane gazı fazladan Kuvvet Santrali'ne gönderilebilmektedir. Bu sayede yan ürün gazları ile üretilen elektrik miktarı arttırılarak satın alınan elektrikten yılda 902.000 ABD \$ tasarruf edildiği gözlenmiştir.

Proje ile sağlanacak tasarruf miktarının yılda 3 Milyon ABD \$ olacağı öngörülmektedir. Böylece proje kapsamında yapılan sabit kıymet ilavesi kendisini 2 ayda geri ödemiştir.

Maddi kazanımlarının yanı sıra, çevreye, Şirket karlılığına, Ülkemizin ithalat – ihracat dengesine olumlu katkı sağlanmıştır.