

ENDÜSTRİYEL KAZANLARDAKİ BACA KAYBININ KALİTE GELİŞTİRME ARAÇLARI KULLANILARAK AZALTILMASI

Öğr. Gör. Ceyda Kocabaş¹, Doç. Dr. Ahmet Fevzi Savaş²

¹Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Üretimde Kalite Kontrol Programı

Ceyda.pak@bilecik.edu.tr

²Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Alternatif Enerji Kaynakları Teknolojisi

Ahmetfevzi.savas@bilecik.edu.tr

Öz

Bu çalışmada, endüstriyel bir kuruluşta enerjinin yoğun olarak kullanıldığı ekipmanlardan biri olan kazanlardaki verim kayıplarının nedenleri ve iyileştirme olanakları bilimsel olarak araştırılmıştır. Kazanlardaki en önemli enerji kayıplarından biri olan baca kaybı ele alınmıştır. Süreç/kalite geliştirme amacıyla kullandığımız araçlardan birkaçı enerji veriminin artırılması amacıyla kullanılmıştır. Bu doğrultuda öncelikle yüksek baca gazı sıcaklığına neden olan etkenler balık kılçığı diyagramı kullanılarak belirlenmiştir. Sonrasında bu etkenler FMEA tablosunda enerji kaybına neden olan riskler şeklinde sıralanarak her birinin risk öncelik dereceleri tespit edilmiştir. Son olarak neden nasıl ağaç diyagramından yararlanılarak bu risklere karşı alınabilecek önlemler ortaya konmuştur. Bu öneriler belirlenirken literatür ve güncel uygulamalar araştırılmış ve olabildiğince firma koşullarına uyarlanmaya çalışılmıştır. Bu öneriler arasından buhar kazanına türbülötör takılması fikri ön plana çıkmış ve türbülötör takılması durumunda yatırımın geri ödeme süresi ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Enerji verimliliği, Kazanlarda baca kaybı, Balık kılçığı diyagramı, Neden nasıl ağaç diyagramı, FMEA, Türbülötör

Reducing Flue Loss of the Industrial Boilers Using Quality Improvement Tools

Abstract

In this study, the reasons and improvement possibilities of efficiency losses in boilers, which is one of the energy intensive equipments in an industrial enterprise, have been scientifically investigated. Flue losses, one of the most important energy losses in boilers, have been discussed. Some of the tools we use for process / quality improvement have been used to increase energy efficiency. In this respect, the factors causing high flue gas temperature were determined by using a Fishbone diagram. Afterwards, these factors were listed in the FMEA table as risks leading to energy loss, and the risk priorities of each were determined. Finally, the Why and How Tree Diagram was used to take precautions against these risks. While determining these suggestions, literature and current applications were researched and tried to be adapted to company conditions as much as possible. Among these suggestions, the idea of installing a turbulator in the steam boiler came to the fore and the repayment period of the investment was determined in the case of a turbulator installation.

Keywords: Energy efficiency, Flue losses in boilers, Fishbone diagram, Why how tree diagram, FMEA, Turbulator

Giriş

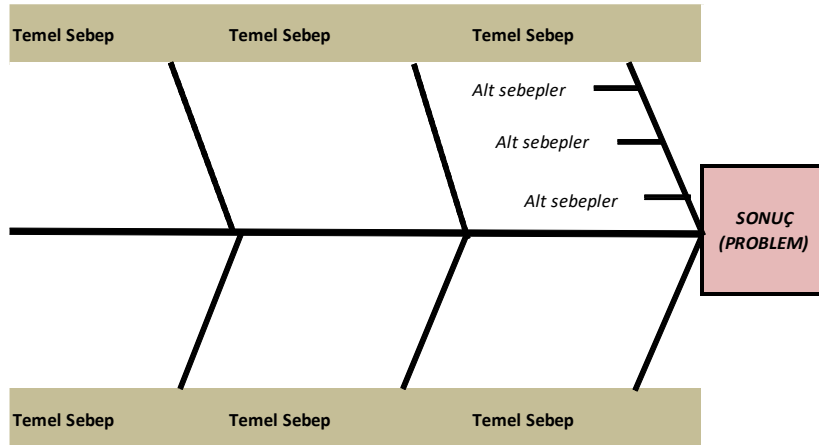
Sanayi kuruluşlarında enerji kaynakları etkin ve verimli kullanılmalıdır. Bu amaçla üretimin tüm aşamalarında harcanan enerji miktarı azaltılmalı ve enerji yönetimi uygulanmalıdır (Akbaş, Kaya ve Eyidoğan, 2018). Enerji verimliliğini artırmak için ürün veya hizmet kalitesinden, güvenlikten fedakârlık etmeden ve üretimi azaltmadan enerjinin verimli kullanımı doğrultusunda yapılandırılmış ve organize edilmiş disiplinli çalışmalar yapmak gerekmektedir (Çarkacı, 2014). Atık ısı geri kazanımı, ısı yalıtımı, kazanlarda verimlilik çalışmaları ve yanma optimizasyonu, bakım yönetim sistemlerinin devreye alınması vb. uygulamalar sanayi tesislerinde kullanılabilen verimlilik çalışmalarına örnek gösterilebilir (Karyeyen, 2012).

2. Materyal ve Metod

Kalite Araçları olarak adlandırılan araçlar özellikle sorunların belirlenmesi ve çözümüne yönelik bilgi ve veri üretimini kolaylaştırmak ve sistematik olarak değerlendirmek amacıyla tasarlanmışlardır. Bu araçlar sayısal ve görsel nitelikleri yardımı ile olayların kolay anlaşılmasını ve yorumlanmasını sağlar. Bu teknikler doğru ve yerinde kullanıldıklarında problemin çözümünü kolaylaştırır (Milli Eğitim Bakanlığı, 2011).

Sebeup –Sonuç Diyagramı

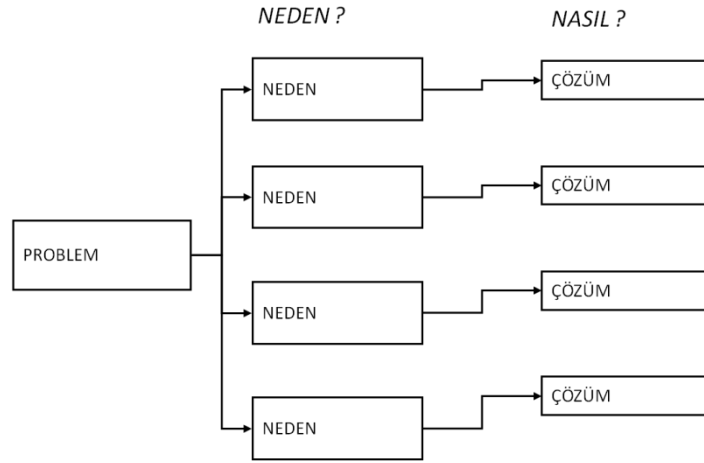
Kalite iyileştirmede sıklıkla kullanılan yöntemlerden bir tanesi de Sebeup Sonuç diyagramıdır. Bir balığın omurgasını andırdığı için "Balık Kılığı Diyagramı" da denilmektedir. Belirli bir sorun veya sonucun nedenini araştırmak, belirlemek ve göstermek için kullanılan bir tekniktir (Yücel, 2007). Soruna yol açtığı düşünülen nedenler iyileştirme olanaklarına işaret eder ve çözüm/iyileştirme yöntemleri geliştirilmesine yardımcı olur (Çözüm Var Danışmanlık, 2009). Bu yöntemi uygularken öncelikle problemi gösteren bir ok (ana kılıçık) çizilir. Bu kılıçığın üzerinde, problemin olası ana sebepleri oklarla gösterilir. Her bir ana faktör ile ilgili alt etmenler oklar ile gösterilir (MEB, 2011).



Şekil 1. Sebeup – Sonuç Diyagramı

Ağaç Diyagramı

Bir problemin nedenlerini veya çözüm yollarını ya da her ikisini birden ayrıntılı biçimde tespit etmeye yarayan kalite geliştirme araçlarından biridir. Bu yöntemde problemi ve çözümü oluşturan etmenler, ağaç dallarına benzer şekilde gösterilerek sistematik biçimde sıralanmaktadır.



Şekil 2. Neden Nasıl Ağaç Diyagramı

FMEA (Hata Türleri ve Etkileri Analizi)

Hata Türleri ve Etkileri Analizi, (Failure Mode Effect Analysis, FMEA), tesis ekipmanlarında olabilecek her bir kusurun sisteme olan etkisi ve potansiyel tehlikesini kritiklik sırasına göre tablolanarak listelenmesini içerir. Diğer bir ifade ile bu yöntem, ekipmanları, bunların arıza yapabileceği durumları ve ortaya çıkabilecek etkileri inceler (Baysal, 2009).

FMEA ile hatalar incelenirken üç gösterge göz önünde bulundurulur. Bunlar:

- Olasılık: Hatanın ortaya çıkma frekansı
- Şiddet: Hatanın ortaya çıktığındaki etkisi
- Saptanabilirlik: Hatanın tespiti, fark edilmesi

Risk Öncelik Sayısı (RÖS) = Oluşma Olasılığı x Şiddet x Saptanabilirlik

Şiddet, Olasılık ve Saptanabilirlik değerlerine atanan değerlere çarpma işleminin uygulanması ile RÖS değeri; hesaplanır ve 1'den 10' a kadar değer aldıklarından RÖS'ün değeri 1 ile 1000 arasında değişecektir (Baysal, 2009).

Şiddet, olasılık, saptanabilirlik göstergelerine sayısal değer atamada yaygın olarak kullanılan aralık 1–10 aralığıdır. Sayılara karşılık gelen olasılıklar ve sözel ifadeler işletmelerin yapısına ve müşterilerin beklentilerine göre değişmekle beraber genellikle Tablo 1'de verilen derecelendirme yaklaşımı kullanılmaktadır.

Tablo 1. Hataların Ortaya Çıkma Olasılığı ve Puanı (Türkan ve Görener, 2017)

Hatanın Olasılığı	Puan	Şiddet Etkisi	Puan	Saptanabilirlik Olasılığı	Puan
1/2'den fazla	10	Uyarısız gelen yüksek tehlike	10	Fark Edilemez	10
1/3	9	Uyarısız gelen tehlike	9	Çok az	9
1/8	8	Çok yüksek	8	Az	8
1/20	7	Yüksek	7	Çok düşük	7

1/80	6	Orta	6	Düşük	6
1/400	5	Düşük	5	Orta	5
1/2000	4	Çok düşük	4	Yüksek Ortalama	4
1/15000	3	Küçük	3	Yüksek	3
1/150000	2	Çok küçük	2	Çok yüksek	2
1/150000'den düşük	1	Yok	1	Kesin	1

FMEA tekniğinde, hata türleri risk düzeylerine göre sıralanmakta, en yüksek önceliğe sahip hata türlerinden başlanarak önlemler belirlenmektedir. RÖS hesaplaması için ifade edilen üç faktörün çarpılmasıyla elde edilen sayının büyüklüğü, değerlendirme için en önemli kriterdir. Tablo 2’de RÖS değerlendirme ölçeği verilmiştir (Kahraman ve Demirer, 2010).

Tablo 2. RÖS Değerlendirme Ölçeği

RÖS Değeri	Önlem Durumu
$RÖS < 40$	Önlem almaya gerek yok.
$40 \leq RÖS \leq 100$	Önlem alınabilir.
$RÖS > 100$	Kesinlikle önlem alınması gereklidir.

Yatırımların Analizi

Çoğu enerji tasarruf projesinde büyük miktarlarda paranın yatırımı söz konusudur. Geri Ödeme Süresi, projenin sermaye giderine eşit olan amortismandan önce toplam net tasarrufların işletilmesi için gerekli olan zamanın süresidir. Geri ödeme süresi ne kadar kısa ise, yatırım o kadar caziptir (Özbakır, 2006). Enerji yatırımlarında geri ödeme süresi şu şekilde hesaplanabilir:

Geril Ödeme Süresi (GÖS) = İlk Yatırım maliyeti / Yıllık Enerji Tasarrufu

Kazanlarda Enerji Verimi

Tekstil sektöründe buhar sistemi, enerji maliyetleri açısından ilk sırada incelenmesi gereken bölümdür (Öztürk, 2012). Çoğu endüstriyel tesiste enerjinin önemli miktardaki bölümünü kazanlar tüketmektedir. Bu nedenle kazanların çalışması optimize edilerek önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanabilir. Bu sistemlerde yapılacak küçük iyileştirmelerin enerji tüketim ve enerji maliyetlerindeki azalmada önemli yansımaları olabilir (Kanoğlu, 2010).

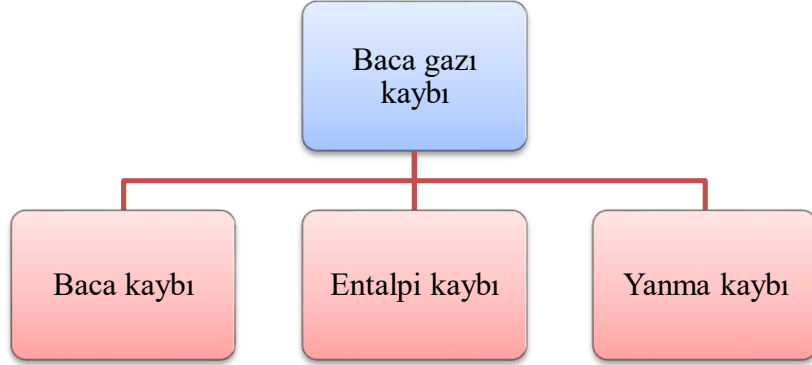
Bu çalışmaya konu olan firmada distilasyon prosesinde kullanılmak üzere buhar üreten 1 buhar kazanı ve imalat proseslerindeki fırınlara kızgın yağ temin eden 3 adet kızgın yağ kazanı bulunmaktadır.

Baca Gazı Kaybı

20 yıl öncesine kadar ülkemizde ve dünyada yakma sistemlerinden istenen, çok sık bakım onarım gerektirmeden ve devre dışı kalmadan emniyetli çalışabilmesiydi. Bugünün yakma sistemlerinden istenen

temel işlevler ise daha verimli, temiz ve güvenli yanmayı sağlamaktır (Duru Kan, 1997). Baca gazı kaybı 3 ana başlıkta incelenebilir (Ünlü, 2009).

- a. Baca Kaybı (% 4-12)
- b. Entalpi Kaybı (% 7-9)
- c. Yanma Kaybı (% 0-6)

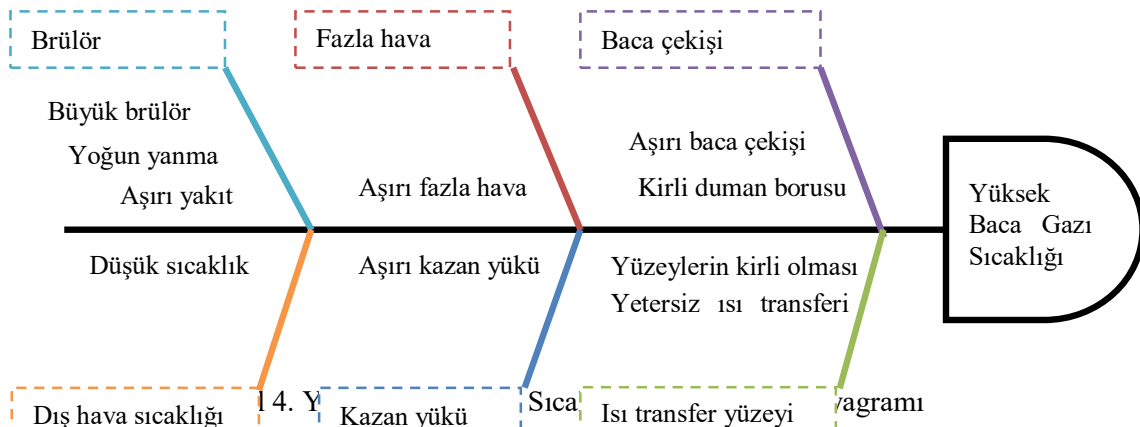


Şekil 3. Baca Gazı Kaybı

a. Baca kaybı

Bacadan atılan gazın sıcaklığına bağlı olan duyulur ısı enerjisi kaybını ifade etmektedir. Yanma sonucu oluşan atık gazlar bacadan atmosfere atılırlar. Atmosfere atılan baca gazının sıcaklığı arttıkça dışarı atılan enerjinin miktarı da artar. Bu durumda kazan veriminde azalma olur (Uylukçuoğlu, 2009).

Baca gazı sıcaklığının kabul edilen değerlerin üzerinde olması halinde, bacadan atmosfere fazla enerji atılmış olacaktır. Bu nedenle baca gazı sıcaklığının ölçümü ve kontrolü, yüksek verim ve düşük yakıt maliyeti açısından birincil önceliğine sahip olması gereken bir enerji tasarrufu çalışmasıdır (Durukan, 1997). Baca gazı sıcaklığının yükselmesine neden olan faktörler balık kılıçığı diyagramı kullanılarak tespit edilmiş ve Şekil 4'te gösterilmiştir.



Özellikle otomotiv üretim sektöründe uzun yıllardır kullanılan ve son yıllarda tüm sektörlerde kullanımı yaygınlaşan kalite iyileştirme araçlarından biri olan FMEA tekniğinden faydalanılarak kazanda yüksek baca gazı sıcaklığı riski ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Bu amaçla balık kılıçığı diyagramında belirlenen potansiyel sebepler tek tek ele alınarak risk öncelik sayıları hesaplanmıştır. Hazırlanan FMEA Tablo 3'te verilmiştir.

b. Entalpi kaybı

Bacadan atılan gazın içerisinde bulunan su buharı ile taşınan gizli ısı enerjisi kaybını ifade etmektedir. Hidrojen kökenli yakıtlarda yanma sonucu oluşan baca gazı bileşenlerinden bir tanesi de su buharıdır. Bilindiği gibi yanmanın kimyasal denkleminde 4 gr hidrojen (H₂), 32 gr oksijenle (O₂) birleşerek 36 gr su (H₂O) oluşumuna neden olmakta, ortaya çıkan su ise baca gazları içerisinde su buharı olarak kazanı terk etmektedir. Söz konusu suyun buharlaşabilmesi için üretilen ısının bir bölümü kullanılmaktadır (Bilgin, 2011).

c. Yanma kaybı

Brülörden yanmamış olarak atılan yakıtın sahip olduğu ısı enerjisine bağlı kaybını ifade etmektedir. Kazanlarda enerji verimliliği, yanmanın mükemmelliğine ve yanma sonucu açığa çıkan ısı enerjisinin kazan içindeki akışkana transfer oranına bağlıdır (Bilgin, 2011). Kazanlarda yanmanın en uygun düzeyde olması, enerji maliyetlerinin azaltılmasına ek olarak şu yararları sağlar: (Kaya ve Öztürk, 2014).

- Kazan verimini artırır.
- Çevre kirliliğini azaltır.
- Cihazların kullanım ömrünü artırır.

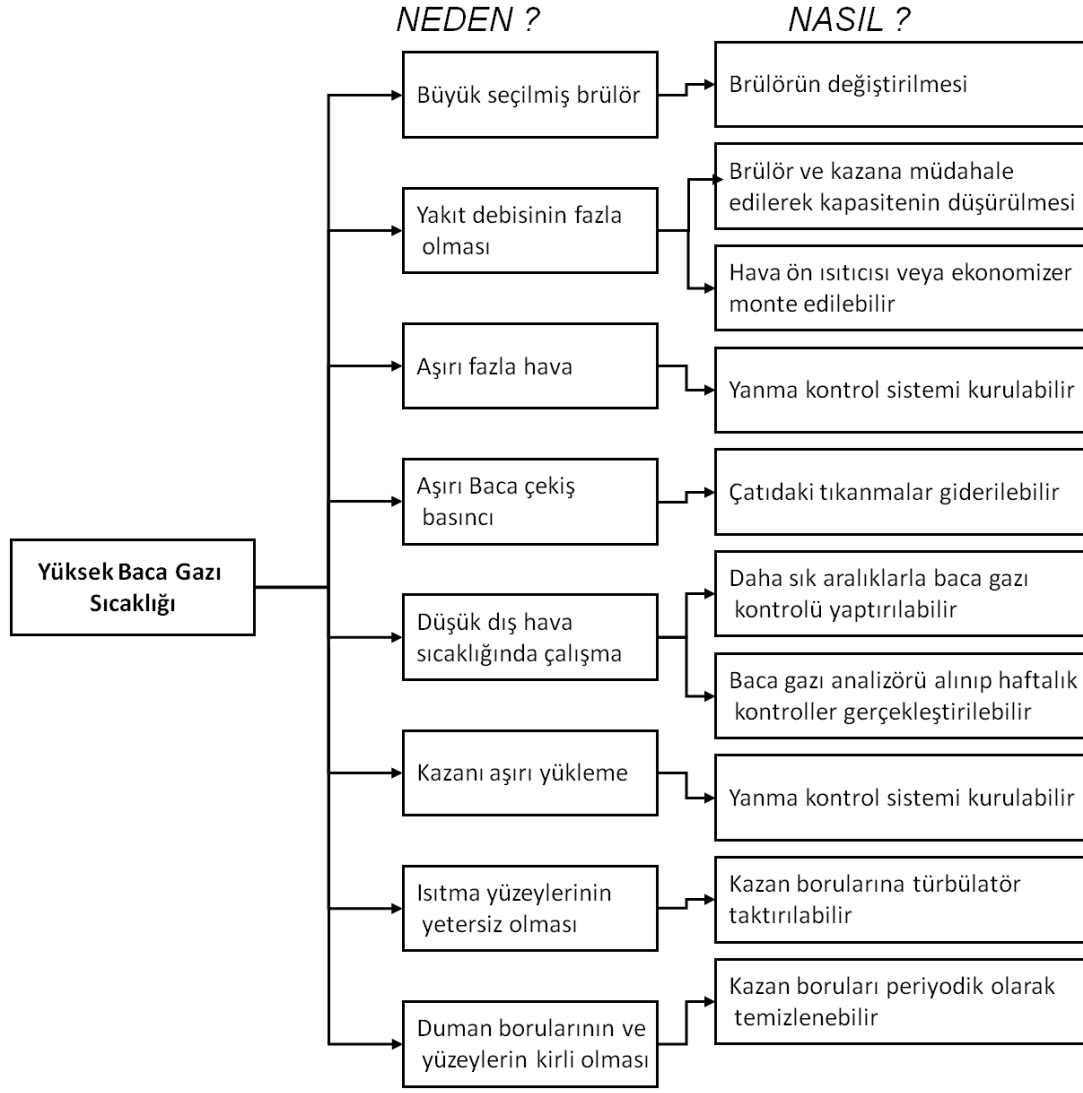
Tablo 3. Baca Gazı Kaybına Yönelik FMEA Çalışması

HATA TÜRLERİ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA)							
Riskler/İyileştirmeye açık alanlar	Hata Nedenleri	Hatanın Etkileri	Tespit	Şiddet	Olasılık	Saptanabilirlik	Risk Öncelik Sayısı
Yüksek baca gazı sıcaklığı	Kazan kapasitesine kıyasla büyük seçilmiş brülör	Gereksiz yere fazla enerji harcanmasına neden olur.	Göstergelerle baca gazı sıcaklığı kontrolü, Oransal hava/yakıt kontrolü ve 6 ayda bir yaptırılan baca gazı analizleri	8	3	4	96
	Yakıt debisinin fazla olması, yoğun yanma	Kazanı terk eden gazlar normalden çok daha yüksek sıcaklıkta dışarı atılırlar. Enerji kaybı artar, yanma verimi ve kazan verimi düşer.		8	3	3	72

Aşırı fazla hava	Daha fazla çekilen hava nedeniyle hava fazlalık katsayısı artar. Dolayısıyla ısıtılıp dışarıya atılan hava miktarı da artar.		8	4	4	128
Aşırı baca çekiş basıncı	Aşırı çekiş basıncı gazın yanma odasında kalış süresini kısaltarak ısı transferini azaltacak ve sonuçta yüksek baca gazı sıcaklığına neden olacaktır. Aşırı çekiş basıncı fazla hava miktarını ve baca gazı net sıcaklığını da artıracaktır.	Baca çekiş basıncı ölçümleri	8	2	3	48
Düşük dış hava sıcaklığında çalışma, brülör ayarlarının hava sıcaklığı yüksek iken yapılmış olması	Daha fazla çekilen hava dolayısıyla hava fazlalık katsayısı ve baca gazı sıcaklığı yükselir.	Göstergelerle baca gazı sıcaklığı kontrolü, Oransal hava/yakıt kontrolü ve 6 ayda bir yaptırılan baca gazı analizleri	8	1	3	24
Kazanı aşırı yükleme	Bacadan atmosfere fazla enerji atılır. Yanma ve kazan verimi düşer.		8	4	4	128
Kazan ısıtma yüzeylerinin yetersiz olması			8	4	3	96
Duman boruların ve yüzeylerin kirli olması			8	4	3	96

İyileştirme Önerileri

Baca gazı sıcaklığı, baca gazlarının yoğuşamayacağı sıcaklık değerine kadar düşürülebilir. Baca gazı sıcaklığı düşürülürse verimde artış sağlanabilir. Baca gazında, normal sıcaklığın üzerindeki her 17 C'lik düşüş, verimde yaklaşık olarak %1 oranında artış sağlayacaktır (Kaya ve Öztürk, 2014; Uylukçuoğlu, 2009). Baca kaybını azaltmak için yapılabilecek iyileştirmeleri tespit etmek amacıyla; balık kılçığı ve FMEA tablosunda elde ettiğimiz verilerden yararlanarak, neden nasıl ağaç diyagramı çizilmiştir. Şekil 5'te gösterilen ağaç diyagramında her bir hataya sebep olan etkene karşı en az bir çözüm önerisi geliştirilmiştir.



Şekil 5. Neden- Nasıl Ağaç Diyagramı

Firmadaki baca gazı sıcaklıkları kazan elektrik panosu üzerinde bulunan göstergelerle sürekli olarak izlenmektedir. Neden – Nasıl ağaç diyagramında baca gazı sıcaklığını azaltmaya yönelik tespit edilen önerilerin firmadaki mevcut uygulamaları veya uygulanabilirlikleri tek tek ele alınacak olursa;

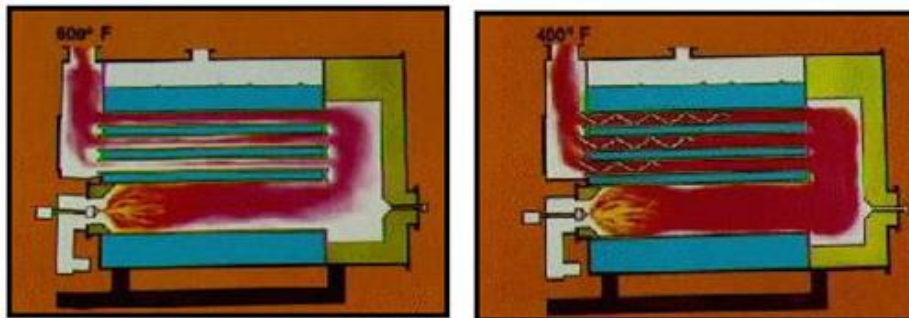
- Brülörün değiştirilmesi: Buhar kazanındaki brülör büyük seçilmiştir fakat değiştirilmesi düşünülmektedir.
- Brülör ve kazana müdahale edilerek kapasitenin düşürülmesi: Kazanlarda çok yüksek sıcaklıklara çıktığında teknik görevliler tarafından müdahale edilmektedir.
- Hava ön ısıtıcısı veya ekonomizer monte edilmesi: Ekonomizer kullanılarak kazan besiy suyu ön ısıtmaya tabi tutularak yada yanma havası ön ısıtıcısı kullanılarak ısı geri kazanımı sağlanabilir. Firmadaki buhar kazanında ve yeni devreye alınan kızgın yağ kazanında ekonomizer bulunmaktadır ve yanma havasının ön ısıtılmasında kullanılmaktadırlar. Ancak diğer iki kızgın buhar kazanında ekonomizer mevcut değildir. Bu kazanlara ekonomizer monte edilmesi düşünülmüş fakat kazanların mevcut brülör ve kazan tasarımlarının ekonomizer takılmaya uygun olmadığı tespit edilmiştir.
- Yanma kontrol sistemi: Mevcut kazanlarda oransal kontrollü brülörler kullanılmaktadır. Yakıt/hava oranlarının ayarlanması geleneksel olarak ayar kamı ve mekanik bağlantılarla yapılmaktadır. Kazan ve brülör otomatik ayarlarında çalışmasını sürdürmektedir. 6 ayda bir periyodik olarak yaptırılan baca gazı ayarı dışında bir ayar yapılmamaktadır. Hava/ yakıt oranının optimize edilmesine yönelik bir çalışma yoktur. Kazanlara yanma kontrol sistemi ilave edilmesi teknik ve ekonomik olarak araştırılabilir.

- Çatıdaki tıkanmaların giderilmesi: Bu konuyla ilgili teknik personelle birlikte çalışma yapılarak çatı bakımı bakım onarım planına dahil edilmelidir.
- Baca Gazı kontrolü: Baca gazı analizleri kış ve yaz sezonu olmak üzere yılda toplam iki kere şehir dışındaki ilgili firmalardan gelen yetkililerce gerçekleştirilmektedir.
- Baca Gazı analizörü kullanılması: Baca gazı analizörü satın alınıp haftalık ölçümlerle baca gazının takip edilmesi gerekliliği firma çalışanlarına açıklanmıştır. Ancak fabrika teknik personeli sadece kazanın açılması/kapanması ve arıza giderme aşamalarında görev almakta olduklarını belirtmişler, baca gazı analizörü alınsa bile kazana müdahale edecek yetkinlikte olmadıklarını ifade etmişlerdir. Bu nedenle bu fikirden vazgeçilmiştir.
- Kazan borularına türbülötör taktırılması: Buhar kazanına türbülötör taktırılabilir ve böylece aynı miktardaki yakıttan yararlanma oranı artırılarak baca gazı sıcaklığı düşürülebilir. Bu nedenle buhar kazanına türbülötör takılması üzerine odaklanılmış, teknik ve mali analiz yapılarak yatırımın geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Kızgın yağ kazanları ise mevcut tasarımlarının türbülötör kullanılmasına uygun olmaması nedeniyle kızgın yağ kazanları için bu öneriden vazgeçilmiştir.
- Kazan borularının periyodik olarak temizlenmesi: Kazanların borularının periyodik olarak temizlemesine yönelik bir uygulama bulunmamaktadır. Ancak baca gazı sıcaklığı, yüzeyler temizken olması gereken sıcaklığın 30 °C kadar üstünde ise, kazanın temizlenmesi gerekmektedir (Kaya ve Öztürk, 2014). Bu konuya ilişkin bakım planı hazırlanabilir.

Türbülötör Takılması

Baca kayıplarını azaltmak için öncelikle tercih edilebilecek en ekonomik yöntemlerden biri de türbülötör kullanmaktır. Türbülötörler; duman borularındaki duman gazlarına türbülans kazandırarak ve gazların geçiş hızlarını düşürerek, duman gazlarının yüzeye olan temaslarını artıran ve ısı transfer artışı sağlayan ekipmanlardır. Boruların içerisine türbülötör konulmasıyla iç film katsayısı düz boruya göre üç katı civarında artabilmektedir (Bilgiç, 2004). Sıcak yanma gazları, türbülanslı bir akış rejiminde tüplere girer, ancak birkaç metre içinde laminer akış başlar ve tüp duvarları boyunca bir sınır soğutucu gaz tabakası oluşur. Bu katman, ısı transferini geciktiren bir bariyer görevi görür. Küçük bölmelerden, açılmal metal şeritlerden, spiral kanatlardan veya sargılı tellerden oluşan türbülötörler, laminer sınır katmanını kırmak için kazan borularına yerleştirilir. Bu; sıcak yanma gazlarının türbülansını ve boru yüzeyine konvektif ısı transferini artırır (ESC, 2019; EPA 2010). Bu sayede kazan suyuna aktarılan ısı miktarı artarak duman gazlarının çıkış sıcaklığı düşer ve kazan veriminde artış sağlanmış olur. Aynı zamanda kazan içindeki ısı dağılımını daha düzenli hale gelerek, kazan ömrü uzar (4e Mühendislik, 2019). Türbülanslı akış sayesinde duman gazlarının hızı artarak, yoğunlaşabilecek nem kazandan uzaklaştırılır ve kazan asit korozyonlarından korunmuş olur (Erensan, 2019).

Türbülötörler, daha maliyetli bir ekonomizer veya hava ön ısıtıcısının yerine geçmiştir. Basit, kurulumu kolay ve düşük maliyetlidirler. Mevcut türbülötör tasarımları, basınç düşüşlerinde önemli bir artışa neden olmaz veya doğal gaz yakıtlı kazanlarda kurum oluşumuna katkıda bulunmaz (ESC, 2019; EPA, 2010).



Şekil 6. Türbülatorlü ve Türbülatorlüsüz Kazanlarda Baca Gazı Sıcaklıkları (ESC, 2019)

Türbülator yatırımına geçilmesinden önce mali analizinin yanında ayrıntılı bir teknik fizibilite çalışması yapılmalıdır. Kazanın tasarım özellikleri türbülator takılmasına izin vermeyebilir. Ya da çok yüksek karşı basıncı bulunan kazanlarda duman gazı hızları yüksektir ve bu kazanlarda türbülatorler titreşime yol açarak faydadan çok zarar getirebilir.

Firmada bulunan buhar kazanına türbülator takılması halinde elde edilecek tasarruf miktarı Tablo 4'te gösterilmiş ve sonrasında yatırımın geri ödeme süresi hesaplanmıştır.

Tablo 4. Buhar Kazanına Türbülator Takılması ile Elde Edilecek Tasarruf

Kazanın Yıllık Doğal Gaz Tüketimi	2189148	m³/yıl
Yıllık Yakıt Maliyeti	3064807	TL/yıl
Türbülator Takılı		
Kazanın Yıllık Doğal Gaz Tüketimi	2138850	m ³ /yıl
Yıllık Yakıt Maliyeti	2994390	TL/yıl
Türbülator Takılması İle Elde Edilen Tasarruf	₺70.417	TL/yıl

Türbülator = 125 adet* 25 \$ = 3125 \$ = 17500 ₺

Geri Ödeme süresi: 17500/70417 =0,25 yıl = 3 ay

Sonuç

Endüstriyel tesislerde enerjinin yüksek miktarlarda kullanıldığı alanlardan birisi de kazanlardır. Kazanlarda enerji verimini düşüren kayıpların en önemlilerinden biri de baca kaybıdır. Baca kaybı, baca gazı sıcaklığının yükselmesiyle artar ve buna yol açan çok çeşitli etkenler olabilir. Bu çalışmada, yüksek baca gazı sıcaklığının nedenleri kalite iyileştirme aracı olarak kullanılan balık kılıcı diyagramından faydalanılarak ortaya konmuştur. Daha sonra bu nedenler FMEA yöntemiyle tek tek irdelenmiş ve risk öncelik katsayıları hesaplanmıştır. Daha sonra her bir risk için çözüm önerisi Neden-Nasıl diyagramı kullanılarak belirlenmiştir. Çözüm önerileri çalışılan kuruluşa uygunluk açısından birer birer ele alınmış, hangilerinin nasıl uygulanabileceği veya hangi nedenlerle uygulanmasının mümkün olmadığı ifade edilmiştir. Bu öneriler arasından uygulanmasının kolay ve ekonomik olması nedeniyle kazan duman borularına türbülator takılması fikri üzerine odaklanılmış ve yatırımın maliyet analizi yapılarak 3 ay gibi kısa bir sürede kendini amorti edebileceği ortaya konmuştur. Bundan sonraki çalışmalarda baca kaybını azaltmaya yönelik diğer öneriler için yatırımların teknik ve ekonomik fizibilite çalışmaları yapılabilir. Ayrıca kazanlarda verimini düşüren diğer faktörler üzerine kalite iyileştirme araçları kullanılarak öneriler geliştirilebilir. Bu çalışmada sunulan yöntem ve önerilerin kazan kullanan ve enerji verimini artırmaya çalışan diğer endüstriyel kuruluşlara da rehberlik edeceği düşünülmektedir.

Proje Destekleri

Bu çalışma, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir. (Proje No: 2019-01. BŞEÜ:07-01, 2019)

Kaynakça

- Akbaş, B., Kaya, D. & Eyidoğan, M. (2018). Bir Otomobil Montaj Fabrikasının Enerji Tüketim Analizi ve Enerji Tasarrufu Potansiyelinin Değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makina*, 59(691), 85-100, Nisan-Haziran.
- Baysal E. (2009). *Eşmerkezli Borulu Isı Değiştiricilerinde Helisel Türbülatorlerin Etkilerinin Deneysel ve Sayısal Olarak İncelenmesi*. (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bilgiç, M. (2004). Endüstri Kazan Dairelerinde Enerjinin Etkin Kullanılması için; Yakıttan Baca Gazına kadar Dikkate Alınması Gereken Hususlar. *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Dergisi*, Dergi Eki 31, 8.
- Bilgin, A. (2011). Kazanlarda Enerji Verimliliği ve Emisyonlar. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Mart- Nisan, 59-65.
- Çarkacı, E. (2014). *EÜAŞ Ambarlı Fuel Oil ve Doğalgaz Kombine Çevrim Santralinde Kalite Yönetim Sisteminin Uygulanması ve Enerji Verimliliği Üzerine Etkisinin İncelenmesi*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Çözüm Var Danışmanlık. (2009). *Kalite Çemberleri El Kitabı*, <https://www.scribd.com/document/23260871/Kalite-Cemberleri-El-Kitabi>, 24.08.2019.
- Durukan, M. (1997). Yanma Gaz Analizleri ve Doğalgaz Uygulamalarındaki Önemi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 18.
- Erensan. (2019). *Katı Yakıtlı Sıcak Su Kazanı, Türbülatorler*. http://www.erenan.com.tr/tr/urun_nak.asp, 05.07.2019.
- Energy Solution Center (ESC). (2019). *Turbulators*. <http://cleanboiler.org/learn-about/boiler-efficiency-improvement/efficiency-index/turbulators/>, 05.07.2019.
- Environmental Protection Agency (EPA). (2010). *Available and Emerging Technologies for Reducing Greenhouse Gas Emissions from Industrial, Commercial and Institutional Boilers*. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/iciboilers.pdf>, 05.07.2019.
- Kahraman, Ö. & Demirer, A. (2010). OHSAS 18001 Kapsamında FMEA Uygulanması. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(1), 53-68.
- Kanoğlu, M. (2010). *Enerji Verimliliği Örnek Projeleri*. Gaziantep Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, http://www.tskb.com.tr/i/content/486_1_mehmet-kanoglu-enerji-verimliliği-ornek-projeleri.pdf, 24.04.2019.
- Kaya, D. & Öztürk, H.H. (2014). *Sanayide Enerji Yönetimi ve Enerji Verimliliği, Uygulamalı Örneklerle*. Kocaeli:Umuttepe.
- Karyeyen, S., Aksoy, M. H., Özgören, M. & Koçak, S. (2012). *Konya Sanayisinde Enerji Verimliliği*. Mevlana Kalkınma Ajansı Bölgesel Araştırma raporları Serisi, No:5.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), (2011). *Okullarda Süreç Yönetimi*. Ankara: MEB.
- Özbakır, P. (2006). *Enerji Yönetimi*. (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öztürk, E. (2012). *Tekstil Sektöründe Enerji Tasarrufu Olanaklarının Araştırılması ve Uygulanması*. (Yüksek lisans tezi). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Türkan, T. & Görener, A. (2017). Süreç İyileştirme: Vasıflı Çelik Üretim Sektöründe bir Uygulama. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 4(2), 23-40.
- Uylukçuoğlu, Ö. E. (2009). *Otomotiv Sanayinde Enerji Verimliliği ve Enerji Tasarruf Olanaklarının Belirlenmesi*. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, İstanbul.

Ünlü, O. (2009). Sanayide Enerji Tasarrufu Çalışmalarının Önemi ve Buhar Sistemleri ile İlgili Uygulama Örnekleri. *IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 6-9 Mayıs, İzmir, 67-80.

Yücel, M. (2007). Toplam Kalite Kontrolü Açısından İstatistiksel Süreç Kontrol Tekniklerinin Önemi. 8. *Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi*, İnönü Üniversitesi, Malatya, 24-25 Mayıs.

4e Mühendislik. (2019). *Yakıt Tasarruf Türbülatorleri*, <http://www.4emuhendislik.com.tr/?pnum=19&pt=YAKIT+TASARRUF+TÜRBÜLATÖRLERİ>, 05.07.2019.