

SANAYİDE ENERJİ TASARRUFU ÇALIŞMALARININ ÖNEMİ VE BUHAR SİSTEMLERİ İLE İLGİLİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Onur ÜNLÜ

ÖZET

Küreselleşen ekonomi ve artan rekabet şartlarının hüküm sürdüğü günümüzde enerji, bir ekonomideki talep ve arz üzerinde oldukça etkili bir rol oynamaktadır. Bu noktadan hareket ile talep açısından bakıldığında enerji, tüketicilerin faydalarını maksimize etmeleri için satın aldıkları bir ürün niteliğindedir. Arz açısından ise enerji, emek ve sermaye gibi önemli bir üretim faktörüdür ve çoğu üretim ve tüketim faaliyetlerinde gerekli bir girdi olduğu için, ülkelerin ekonomik gelişmelerinin ve sosyal refahın oluşturulmasında belirleyici ve kritik bir konuma sahiptir. Geçmişte yaşanan enerji krizlerinin etkisiyle maliyetlerin artması sonucu enerji, ekonomik gelişmelerin ölçülmesinde önemli bir noktaya gelmiştir.

Bu çalışmanın amacı enerjinin ve enerji tasarrufu çalışmalarının önemini ortaya koymak, yapılabilecek olan uygulamalardan örnekler vermek ve konu ile ilgili bilincin artmasına katkı sağlamaktır. Çalışmada belirtilen bilgiler çok çeşitli kaynaklardan alınmış olup, sunulan örnekler ise gerçek hayatta sanayi tesislerinde ya da endüstriyel işletmelerde uygulanmış örneklerdir. Bu noktadan hareketle, amaç bilinmeyen bir şeyi ortaya koymak değil, literatürde var olan ancak bilgi ve ilgi eksikliği nedenleri ile oluşan milyarlarca Dolar değerindeki kaybın hangi noktalarda ve hangi yöntemlerle aranması gerektiğini vurgulamaktır. Toplam üretim ve işletme maliyeti içerisinde küçük bir paya sahip olduğu düşünülen enerji maliyetinin aslında parasal olarak işletmenin kârıyla karşılaştırıldığında ne kadar büyük olduğunun altının çizilmesi ve örneklerle desteklenmesidir.

Değişik sektörlerde yapılan enerji denetleme çalışmalarında ortaya çıkan tablo sonucunda sanayi tesislerinin ve endüstriyel işletmelerin % 95'inde % 5 ila 40 arasında enerji tasarrufu yapılmasının mümkün olduğu görülmektedir. Daha da çarpıcı olan konu ise sanayi tesislerinde ve endüstriyel işletmelerde hiç yatırımsız veya az yatırımlı önlemlerin uygulanması ile asgari % 10 oranında enerji tasarrufu sağlamak mümkündür. Bu oran enerji tüketimine ve enerji tasarrufuna verilmesi gereken önemi gözler önüne sermektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji Yönetimi, Enerji Tasarruf Uygulamaları, Buhar Sistemlerinde Enerji Tasarrufu

ABSTRACT

Under ruthless reign of globalization and increasing competition circumstances, today, energy critically affect the supply and demand side of an economy. On demand point of view, energy is such a product, which is bought by consumers to increase its effectiveness. When supply side is considered, energy is a vital factor of production such as labor or capital. Due to the fact that it is a great necessity on production and consumption activities, energy has a determinant and crucial role on economical growth and social wealth. Past energy crisis that led ascending costs made energy a decisive factor to evaluate economical growth.

The goal of this research and study is to both introduce the importance of energy recovery and energy savings operations, present examples from feasible applications and contribute to common consciousness on the topic. The facts and data presented on this study are gathered from wide range of sources and the examples are taken from applications that are done at industrial plants. At this point, the aim is not to present the unknown yet to show how and where to find out millions of dollars worth of loss due to lack of information and interest. Energy cost, which unfortunately is thought to have a small ratio on total production and operation costs, actually is quite large when compared to the profit margin of a business.

The energy audit tasks, which are done for different segments of industries, have shown that it is possible to achieve between %5 and %40 energy savings at %95 of industrial plants. It is dramatic to see that minimum %10 energy savings potential is present at industrial plants with very low investment or no investment at all. This ratio states expressly how crucial it is to focus on and increase awareness on energy savings.

Key Words: Energy Management, Energy Savings Applications, Energy Savings Applications in Steam Systems

1. GİRİŞ

Küreselleşen ekonomi ve artan rekabet şartlarının hüküm sürdüğü günümüzde enerji, bir ekonomideki talep ve arz üzerinde oldukça etkili bir rol oynamaktadır. Bu noktadan hareket ile talep açısından bakıldığında enerji, tüketicilerin faydalarını maksimize etmeleri için satın aldıkları bir ürün niteliğindedir. Arz açısından ise enerji, emek ve sermaye gibi önemli bir üretim faktörüdür ve çoğu üretim ve tüketim faaliyetlerinde gerekli bir girdi olduğu için, ülkelerin ekonomik gelişmelerinin ve sosyal refahın oluşturulmasında belirleyici ve kritik bir konuma sahiptir. Geçmişte yaşanan enerji krizlerinin etkisiyle maliyetlerin artması sonucu enerji, ekonomik gelişmelerin ölçülmesinde önemli bir noktaya gelmiştir.

2. AMAÇ

Bu çalışmanın amacı enerjinin ve enerji tasarrufu çalışmalarının önemini ortaya koymak, yapılabilecek olan uygulamalardan örnekler vermek ve konu ile ilgili bilincin artmasına katkı sağlamaktır. Çalışmada belirtilen bilgiler çok çeşitli kaynaklardan alınmış olup, sunulan örnekler ise gerçek hayatta sanayi tesislerinde ya da endüstriyel işletmelerde uygulanmış örneklerdir. Bu noktadan hareketle, amaç bilinmeyen bir şeyi ortaya koymak değil, Literatürde var olan ancak bilgi ve ilgi eksikliği nedenleri ile oluşan milyarlarca Dolar değerindeki kaybın hangi noktalarda ve hangi yöntemlerle aranması gerektiğini vurgulamaktır. Toplam üretim ve işletme maliyeti içerisinde küçük bir paya sahip olduğu düşünülen enerji maliyetinin aslında parasal olarak işletmenin karıyla karşılaştırıldığında ne kadar büyük olduğunun altının çizilmesi ve örneklerle desteklenmesidir.

3. TÜRKİYE’NİN DURUMU

Türkiye hızla kalkınmakta olan ve nüfusu artan bir ülke olması nedeni ile enerji tüketimi de hızla artmaktadır. Ortalama yıllık % 5,5 büyüme hızı olan Türkiye’de, enerji tüketiminin % 40 oranındaki kısmı sanayi tesislerinde ve endüstriyel işletmelerde yapılmaktadır. Elde edilen veriler ışığında son 5 senelik enerji tüketim artış hızı devam ettiği takdirde 2020 yılında sanayide enerji tüketimi 2006 yılının 2,5 katı olacaktır.

Endüstriyel istihdamın üçte birini barındıran tekstil endüstrisinin başı çektiği Türkiye’de yüksek enerji tüketen ve gelişmekte olan demir-çelik ve çimento sektörleri, gelişen ihracatta büyük pay sahibi olan otomotiv ve elektronik sektörleri ile yerel ve uluslararası firmaların yeni yatırımları ile gelişmekte olan gıda, kimya ve kâğıt sektörleri en önemli sektörlerdir.

4. SANAYİ’DE ENERJİ TASARRUFU POTANSİYELİ

Değişik sektörlerde yapılan enerji denetleme çalışmalarında ortaya çıkan tablo sonucunda; sanayi tesislerinin ve endüstriyel işletmelerin % 95’inde % 5 ila 40 arasında enerji tasarrufu yapılmasının mümkün olduğu görülmektedir. Daha da çarpıcı olan konu ise sanayi tesislerinde ve endüstriyel işletmelerde hiç yatırımsız veya az yatırımlı önlemlerin uygulanması ile asgari % 10 oranında enerji tasarrufu sağlamak mümkündür. Bu oran enerji tüketimine ve enerji tasarrufuna verilmesi gereken önemi gözler önüne sermektedir.

5. ENERJİ TASARRUFUNUN ANLAMI

Enerji tasarrufu, enerji arz hizmetlerinin azaltılması veya kısıtlanması şeklinde düşünülmemelidir. Enerji tasarrufu iki ampulden birini söndürerek yapılan kısıntı ya da programlı olarak yapılan kesinti değildir. Enerji tasarrufu kullanılan enerji miktarının değil, ürün başına tüketilen enerjinin azaltılmasıdır. Enerjinin gereksiz kullanım sahalarını belirlemek ve israfı asgari düzeye indirmek veya tamamen ortadan kaldırmak için alınan önlemler bütünüdür. Enerjinin akıllıca kullanılmasıyla kayıpların en aza indirilmesi, aynı enerji ile daha çok iş yapılması veya aynı iş için daha az enerji tüketilmesidir. Bu şekilde, üretici konumundaki sanayi tesisi ya da endüstriyel işletme aynı miktardaki mal veya hizmetleri daha az enerji veya aynı miktar enerji ile daha çok mal ve hizmet üreterek, ulusal ve uluslararası alanda rekabet gücünü arttırabilir.

6. ENERJİ TASARRUFU ÇALIŞMALARININ OLUŞTURULMASI

6.1. Çalışanların Katkısı

Enerji tasarrufu çalışmaları iyi organize edilmesi gereken ve bütün çalışanların üst düzeyde motivasyonu ile katkı sağlayacağı disiplinli bir çalışma gerektirir. Bu noktadan hareketle, enerji tasarrufu çalışmalarının başarıya ulaşması için üst yönetimden alt düzeyde çalışanlara kadar tüm organizasyonda enerji tasarrufu bilinci oluşturulmalıdır. Enerji tasarrufu ile ilgili bilgi ve ilgi eksikliğinin giderilerek, bunun bütün işletme tarafından bir felsefe olarak benimsenmesi gerekmektedir. Ancak bu şekilde işletmenin bütün kaynakları enerji tasarrufu çalışmalarına dâhil edilebilir ve her kademedeki çalışanların bu çalışmalara daha fazla bağlılık duyması sağlanabilir. Unutulmamalıdır ki, insan faktörü herhangi bir işi başarmak için çok önemli bir elementtir. Bu mantık özellikle enerji yönetimi için geçerlidir. Sadece teknoloji değil insanlar da enerjiyi kontrol eder, kullanır ve tasarruf ederler.

6.2. Bağımsız Danışmanın Önemi

Sanayi tesisi ya da endüstriyel işletmenin her kademesinin enerji tasarrufu çalışmalarına yapacağı katkının yanı sıra, özgün ve pratik tasarruf olanaklarının belirlenmesine deneyimli, bağımsız, objektif ve işletme körlüğü olmayan profesyonel danışmanın yardımı da hayati önem taşımaktadır. Çalışanlara verilecek eğitimleri pratik uygulamalarla destekleyecek şekilde organize edecek olan danışman, verilerin toplanmasında ve yorumlanmasında da sahip olduğu güncel bilgiler ışığında enerji tasarrufu çalışmalarına önemli katkı sağlayacaktır.

6.3. Enerji Tasarrufu Çalışmalarının Adımları

Öncelikli olarak yapılması gereken sanayi tesisi ya da endüstriyel işletmenin ne oranda enerji tükettiğinin tespitidir. Lord Kelvin'in belirttiği gibi bahsetmekte olduğunuz maddeyi ölçebiliyor ve bir birimle ifade edebiliyorsanız hakkında bir şey biliyor ve onu yönetebiliyorsunuz demektir. Aksi takdirde bilginiz zayıf ve yetersizdir. Dolayısı ile enerji tasarrufu çalışmalarına başlamadan önce her türlü enerji tüketiminin tespit edilmesi gerekmektedir. Bunun içinde doğru seçilmiş ölçüm aletleriyle ölçüm yapmak ve ölçümleri kaydetmek gerekmektedir. Enerji tüketim değerleri belirlendikten sonra sırasıyla aşağıdaki adımlar gerçekleştirilmelidir.

- Enerji tasarrufu çalışmaları öncesinde ön enerji auditi gerçekleştirilmesi
- Ön enerji auditi sonuçlarının yorumlanarak gerçekçi hedef tespiti
- Hedefe ulaşmak için gerekli strateji ve etkin iş planının belirlenmesi
- Enerji tasarrufu çalışmaları için uzman ekibin oluşturulması
 - Doğrudan üst yönetime bağlı enerji yöneticisi
 - Bağımsız profesyonel bir danışman
 - İşletmenin her önemli bölümünden birer yönetici
- Detaylı enerji auditi çalışması ile çalışma planının güncellenmesi ve müdahale planının oluşturulması
- Gerekli finansal kaynak ve insan gücünün temin ve tesis edilmesi
- Enerji tasarrufu çalışmalarının sürekli denetimi ile elde edilen sonuçların yorumlanması
- Enerji tasarrufu çalışmalarının fayda maliyet analizleri ile desteklenerek konulan hedeflerin revizyonun yapılması

7. ENERJİNİN ÜRETİLMESİ, DAĞITILMASI VE TÜKETİLMESİ SIRASINDA OLUŞAN KAYIPLAR

7.1. Genel Sistem Görünüşü

Tipik bir buhar kullanan işletmede, kazanda yakıtın yanmasıyla elde edilen ısı enerjisi ile buhar üretilir. İyi bir ısı enerjisi taşıyıcısı olan buhar, dağıtım hatları ile enerjinin tüketileceği proses ekipmanına sevk edilir. Buharlaştırma ısısını, ısı transfer yüzeylerinden prosese aktaran buhar, aynı basınçta kondens (su) fazına geçerek kazan dairesine geri gönderilir. Buharın üretilmesi, dağıtılması ve tüketilmesi sırasında Şekil 1'de görüldüğü gibi kayıplar meydana gelmekte ve genellikle 1 birim enerji ihtiyacı olan proses için 1,67 birim enerji tüketilmektedir.



7.2. Kazan Kayıpları

Bir kazanın yakıt israf edip etmediğini anlayabilmek, iyi ile kötü performansı karşılaştırabilmek için ortak bir parametre belirlemek gerekmektedir. Bu parametre kazan verimi olarak adlandırılır. Termodinamik olarak kazan verimi, kazandan elde edilen ısı enerjisinin kazana yakıt formunda verilen ısı enerjisine oranıdır.

$$\text{Kazan Verimi } (\square) = \frac{\text{Elde Edilen Isı Enerjisi}}{\text{Verilen Isı Enerjisi}} \times 100$$

Her kazan üreticisi firma, kazanının genel verimini ve buna bağlı olarak muhtemel yakıt tüketimini beyan eder. Ancak, beyan edilen bu değerler, hava – yakıt oranı, yakıt özellikleri, baca gazı sıcaklığı, besi suyu TDS değeri, kazan yükleme oranı, izolasyon vb. parametrelerin kabul edilmesine dayanılarak tespit edilir. Zaman içerisinde değişim gösteren parametrelere bağlı olarak kazan verimi dolayısı ile yakıt tüketim miktarı da değişir. Neticede verim düşer, bir başka deyişle kayıplar artar.

Buhar kazanlarında kayıplar 5 ana kategoride toplanabilir. Bunlar:

- Baca Kaybı (% 4-12) : Bacadan atılan gazın sıcaklığına bağlı olan duyulur ısı enerjisi kaybı
- Entalpi Kaybı (% 7-9) : Bacadan atılan gazın içerisinde bulunan su buharı ile taşınan gizli ısı enerjisi kaybı
- Çeper (Yüzey) Kaybı (% 1-2) : Kazanın dış yüzeyinden ortama atılan ısı enerjisi kaybı
- Blöf Kaybı (% 2-5) : Kazandan yapılan yüzey ve dip blöflerle atılan ısı enerjisi kaybı
- Yanma Kaybı (% 0-6) : Brülörden yanmamış olarak atılan yakıtın sahip olduğu ısı enerjisine bağlı kayıp

Genellikle bu kayıpların toplamı % 15 oranında olmaktadır. Bu oranın üzerinde olduğu durumlarda kazanda ciddi bir problem olduğu dikkate alınmalı ve gerekli düzeltici faaliyet ivedi olarak yapılmalıdır.

7.3. Dağıtım Kayıpları

Kazanda üretilen buhar, dağıtım şebekesi boruları ile enerji gereksinimi olan proseslere taşınır. Dağıtım hatları boyunca boru izolasyon durumuna bağlı olarak çeper (yüzey) kayıpları oluşur. Ayrıca, hatlarda bulunan vana, pislik tutucu, çek vana, basınç düşürücü vb. ekipmanlarda da izolasyon durumlarına bağlı olarak çeper (yüzey) kayıpları oluşur. Bu kayıpların yanı sıra, hatlarda bulunan armatürlerin bağlantı noktalarından, sızdırmazlık elemanlarından ya da iç mekanizmalarından kaynaklanan ısı enerjisi kayıpları oluşabilir. Ayrıca, dağıtım hatlarındaki kondensatörlerin buhar kaçırmaları ile oluşacak ısı enerjisi kayıpları da çarpıcı boyuttadır. Tipik bir işletmede dağıtım hattı kayıplarının oranı yaklaşık % 5-7 mertebesindedir.

7.4. Flaş Buhar ve Kondens Kayıpları

Buharlaştırma ısısını, ısı transfer yüzeylerinden prosese aktaran buhar aynı basınçta kondens (su) fazına geçer. Sahip olduğu basınçla bağlı olarak doymuş su entalpisi ve sıcaklığına sahip kondens, kazan dairesine geri döndürülür. Kondens toplama hatlarının izolasyon durumuna bağlı olarak çeper (yüzey) kayıpları oluşur. Ayrıca, proses çıkışındaki kondensatörün buhar kaçırmaları ya da yeterince tahliye yapamaması ile oluşacak ısı enerjisi kayıplarının da oranı yüksektir. Kondensin, kazan dairesindeki atmosfere açık kondens tankına boşaldığı noktada, üzerindeki basıncın kalkmasıyla açığa çıkan enerji ile bir kısmı buharlaşır. Bu buhara flaş buhar denilir ve atmosfere atılır. Bazı işletmeler de ise, mesafeler uzak olduğundan ya da proses gereksinimlerinden dolayı kondens kazan dairesine geri döndürülmemekte, sokağa atılmaktadır. Kondens toplama hatlarında ve atmosfere atılan flaş buhar ile birlikte oluşacak kayıplar tipik bir işletmede % 20 oranındadır.

8. ENERJİ TASARRUFU UYGULAMA ÖRNEKLERİ

8.1. Atık Baca Gazı Isısından Enerji Tasarrufu Uygulaması

Uluslararası bir kimya firmasının üretim işletmesinde, enerji tasarrufu çalışmaları kapsamında yapılan ön audit çalışmasının sonucunda, mevcut buhar kazanı bacalarından atılan atık gazların duyulur ısısından istifade ederek kazana verilen besi suyunun ısıtılması ile ciddi enerji tasarrufu sağlanacağı tespit edilmiştir. Yapılan detaylı audit çalışmasında işletmenin 2 adet aynı ısıl kapasite de buhar kazanının olduğu, bu kazanlardan birinin yedek, diğerinin ise aktif olarak çalıştığı tespit edilmiştir. Buhar kazanlarının teknik verileri:

Isıl Kapasite	: 6.000.000 Kcal/h
Buhar Üretim Kapasitesi	: 10.000 Kg/h
Buhar İşletme Basıncı	: 8 Bar _g
Baca Gazı Sıcaklığı	: 200 °C
Besi Suyu Sıcaklığı	: 80 °C

Kazanı terk eden duman gazlarının sıcaklığının kazandaki suyun doyma sıcaklığından daha yüksek olması ısı geçişi için şarttır. Isı geçişinin pratik ve ekonomik olarak makul seviyelerde olabilmesi için su ile duman gazı sıcaklıkları arasındaki fark eski yaklaşımda 100 ile 150°C mertebelerinde iken, günümüzde bu fark 50 ile 75°C mertebelerine kadar indirilmektedir. Bu durumda hiçbir önlem alınmazsa buhar kazanlarında duman sıcaklıkları 200 ile 350°C arasında bir değerde dışarı atılmaktadır. Özellikle bazı tip kazanlarda bu baca sıcaklıkları çok yüksektir. Hâlbuki duman gazları asit yoğunlaşma sıcaklık değerlerine kadar soğutulabilir. Bu değer yakıtın kükürt içeriğine bağlıdır. Aradaki bu sıcaklık farkından faydalanabilmek ve enerji tasarrufu sağlama için baca gazı ekonomizeri kullanılır. Baca gazı ekonomizerine giren ve ısıtıcı akışkan olan yüksek sıcaklıktaki duman gazları ile brülör yakma havasını, besi suyunu ya da make-up suyunu ısıtmak mümkündür.

Uluslararası kimya firmasındaki enerji tasarrufu çalışması için yapılan gerekli ölçüm ve hesaplamaların ardından, 2 buhar kazanı hiçbir zaman aynı anda çalışmadığından otomatik klape kontrol sistemine sahip tek bir ortak baca gazı ekonomizeri uygulaması yapılmasına karar verildi. Bu şekilde yatırım maliyeti ciddi oranda düşürülürken, tek bir ekonomizer uygulaması ile hangi kazan çalışırsa çalışsın enerji tasarrufu sağlanabilecekti. Yapılan uygulamanın ardından baca gazı sıcaklığı 200 °C'den 120 °C'ye düşürüldü. Baca gazı ekonomizerinden çıkış sıcaklığının seçiminde kritik faktör, yakıt olarak yüksek su ve hidrojen oranına sahip doğalgazdı. 120 °C'nin altına düşürüldüğü takdirde bacada yoğunlaşma başlayacak ve yoğunlaşma neticesinde asit oluşumu teşekkül edecekti. Böyle bir durumda hem baca hem de kullanılacak baca gazı ekonomizerin zarar görmesi durumu ortaya çıkacaktı. Böylesi bir durumun oluşmaması için baca gazı çıkış sıcaklığı 120 °C sınır değerinde tutulmasına karar verildi. Sonuç olarak, enerji tasarrufu kapsamında yapılan yatırımın ardından sağlanan değerler aşağıdaki gibidir:

Tasarruf Edilen Enerji Miktarı	: 240.909 Kcal/h
Tasarruf Edilen Enerji Oranı	: % 4
Besi Suyu Çıkış Sıcaklığı	: 104 °C
Tasarruf Edilen Enerjinin Bedeli	: 123.480 YTL/Yıl (7.200 h/yıl çalışma için)
Yatırımın Amorti Süresi	: 7 Ay

8.2. Buhar Kazanı Otomasyonu İle Enerji Tasarrufu Uygulaması

Ülkemizin önemli tekstil firmalarından birinin üretim işletmesinde, enerji tasarrufu çalışmaları kapsamında yapılan ön audit çalışmasının sonucunda, mevcut buhar kazanlarının kazan otomasyon sistemleri uygulaması ile daha verimli çalışacağı tespit edilmiştir. Yapılan detaylı audit çalışmasında işletmenin 2 adet aynı ısıl kapasite de buhar kazanının olduğu, bu kazanlardan birinin yedek, diğerinin ise aktif olarak çalıştığı tespit edilmiştir. Buhar kazanlarının teknik verileri:

1 Nolu Buhar Kazanı:

Isıl Kapasite	: 7.200.000 Kcal/h
Buhar Üretim Kapasitesi	: 12.000 Kg/h
Buhar İşletme Basıncı	: 6 Bar _g
Besi Suyu İletkenliği	: 70 µS
Kazan İçi İletkenlik Değeri	: 910 µS

2 Nolu Buhar Kazanı:

Isıl Kapasite	: 7.200.000 Kcal/h
Buhar Üretim Kapasitesi	: 12.000 Kg/h
Buhar İşletme Basıncı	: 6 Bar _g
Besi Suyu İletkenliği	: 70 µS
Kazan İçi İletkenlik Değeri	: 1.060 µS

Bu enerji tasarrufu çalışması için yapılan gerekli ölçüm ve hesaplamaların ardından buhar kazanlarında manuel yapılan yüzey blöfünün gereğinden fazla yapıldığı ve bunun sonucunda işletmenin hem yakıt, hem su ve hem de kimyasal israf ettiği ortaya çıkartılmıştır. Kazan içerisinde bulunan su tamamen saf değildir. Kimyasal işleme uğrayan ham su katı partiküller içerir. Bu katı maddeler gerek erimiş, gerekse süspansiyon halinde bulunurlar. Kazan buhar ürettiğinde, suyun içerisindeki maddelerin yoğunluğu giderek artar ve bu maddeler kazan ısıtıcı yüzeylerinde birikir ve bir tabaka oluşturarak ısı transferini engeller ve sistemin ömrünü kısaltır. Su yüzeyinde köpük şeklinde birikir ve buhar ile taşınarak kontrol cihazlarının arızalanmasına, ısı eşanjör yüzeylerinde birikim yapmasına ve kondensatörlerin tıkanarak arızalanmasına neden olur.

Isıtıcı yüzeylerdeki kireç taşı birikiminin etkisi önemlidir. Kazanlar için verilen ısı verim değerleri herhangi bir kireç tabakasının oluşmadığı, temiz yüzeyli yeni kazanlar içindir. Kazan alev – duman boruları etrafında oluşacak kireç taşı, kazanda yanma ile ortaya çıkan ısının tamamının suya iletilmesini engeller. Aynı zamanda bu tabakalar dolayısıyla su ile teması engellenen borularda yeterli soğutmanın yapılamadığı sıcak noktalar ortaya çıkar. Bu noktalarda yüksek sıcaklıkların etkisiyle bir süre sonra delinmeler meydana gelir. Bu tabakaların temizlenmesi zordur. Dolayısı ile kireç oluşmaması için, kazan içerisindeki iletkenlik değerleri belirli mertebelerde tutulmaya çalışılır. Dışarı atılan (yüzey blöf) yüksek derişiklikte kirletici içeren su yerine, çok daha düşük derişiklikte yabancı madde içeren taze besi suyu kazana otomatik olarak alınır. Böylece kazandaki yabancı madde derişikliği kontrol edilir. Kazan ısıtıcı yüzeylerinde biriken kireç taşı kalınlığına bağlı olarak, kazanda tüketilen yakıt miktarı artacaktır. Örneğin; 2 mm kireç tabakasından dolayı kazanda tüketilen yakıt miktarındaki artış yaklaşık %14 olacaktır. Bu tür bir durumun oluşmaması için yapılacak olan yüzey blöfü gerektiği kadar kontrollü olarak yapılmalıdır. Gereğinden fazla blöf yapıldığı takdirde, kazana ilave edilen su için fazla enerji harcanacak, ayrıca ilave suyun kimyasal katkı maddeleri de işletmeye ek maliyet getirecektir.

Modern buhar kazanlarda istenilen TDS (Toplam Erimiş Katı Madde) değeri 3.000 ppm'dir. PPM, milyonda parça anlamını taşır ve 1 ppm 0,7 µS değerine eşittir. Bir kazanda yapılması gereken yüzey blöf miktarı hesaplanırken aşağıda belirtilen formülden yararlanılır.

$$\text{Blöf Miktarı} = \frac{F}{B - F} \times S$$

Bu formülde;

- F: Besi Suyu TDS Değeri (ppm)
- B: İstenen Kazan Suyu TDS Değeri (ppm)
- S: Kazan Kapasitesi (kg/h)

Bu formülde değerler yerine konulduğunda, enerji tasarrufu çalışmaları kapsamında buhar kazanlarına otomasyon iyileştirmesi yapılmadan önce işletmenin yaptığı yüzey blöf miktarları:

1 Nolu Buhar Kazanında: 999,6 kg/h
2 Nolu Buhar Kazanında: 848,4 kg/h

Buhar kazanlarına yapılan otomasyon uygulaması sonucunda, otomatik yüzey blöf sistemi sahip olduğu iletkenlik duygargası ile kazan suyunun iletkenliğini eşzamanlı olarak ölçerek kazanın gerektiği kadar blöf yapmasını otomatik olarak sağlamaktadır. Bu sistemin kontrol ünitesi 3.000 ppm değerine ayarlanmış ve sistemin buhar kazanının TDS değerini modern kazanlar için tavsiye edilen bu seviyede sabit tutması sağlanmıştır. Bu uygulamanın ardından işletmenin yaptığı yüzey blöf miktarları:

1 Nolu Buhar Kazanında: 285,6 kg/h
2 Nolu Buhar Kazanında: 285,6 kg/h

olarak gerçekleşmiştir. Enerji tasarrufu çalışmaları kapsamında yapılan otomasyon yatırımı sonucunda işletmenin sağladığı tasarruf miktarları:

Tasarruf Edilen Enerji Miktarı	: 82.992 Kcal/h
Yakıt Tasarrufu	: 11,83 Nm ³ /h
Su Tasarrufu	: 1.276,8 kg/h
Kimyasal Tasarrufu	: 128 gr/h
Toplam Tasarrufun Parasal Değeri	: 48.312 YTL/Yıl (7.200 h/yıl çalışma için)
Yatırımın Amorti Süresi	: 5 Ay

8.3. Flaş Buhar Geri Kazanım Sistemi İle Enerji Tasarrufu Uygulaması

Ülkemizin en önemli döviz girdi kaynaklarından birini oluşturan ve her geçen gün daha da önem kazanan turizm sektöründe faaliyet gösteren bir otelde, enerji tasarrufu çalışmaları kapsamında yapılan ön audit çalışmasının sonucunda, kazan dairesine geri döndürülen kondensin atmosfere açık bir tanka boşaldığı tespit edilmiştir. Yapılan detaylı audit çalışmasında işletmenin toplam buhar ihtiyacının 2.200 kg/h olduğu ve kondens dönüş oranının % 87 olduğu ortaya çıkartılmıştır. Buhar kazanlarının 8 bar_g işletme basıncında çalıştığı bu işletmede, kondens dönüş sıcaklığının 152 °C ve basıncının ise 4 bar_g olduğu ölçülmüştür. Detaylı audit çalışması kapsamında toplanan değerler ve yapılan hesaplamalar sonucunda, işletmeye flaş buhar geri kazanım sistemi kurulması kararlaştırılmıştır.

152 °C'de ve 4 bar_g basınçtaki kondensin sahip olduğu ısı enerjisinin 153,28 kcal/kg olduğu buhar tablolarından bulunmuştur. Flaş buhar basıncını 0,2 bar_g olarak seçtiğimiz işletmede elde edilen flaş buhar miktarı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

Kondens Miktarı	= 1.914 kg/h
4 bar _g basınçtaki suyun entalpisi	= 153,28 kcal/kg
0,2 bar _g basınçtaki suyun entalpisi	= 105,45 kcal/kg
0,2 bar _g basınçta buharlaşma entalpisi	= 536,70 kcal/kg

4 bar_g basınçtaki kondens 0,2 bar_g basınçta serbest bırakıldığında açığa çıkan enerji miktarı

$$153,28 \text{ kcal/kg} - 105,45 \text{ kcal/kg} = 47,83 \text{ kcal/kg}$$

Açığa çıkan bu enerji kondensin bir kısmını buharlaştırır. Buharlaşma oranı:

$$[47,83 \text{ kcal/kg} \div 536,70 \text{ kcal/kg}] \times 100 = \% 8,91$$

Geri dönen kondensin % 8,91'i 0,2 bar_g basınçta buharlaşacağına göre elde edilen buhar miktarı:

$$1.914 \text{ kg/h} \times \% 8,91 = 170,54 \text{ kg/h olacaktır.}$$

Atmosfere atmak yerine flaş buhar geri kazanım sistemi ile elde edilen 170,54 kg/h buhar ile otel odalarında kullanılmakta olan sıcak suyun ön ısıtması yapılmıştır. Enerji tasarrufu çalışmaları kapsamında yapılan flaş buhar geri kazanım sistemi yatırımı sonucunda işletmenin sağladığı tasarruf miktarları:

Tasarruf Edilen Enerji Miktarı	: 91.528,8 Kcal/h
Yakıt Tasarrufu	: 13,05 Nm ³ /h
Su Tasarrufu	: 170,54 kg/h
Kimyasal Tasarrufu	: 15 gr/h
Toplam Tasarrufun Parasal Değeri	: 48.620 YTL/Yıl (5.000 h/yıl çalışma için)
Yatırımın Amorti Süresi	: 4 Ay

8.4. Proses Fırınlarının Bacalarından Atılan Gazlardan Enerji Tasarrufu Uygulaması

Türkiye'nin en büyük gıda üretim işletmelerinden birinde, enerji tasarrufu çalışmaları kapsamında yapılan ön audit çalışması sonucunda, işletmenin pişirme fırınlarının bacasından atmosfere yüksek sıcaklıkta baca gazı atıldığı tespit edilmiştir. Doğalgaz yakan brülörlerle çalışan fırının baca gazları ile dışarıya atılan ısı enerjisinden faydalanılarak, işletmenin ihtiyacı olan sıcak su üretiminin gerçekleştirilmesi düşünülmüştür. Bu tür bir enerji tasarrufu sistem yatırımının hesaplamalarını ve tasarımı gerçekleştirmeden önce güncel bilgileri toplamak için detaylı audit çalışması yapılmıştır. Detaylı audit çalışması sonucunda baca gazı debileri ve sıcaklıkları ile işletmenin ne miktarda ve kaç derecede sıcak su ihtiyacı olduğu tespit edilmiştir. Yapılan hesaplamaların ardından elde edilen sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

1 Nolu Baca:	2 Nolu Baca:
Baca Gazı Debisi : 4.155 Nm ³ /h	Baca Gazı Debisi : 4.155 Nm ³ /h
Baca Gazı Sıcaklığı : 200 °C	Baca Gazı Sıcaklığı : 200 °C
3 Nolu Baca:	4 Nolu Baca:
Baca Gazı Debisi : 3.462 Nm ³ /h	Baca Gazı Debisi : 3.462 Nm ³ /h
Baca Gazı Sıcaklığı : 200 °C	Baca Gazı Sıcaklığı : 200 °C
5 Nolu Baca:	6 Nolu Baca:
Baca Gazı Debisi : 6.871 Nm ³ /h	Baca Gazı Debisi : 2.074 Nm ³ /h
Baca Gazı Sıcaklığı : 200 °C	Baca Gazı Sıcaklığı : 200 °C
7 Nolu Baca:	
Baca Gazı Debisi : 12.062 Nm ³ /h	
Baca Gazı Sıcaklığı : 200 °C	
İstenilen Sıcak Su Debisi : 15.000 kg/h	
Su Giriş Sıcaklığı : 20 °C	
İstenilen Su Çıkış Sıcaklığı : 80 °C	

Bu firmadaki enerji tasarrufu çalışması için yapılan gerekli ölçüm ve hesaplamaların ardından, her bir bacaya ayrı ayrı baca gazı ekonomizeri uygulaması yapılmasına karar verilmiştir. Baca gazı ekonomizerlerinin su giriş çıkışları seri bağlı olarak tasarlanmış olup, saatte 15.000 kg su, 20 °C'de ilk ekonomizere girecek ve 80 °C olarak son ekonomizerden çıkacaktır. Fırın bacalarından atılan baca gazı sıcaklıkları ise 200 °C'den, doğalgaz yakan sistemlerde kritik değer olan 120 °C'ye kadar düşürülerek atmosfere bırakılacaktır. Hem çevre duyarlılığı hem de enerji tasarrufu açısından bakıldığında işletmenin kazancı büyük olmaktadır. Enerji tasarrufu çalışmaları kapsamında yapılan fırın bacalarına baca gazı ekonomizeri uygulaması neticesinde elde edilen sonuç aşağıdaki gibidir.

Tasarruf Edilen Enerji Miktarı	: 927.770 Kcal/h
Tasarruf Edilen Enerji Oranı	: % 4
Tasarruf Edilen Enerjinin Bedeli	: 399.847 YTL/Yıl (6.400 h/yıl çalışma için)
Yatırımın Amorti Süresi	: 9 Ay

8.5. Kazan Teşhis ve Tanı Sistemi Uygulaması İle Enerji Tasarrufu Uygulaması

Uluslararası bir gıda firmasının üretim işletmesinde, enerji tasarrufu çalışmaları kapsamında yapılan ön audit çalışmasının sonucunda, işletmenin buhar tüketiminin kazan verimini olumsuz etkileyecek şekilde olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun net bir biçimde ortaya konulabilmesi için detaylı audit çalışması dışında enerji tasarrufu faaliyetleri kapsamında buhar kazanına kazan teşhis ve tanı sistemi uygulanmasına karar verilmiştir. Kazan teşhis ve tanı sistemi, kazanın verimini, kazanda oluşan kayıpları, buhar üretim ve yakıt tüketim değerleri ile yük modellemesini yapmaktadır. Sistem eşzamanlı olarak;

Baca Gazı O ₂ (Oksijen) Miktarı	Hava Fazlalık Katsayısı
Baca Gazı Sıcaklığı	Besi Suyu Sıcaklığı
Kazan Suyu İletkenliği (TDS)	Yapılan Yüzey Blöf Miktarı
Buhar Debisi	Yakıt Debisi
Buhar Sıcaklığı	

değerlerini ölçmek ve ara yazılım programı ile göstermekle kalmayıp ayrıca;

Kazan Verimi (Direkt ve Endirekt Olarak)	Buhar – Yakıt Oranı
Baca Duyulur Isı Kaybı	Baca Gizli Isı Kaybı (Entalpi Kaybı)
Yanma Kaybı	Kazan Yüzey Kaybı (Çeper Kaybı)
Blöf Kaybı	

hesaplamalarını yapmakta, bütün ölçtüğü ve hesapladığı değerleri grafiksel olarak göstermekte ve yine bütün bilgiyi ileride yorumlayabilmek için kaydetmektedir. Kazan teşhis ve tanı sisteminin buhar kazanına uygulanması neticesinde, işletmede buhar çeken ana 3 prosesin, aynı anda buhar çekmesine bağlı olarak, kazanların dur – kalk çalışmasına (On – Off) yol açtığı görülmüştür. Buhar kazanı baca gazı kaybını azaltmak ve enerji tasarrufu sağlamak için baca gazı ekonomizeri bile bulunan ve yakıt olarak doğalgaz kullanan işletmede kazan veriminin % 64 – 69 aralığında değiştiği gözlemlenmiştir. Düşük kısmi yük çalışmasında on-off brülör kullanıldığında yıllık şalt sayıları çok yüksek olmaktadır. Her çalışma konumuna geçişte öncelikle 30-90 saniye süren bir ön süpürme yapılır. Bu standartlar tarafından patlama riskine karşı alınan bir önlemdir. Durma sırasında bir yakıt sızması söz konusu olduğunda, bu ön süpürme sırasında sızan yakıt ocaktan uzaklaştırılacaktır. Bu durum sıvı ve gaz yakıt yakan bütün brülörler için bu geçerlidir. Ön süpürme süresince dışardan alınan soğuk hava kazanda ısıtılarak bacadan dışarı atılır. Ayrıca brülörün her kalkışında bir süre kararsız ve kötü yanma meydana gelir. Yakıt tam yanmadan dışarı atılır. Son olarak da durma periyodundaki ilave soğuma kayıpları yakıt tüketimini artırır.

Kazan teşhis ve tanı sisteminin sağladığı bilgiler sonucunda, üretim planı yeniden planlanarak, işletmede buhar çeken ana 3 prosesin peş peşe devreye girmeleri ile buhar kazanından sürekli buhar çekimi olması sağlanmış, dur – kalk çalışma minimize edilmiş ve kazan verimi % 82 – 86 aralığına çıkartılmıştır. Enerji tasarrufu çalışmaları kapsamında yapılan kazan teşhis ve tanı sistemi yatırımı sonucunda işletmenin sağladığı tasarruf miktarları:

Buhar Kazanı Verim Artışı	: ~ % 13
Yakıt Tasarrufu	: 66,9 Nm ³ /h
Toplam Tasarrufun Parasal Değeri	: 200.700 YTL/Yıl (6.000 h/yıl çalışma için)
Yatırımın Amorti Süresi	: 5 Ay

8.6. Atık Boyalı Sudan Geri Kazanım Sistemi İle Enerji Tasarrufu Uygulaması

Ülkemizdeki istihdamın % 30'unu barındıran tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın, enerji tasarrufu çalışmaları kapsamında yapılan ön audit çalışmasının sonucunda, firmanın boyahanesinden yüksek debide ve sıcaklıkta kirli suyun atıldığı gözlemlenmiştir. Boyahaneden atılan kirli su yerine temiz su alınmakta ve doğalgaz yakan buhar kazanından elde edilen buhar ile istenilen sıcaklığa ısıtılmaktadır. Enerji tasarrufu çalışmaları kapsamında, atılan kirli suyun sahip olduğu ısı enerjisinden faydalanılarak boyahaneye alınan temiz suyun ön ısıtmasının yapılabileceği tespit edilmiştir. Böyle bir

yatırım ile sadece enerji tasarrufu sağlanmayacak aynı zamanda sıcak atıkların doğaya atılması engellenerek ekolojik dengenin bozulması azaltılacaktır. Aynı zamanda atık su sıcaklığı aşağıya çekilerek işletmenin arıtma sisteminin daha verimli çalışmasına olanak verilecektir. Yapılacak yatırımın boyutu ve elde edilecek kazançlar ile sistemin tasarımı için atık su ve temiz su ile ilgili bilgileri tespit edebilmek için yapılan detaylı audit çalışması sonucunda aşağıdaki bilgiler elde edilmiştir.

Atık Sıcak Kirlı Su Debisi	: 55.000 kg/h
Atık Sıcak Kirlı Su Sıcaklığı	: 65 °C
Temiz (Soğuk) Su Debisi	: 55.000 kg/h
Temiz (Soğuk) Su Sıcaklığı	: 20 °C

Bu noktadan hareketle sistem tasarımı yapılmıştır. Drenaja gönderilen atık sıcak kirlı su, kanallar vasıtası ile atık su dengeleme havuzuna yönlendirmiştir. Atık su dengeleme havuzuna girmeden önce ön filtreden geçirilerek içerisinde bulunan parçacıkların tutulması sağlanmıştır. Atık su dengeleme havuzuna boşalan kirlı sıcak su, pompalar yardımı ile serbest akışlı plakalı eşanjörlere yönlendirilmiştir. Pompaların basma hattına ise parça ve elyaf tutucu filtre yerleştirilmiştir. Bu filtrenin amacı ısı transferi sırasında atık suyun içerisinde olması muhtemel parça ve elyafların tutularak eşanjör ısı transfer yüzeyine yapışmasını ve ısı transferine engel olmasının önüne geçmektir. Eşanjörde sahip olduğu ısı enerjisini, temiz soğuk suya aktaran atık kirlı su drenaja verilerek arıtmaya yönlendirilmiştir. Isınan temiz su ise, temiz su depolama tankına alınarak buradan da hidrofor grubu ile proseslere gönderilmiştir. Enerji tasarrufu çalışmaları sonucunda işletmenin sağladığı tasarruf miktarı aşağıda belirtilmiştir.

Temiz (Soğuk) Su Debisi	: 55.000 kg/h
Temiz (Soğuk) Su Giriş Sıcaklığı	: 20 °C
Temiz (Sıcak) Su Çıkış Sıcaklığı	: 58 °C
Tasarruf Edilen Enerji Miktarı	: 2.090.000 Kcal/h
Tasarruf Edilen Enerjinin Bedeli	: 1.011.600 YTL/Yıl (7.200 h/yıl çalışma için)
Yatırımın Amorti Süresi	: 8 Ay

Not: Yatırım bedeline sadece atık kirlı sudan geri kazanım sistemi değil ayrıca kirlı su dengeleme havuzu ve temiz su depolama havuzu da dahildir.

8.7. Baca Gazı Analizi İle Enerji Tasarrufu Uygulaması

Ambalaj sektöründe faaliyet göstermekte olan bir endüstriyel işletme buhar kazanında yakıt olarak Fuel Oil No:6 kullanılmaktadır. İşletmede kullanılan buhar kazanlarının teknik özellikleri aşağıdaki gibidir.

Isıl Kapasite	: 3.840.000 Kcal/h
Buhar Üretim Kapasitesi	: 6.400 Kg/h
Buhar İşletme Basıncı	: 10 Bar _g
Buhar Kazanı Çalışma Oranı	: % 63
İşletmenin Tükettiği Buhar Miktarı	: 4.000 kg/h

İdeal durumda, yanma olayı oksijen ve yakıt elemanlarının teoride istenen tam oranlarda karıştırılması ile meydana gelir. Ancak, yanma olayında her zaman teorik ihtiyaçtan daha fazla hava verilir. Birim miktarda yakıtı yakmak için verilen gerçek hava debisinin, teorik hava debisine oranına Hava Fazlalık Katsayısı (λ) denir. Optimum yanma, hava fazlalık katsayısının 1'e değerinde olmasıdır. Fazla hava, alevin yanma sıcaklığını, dolayısıyla ocak sıcaklığını düşürür. Bu da kazanın kapasitesini düşürür. Kazan da aynı kapasitenin sağlanabilmesi için daha fazla yakıt harcanır. Az hava ile yanmada yetersiz oksijen (O_2) sebebi ile karbon (C) moleküllerinin karbondioksit (CO_2) yerine karbonmonoksit (CO) oluşur. Karbon partikülleri is ve kuruma dönüşerek ısı transferini azaltır. Duman borularının aşırı ıslenmesi ve kurumla dolması, karşı basıncı artırır, alevin oluşmasını engeller ve kazan verimini düşürür.

Yapılan araştırmalarda +20°C dış hava sıcaklığındaki brülör ayarı yapıldığında ve bu kazan aynı brülör ayarıyla sıfırın altında 20°C dış sıcaklık değerinden çalıştığında, daha fazla çekilen hava dolayısıyla hava fazlalık katsayısı 1,1 değerinde 1,2 değerine yükselmekte; baca gazı sıcaklığı da 222°C değerinde 230°C değerine yükselmektedir. Bu durumda ısı verim % 85,1 değerinden % 83,9 değerine düşmektedir. Görüldüğü gibi dış sıcaklık değişimi kazan veriminde % 1 mertebesinde bir değişime neden olabilmektedir. Tam tersi bir durumda, aynı brülör ayarının soğuk havada yapılması ve dış sıcaklığın artması halinde, hava miktarı azalacak ve hava fazlalık katsayısı düşecektir. Bu durumda yanma kötüleşecek, kurum oluşacak ve yakıtın bir kısmı yanmadan dışarı atılacaktır. Çevre açısından ortaya çıkan olumsuz durum yanında, yanma veriminde düşme meydana gelecektir. Kayıplar bu halde % 1 mertebesinin çok üzerinde olmaktadır. Teorik olarak hesap yapıldığında ele alınan bu örnekte kayıpların % 9 mertebesine kadar çıkabileceği görülmüştür.

Ambalaj üretimi gerçekleştiren ve örnek olarak verilen bu işletmede yapılan detaylı audit çalışması sonucunda, tedarik edilen fuel oil no:6 yakıtının her bir ikmalinde farklı kimyasal değerlere sahip olduğu ölçülmüştür. Dolayısı ile, optimum yanmayı sağlamak için yapılan brülör ayarları, yeni yakıt ikmal sırasında, farklı özelliklere sahip yakıt gelmesiyle değişim göstermiştir. Bu noktadan hareketle, işletmenin 6 ayda bir yaptırdığı brülör yanma ayarlarının sürekli olmasının gerekliliği ortaya konulmuştur. Verimli yanma denetiminde bu günkü teknoloji ile en iyi yöntem baca gazlarında oksijen (O₂) ölçümüdür. Hava fazla verildiğinde oksijen (O₂) miktarı artar. Bu sebeple ileri teknoloji yakma sistemlerinde oksijen (O₂) kontrollü yanma sistemleri uygulanmaktadır. Bacaya yerleştirilecek bir duyurga ile yanma ürünlerindeki oksijen (O₂) yüzdesi sürekli izlenir. Emisyondaki oksijen (O₂) değerine göre hava damperi ayarlanır ve yanma havasındaki oksijen (O₂) miktarı kontrol altına alınmış olur. Bu sistem ile hava fazlalık katsayısı sürekli minimum değerde sabit tutularak, maksimum performans elde edilir. Ancak işletmedeki kazanda kullanılan brülör bu tür bir sistemi desteklemediğinden daha basit bir çözüm olan taşınabilir baca gazı analiz cihazı yatırımı yapılmış, ve her gün baca gazı değerleri ölçülerek optimum yanma oluşması için gerekli brülör yanma ayarlarının yapılması sağlanmıştır.

Enerji tasarrufu çalışmaları kapsamında yapılan taşınabilir baca gazı analiz cihazı yatırımı sonucunda işletmenin sağladığı tasarruf miktarları:

Buhar Kazanı Verim Artışı	: ~ % 7
Yakıt Tasarrufu	: 20,3 kg/h
Toplam Tasarrufun Parasal Değeri	: 121.800 YTL/Yıl (6.000 h/yıl çalışma için)
Yatırımın Amorti Süresi	: 1 Ay

8.8. Buhar Dağıtım Hatlarının İzolasyonu İle Enerji Tasarrufu Uygulaması

Enerji tasarrufu çalışmalarına başlamak isteyen fakat nereden başlaması gerektiğini bilemeyen bir tekstil firmasında yapılan ön audit çalışması sonucunda, buhar hatlarının ve bu hatlarda kullanılan vanaların izolesiz olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun ve gözlemlenen diğer tasarruf noktalarının ne boyutta enerji kaybına yol açtığı için yapılan detaylı audit çalışmasının ardından, yatırım maliyeti açısından ucuz ancak enerji tasarrufu açısından etkin bir çözüm olan izolasyon kullanımı ile enerji tasarrufu çalışmalarına başlanmasına karar verilmiştir. Yapılan ölçüm ve gözlemlerin ardından, işletmede izolesiz boru uzunluğunun 224 m olduğu ve bu hatlar boyunca 44 tane armatürün izolesiz olduğu tespit edilmiştir. Hatlarla ilgili detaylı bilgi şu şekilde ortaya konmuştur.

1 Nolu Buhar Hattı:		2 Nolu buhar Hattı:	
Buhar Basıncı	: 6 bar _g	Buhar Basıncı	: 6 bar _g
Buhar Sıcaklığı	: 165 °C	Buhar Sıcaklığı	: 165 °C
Boru Hattı Çapı	: DN 50	Boru Hattı Çapı	: DN 32
Boru Hattı Uzunluğu	: 118 m	Boru Hattı Uzunluğu	: 60 m
Hattaki Armatür Sayısı	: 8	Hattaki Armatür Sayısı	: 8
3 Nolu Buhar Hattı:		4 Nolu buhar Hattı:	
Buhar Basıncı	: 6 bar _g	Buhar Basıncı	: 6 bar _g
Buhar Sıcaklığı	: 165 °C	Buhar Sıcaklığı	: 165 °C

Boru Hattı Çapı : DN 25
Boru Hattı Uzunluğu : 28 m
Hattaki Armatür Sayısı : 16

Boru Hattı Çapı : DN 25
Boru Hattı Uzunluğu : 18 m
Hattaki Armatür Sayısı : 12

Ortam sıcaklığının 20 °C ve ortamdaki hava akış hızının 2 m/s olarak yapılan hesaplamalar neticesinde, boru hatlarının kaya yünü ile izolasyonuna ve armatürlerin ise özel üretilen ceketler ile izolasyonuna karar verilmiştir. Hatlara uygulanan kaya yünü izolasyonun üstü alüminyum sac ile kaplanarak izolasyon malzemesi sudan korunurken ayrıca kısmen darbelere karşı da dayanıklılığı artırılmıştır. Enerji tasarrufu çalışmaları kapsamında yapılan izolasyon yatırımı sonucunda işletmenin sağlamış olduğu tasarruf değerleri şu şekildedir.

Tasarruf Edilen Enerji Miktarı : 147.736 Kcal/h
Tasarruf Edilen Enerjinin Bedeli : 75.843 YTL/Yıl (7.200 h/yıl çalışma için)
Yatırımın Amorti Süresi : 6 Ay

Not: Örnek olarak verilen tekstil işletmesinde doğalgaz yakan buhar kazanından elde edilen buharın maliyeti 39 YTL/ton buhar'dır.

9. SONUÇ

Günümüzde küreselleşen ekonomi ile artan rekabet şartları endüstriyel işletmeleri enerji maliyetlerini gözden geçirmeye zorlamaktadır. Önceleri yakıt ucuz ve rekabetin az olmasından dolayı enerji maliyetleri önemsenmiyordu. Bugün ise sanayi tesisleri ya da endüstriyel işletmeler, boşa yakıt tüketme lüksüne sahip değildir. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de tek amaç, minimum yakıt tüketimi ile maksimum enerji elde etmek zorundadır.

Üst yönetimden en alt kademedeki çalışana kadar, enerji tasarrufunu prensip edinmiş ve çalışmalarını bu doğrultuda planlamış sanayi tesisleri ya da endüstriyel işletmeler günün sonunda aynı iş için daha az enerji tüketimini sağlayacaklardır. Doğru ve güncel bilgilere ulaşılabilmesi ve enerji tasarrufu çalışmalarının gerçekçi olarak planlanabilmesi için deneyimli, tarafsız ve profesyonel danışmanlardan alınacak destek ile çalışmalara yön verilmelidir. Teknolojide yaşanan gelişmeler ile sağlanan faydalar takip edilerek, doğru seçilmiş yüksek hassasiyetli ölçüm aletleri kullanılarak sürekli ölçüm ve gözlem yapılmalıdır. Yapılan ölçüm ve gözlemler kayıt altında tutularak, enerji tasarrufu çalışmalarının işletmeye sağladığı faydalar gözlemlenmeli, yapılacak analiz ve yorumlamalar ile aksaklıkların üzerine ivedilikle gidilmelidir. Her türlü tüketim değerinin bilinmesi, yapılacak ya da yaptırılacak olan ön enerji auditi ve detaylı enerji auditi ile kayıpların tamamının tespiti enerji tasarrufu çalışmalarına başlamanın yeter şartı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Enerji tasarruf çalışmalarına gerekli mali kaynak ve insan gücü temin ve tesis edilerek kısa, orta ve uzun vadede bu çalışmaların getirileri en iyi şekilde değerlendirilmelidir.

“En ucuz enerjinin tasarruf edilen enerji” olduğu dikkate alındığında, yapılacak çalışmaların sonunda, önemli kazançların sağlandığı görülecektir.

10. KAYNAKLAR

- [1] BEGGS, C., “Energy: Management, Supply and Conservation”, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005
- [2] H.Ehringer et al., “Energy Conservation in Industry – Combustion, Heat Recovery and Rankine Cycle Machines”, Proceedings of the Contractors’ Meetings held in Brussels on 10 and 18 June, and 29 October 1982
- [3] Rajan, G.C., “Optimising Energy Efficiencies in Industry”, McGraw-Hill, 2003
- [4] Dağsöz, A.K., “Sanayide Enerji Tasarrufu”, Alp Teknik Kitaplar, 1991

- [5] 21. Yüzyılda Bütün Yönleriyle Enerji Bildirileri, Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomi Komisyonu "Energy Efficiency 2000" Projesi Çerçevesinde Uluslar arası Sempozyum, Teknik Yayıncılık, 1994
- [6] Thumann, A., "Plant Engineers & Managers Guide To Energy Conservation", The Fairmont Press, 2002
- [7] Buhar Tesisatları ve Buhar Cihazları El Kitabı, Intervalf, 2007
- [8] Enerji Ekonomisi, Isısan Çalışmaları No.351, 2005
- [9] Studebaker, J.M., "ESCO Energy Services Company Handbook", Pennwell, 2001
- [10] Enerji Yönetimi İçin Personel Motivasyonu, Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş. Enerji Yöneticiliği
- [11] Türedi, S., Berber, M., "Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi Uzun Dönem Analizi: Türkiye Örneği (1976-2005), İkinci Uluslar arası İşletme ve Ekonomi Çalıştayı Bildiri, Özetler ve Pratik Bilgiler Kitabı, Giresun Üniversitesi, 2007
- [12] Soğancı, M., TMMOB Yönetim Kurulu Başkanı ile Enerji Tasarrufu Söyleşisi, Enerji Dergisi, Kasım 2005
- [13] Kavak, K., "Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi", DPT İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Uzmanlık Tezi, DPT, Yayın No: 2689, Ankara, 2005.
- [14] Narin, M., Akdemir, S., "Enerji Verimliliği ve Türkiye"
http://paribus.tr.googlepages.com/narin_akdemir.doc
- [15] Thumann, A., Younger, W.J., "Handbook of Energy Audits", The Fairmont Press, 2008
- [16] Kreith, F., Goswami, D.Y., "Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy", CRC Press, 2007
- [17]. Arkun, M.E., "Enerji Verimliliğine Çağdaş Yaklaşım ve Türkiye", 22.Enerji Tasarrufu Haftası Etkinlikleri, EİE, 23-24 Ocak 2003
- [18] Kaya, D., Güngör, C., "Sanayide Enerji Tasarrufu Potansiyeli – II", Mühendis ve Makine Dergisi, Sayı.515, Aralık 2002
- [19] Uslu, H., "Vana Yalıtımı", İzocam Teknik Yayınlar
- [20] Bilgiç, M., "Endüstri Kazan Dairelerinde Enerjinin Etkin Kullanılması İçin; Yakıttan Baca Gazına Kadar Dikkate Alınması Gereken Hususlar", TTMD Dergisi, Temel Bilgiler, Tasarım ve Uygulama Eki, Sayı.8, Mayıs – Haziran 2004

ÖZGEÇMİŞ

Onur ÜNLÜ

Onur Ünlü 2001 yılında Y.T.Ü. Makine Fakültesi'nden Makine Mühendisi ünvanı ile mezun olmuştur. Engineering Business Management yüksek lisans eğitimini University Of Warwick'te (İngiltere) 2002 yılında tamamlamış ve Universal Makine ve Isı Sanayi Tic. A.Ş. firmasında endüstriyel sistem yatırımları alanında çalışmaya başlamıştır. Halen kurucu ortağı olduğu ESCON Energy Savings Consultancy firmasında enerji yatırım ve enerji geri kazanım danışmanlığı konusunda endüstriye hizmet vermektedir.