

SANAYİDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE UYGULAMALARI

(UMAS 2017'de sunulmuş ve genişletilmiş bildirimdir.)

Aytaç YILDIZ¹ Simge AKGÜL² Salih GÜVERCİN³

¹Bursa Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 16290, Bursa, TÜRKİYE

²Cumhuriyet Üniversitesi, Koyulhisar M.Y.O, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, 58660, Sivas, TÜRKİYE

³Amasya Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine Teknolojisi Programı, 05100, Amasya, TÜRKİYE
aytac.yildiz@btu.edu.tr

Özet- Sanayi sektörü, gerek yüksek enerji tasarruf potansiyeline sahip olması, gerekse de sanayide tüketilen enerjinin çoğunlukla ticari enerji olması nedeniyle enerji tasarrufu çalışmalarında öncelikle ele alınması gereken bir sektördür. Türkiye’de birincil enerjinin %24’ünü, elektriğin ise %47’sini sanayi sektörü kullanmaktadır. Ülkemiz sanayisi ağırlıklı olarak emek ve enerji yoğun alanlarda varlık göstermeye çalıştığından dolayı OECD ülkeleri içinde enerji yoğunluğu yüksek ülkelerin başında gelmektedir. Bu ise işletmeleri diğer ülkelerdeki işletmelerle rekabet etmesi anlamında zor durumda bırakmaktadır. Bu yüzden üstün nitelikli ana üretim prosesleri-teknolojileri, bu teknolojileri destekleyen atık ısı geri kazanımı, kompenzasyon, otomasyon gibi destekleyici teknolojiler ve verimlilik felsefesi ile örülmüş enerji yönetim anlayışının benimsenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda sanayide enerji verimliliğini artırmak için, enerji muhasebesi, kontrol sistemleri, yalıtım, yeni teknolojiler ve endüstriyel süreçler, hammadde özellikleri, ürün çeşitleri ve özellikleri, iklim şartları ve çevresel etkiler, kapasite kullanımı gibi alanlarda verimli çalışmaların yapılması gerekmektedir. Rekabetin artması ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi gerekliliğinin de sektörde baskı oluşturması sonucunda enerji verimliliği çalışmaları sanayide başlamış olup başarılı örneklerin sayısı her geçen gün artmaktadır.

Bu çalışmada, sanayide enerji verimliliği konusu anlatılmış ve Türkiye sanayisinde enerji verimliliği konusunda yapılmış olan örneklere yer verilerek genel bir durum değerlendirilmesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler- Enerji, verimlilik, sanayide enerji verimliliği

**ENERGY EFFICIENCY AND APPLICATIONS IN
INDUSTRY**

Abstract- The industrial sector is a sector that needs to be addressed first in energy saving activities because it has a high energy saving potential or because the energy consumed in the industry is mostly commercial energy. In Turkey, 24% of primary energy and 47% of electricity use the industrial sector. Because our country's industry is predominantly trying to exist in labour and energy intensive areas, it is one of the top countries in OECD countries with high-energy intensity. This makes it difficult for businesses to compete with businesses in other countries. Therefore, it is necessary to adopt high-quality main

production technology technologies and supporting energy technologies such as waste heat recovery, compensation, automation, and efficiency philosophy that support these technologies. In this context, in order to increase energy efficiency in the industry, it is necessary to work efficiently in areas such as energy accounting, control systems, insulation, new technologies and industrial processes, raw material properties, product types and characteristics, climate conditions and environmental effects, capacity utilization. Because of the pressure on the sector to reduce production costs and increase competition, energy efficiency studies have started in the industry and the number of successful examples is increasing day by day. In this work, energy efficiency in the industry is discussed and a general case assessment was made by giving examples of energy efficiency in the Turkish industry.

Key Words- Energy, efficiency, energy efficiency in the industry

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde, dünya enerji ihtiyacının önemli bölümünü karşılayan fosil yakıt tüketimi hızla artmaktadır. Özellikle de ekonomisi hızla büyüyen ülkelerin fosil yakıt taleplerinin daha fazla olduğu görülmektedir. Buna karşın bu rezervler aynı ölçüde artmamaktadır. Enerjiye yönelik talep artmadan sabit kalsa bile, bu yakıt rezervlerinin sınırlı olması nedeniyle, çok da uzak olmayan bir gelecekte tükeneceği tahmin edilmektedir. Enerji ihtiyacının sürekli arttığı, ancak rezervlerin giderek azaldığı bir ortamda enerjinin verimli bir şekilde kullanılması önem kazanmaktadır [1].

Genel olarak enerji verimliliği; gaz, buhar, ısı, hava ve elektrikteki enerji kayıplarını önlemek, çeşitli atıkların geri kazanımı ve değerlendirilmesi veya ileri teknoloji ile üretimi düşürmeden enerji talebini azaltması, daha verimli enerji kaynakları, gelişmiş endüstriyel süreçler, kojenerasyon ve enerji geri kazanımları gibi etkinliği artırıcı önlemlerin bütünüdür. Enerji verimliliği çoğu gelişmiş ülkelerin politikalarında önemli bir yere sahiptir. Bir politika hedefi olarak enerji verimliliğinin önemi, ticari, endüstriyel rekabet ve enerji güvenliği faydalarına bağlıdır. Bunun yanında CO₂ emisyonlarının azaltılması gibi çevresel faydaları da artırmaktadır [2]. Enerji verimliliği konusu, enerji üretimi ve tüketimi alanında genel etkinlik çalışmalarının tümünü kapsamaktadır. Bu çerçevede, bir yandan en az kaynak kullanımıyla en çok enerji üretiminin gerçekleşmesi, diğer yandan aynı miktar enerji kaynağı kullanılarak daha çok üretimin sağlanmasına yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Bu çalışmaların daha çok gelişmiş ülkelerde kamu kurumları, büyük şirketler ve üniversiteler tarafından yürütülen programlarla gerçekleştirildiği gözlenmektedir [1]. Enerji verimliliği, ülkemiz için öncelikli konu olup hem sektörel rekabeti artıracak hem de ekonomimizin sürdürülebilir büyümesine öncülük edecektir. Başta enerji arz güvenliğini artırmak ve sürdürülebilir bir büyümenin sağlanması için yeni tasarruf tedbirlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için büyüme stratejileri açısından enerji arzı ve güvenliği yadsınamaz bir konudur. Dünyada enerji üretiminde birincil kaynak olarak kullandığımız mevcut rezervler hızla tükenmekte ve yeni arayışlar içerisine girilmektedir. Bu yönüyle enerji verimliliği bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Yapılan çalışmalarda enerji yoğun ekonomiye sahip ülkemiz için hem sanayide hem de konutlarda büyük tasarruf potansiyelleri karşımıza çıkmaktadır. Enerji verimliliği çalışmaları ülkemizde yeni girişimler olarak görülmekte ve ülkemizin büyüme hızına kıyasla arz güvenliği risk altına girmekte olup, verimlilikteki artışlar Türkiye'nin rekabetçi ve sürdürülebilir üretimi açısından hayati önem arz etmektedir [3]. Türkiye'de enerji tüketiminin yaklaşık %43'ü sanayide gerçekleşmekte olup en büyük pay bu sektöre aittir. Bu nedenle özellikle enerji tasarrufu çalışmaları bu sektöre yönelik yoğunlaşmıştır [4].

Elektrik enerjisinin de yaklaşık %65'i sanayinin beygiri denilen elektrik motorlarında kullanılmaktadır. Bu motorlar her ne kadar elektrik enerjisini verimli bir şekilde mekanik enerjiye çevirseler de pek çok iş kolunda bu enerjinin yaklaşık %20'si uygun olmayan yol verme mekanizmaları yüzünden boşa gitmektedir. Prosese göre enerji uygulamak enerji kullanımında kayda değer bir azalma sağlamaktadır [1].

Kojenerasyon sistemleri, sanayide kullanılan en önemli ve yüksek verimlilik sağlayan sistemlerdir. Bu sistemler ısı ve elektriğin birlikte üretildiği sistemler olduğu için bileşik üretim anlamına gelen kojenerasyon adını almıştır. Aynı yakıt kaynağından daha fazla enerji üretebildiği için tek amaçlı üretim sistemlerinden daha avantajlıdır. Bir diğer avantajı ise çevreye daha duyarlı olmasıdır. Çünkü sistemde atık ısı kullanılmakta ve böylece doğaya daha az CO₂ salınımı yapılmaktadır. Günümüzde termik santrallerde elektrik ortalama %36 verimle, ısı ise ortalama %80 verimle üretilmektedir. Elektrik ve ısının ayrı ayrı üretilmesi sonucu ortalama %58'lik bir verim ortaya çıkmaktadır. Elektrik ve ısının birlikte üretildiği kojenerasyon uygulamalarında ise verim %85 dolaylarındadır ki bu değer çok büyük bir enerji verimliliği anlamına gelmektedir [5].

Birçok sanayi kuruluşunda basınçlı hava kullanılmaktadır ve basınçlı havayı sağlayan kompresörlerin ihtiyaca göre uygun seçilmeleri ile çalışma şartları verimlilik açısından oldukça önemlidir. Kompresör seçiminde işletmede kullanılacak gerekli hava miktarı ile basınç göz önünde bulundurulmalıdır. Buna göre basınçlı hava devresinin ana ihtiyacı düşünülerek (m³/h)/kW oranı en yüksek olan kompresör seçimi yapılmalıdır. Kompresöre verilen enerjinin sürtünmeler haricinde kalan kısmının ısı enerjisi olarak havaya ve dış ortama verilmesi söz konusudur. Dışarıya atılan enerji termik olarak %94 civarındadır. Bu enerjinin tamamen geri kazanılması mümkün olmamakla beraber bir kısmı geri kazanılarak yapıların sıcak hava ile ısıtılması veya sıcak su elde edilmesi sağlanabilir [6]. Endüstriyel tesislerde kullanımı yönünden çok değerli, olmazsa olmaz kaynaklardan biri olan basınçlı hava bu tesislerin en çok para ödedikleri işlemlerden bir tanesini oluşturmaktadır. Kompresörler birçok sanayi tesisinde en çok enerji harcayan ekipmanların başında gelmektedir. Kompresörler, kurutucular ve diğer destek ekipmanlarının bir yıllık çalışma maliyetleri toplam yıllık ödenen elektrik faturasının %70'ini oluşturmaktadır [7]. Basınçlı hava sisteminde olacak bir arıza birçok tesiste üretimin durmasına sebep olmaktadır. Hava kaçakları, basınçlı hava sisteminde meydana gelen enerji kayıplarının en önde gelen sebebidir. Bir kompresörün hava kaçaklarının oluşturduğu basınç düşümünü önlemesi için daha uzun zaman çalışması gerekmektedir. Çeşitli çalışmaların gösterdiğine göre, üretilen basınçlı havanın yaklaşık %25'i sızıntılar nedeniyle kayıp olmaktadır [8].

Fırınlara, özellikle yüksek sıcaklıklarda çalışan tavlama fırınları, endüstriyel işletmelerde gerek yakıt tüketimi açısından gerekse çevreye verdiği atık gazların oluşturduğu kirlilik açısından mümkün olduğunca verimli çalıştırılması gereken sistemlerdir. Tav fırınlarının genelde ısı verimleri %35-45 arasındadır. Kayıplar en çok baca gazından olmaktadır ve bunun nedeni tav fırınlarının işlevleri gereği çok yüksek sıcaklıklarda ısıtma yapması, bunun için brülörlerde gerçekleşen yanma sonucunda sistemden dışarıya atılan gazın yüksek sıcaklıkta olmasıdır. 650°C civarında olan baca gazı enerjisi baca gazı debisi çok düşük olmamak kaydıyla muhtelif ekonomizer ve esanjör uygulamaları ile ortam ısıtmasında, sistem girdilerinin ön ısıtmasında, kızgın su ve buharı ihtiyacının karşılanmasında ya da sıcak su üretiminde kullanılabilir [9]. Yüzey kayıplarının azaltılması için fırın iç yüzeyinin yalıtımı artırılarak bu sayede fırın yüzeyinden gerçekleşen radyasyon ve konveksiyon kayıplarının önüne geçilebilir. Baca gazı bileşenlerinin değerleri tamamen brülör verimi ile ilintilidir. Tav fırınlarında kullanılan brülörlerin verimleri %60-90 arasında değişmektedir. Üretici firmaya göre, CO oranı sıfır mertebelerinde, O₂ değeri %3-5 mertebelerinde, CO₂ değeri ise %8-12 değerlerinde olmalıdır [6]. Fırının brülörlerinden alınan ortalama değer bu aralıkta yer alsın da tek tek her brülör için karşılaştırma yapılarak verimsiz çalışan brülörler tespit edilebilmektedir. Giriş açıklığından oluşan kayıp ise, sisteme malzeme sürekli giriş yapmadığından yükleme bitiminde otomatik olarak kapanan, yükleme

başlarken de boru dış çapına göre minimum seviyede açılan otomatik kapı montajı ile tamamen giderilmese de azaltılabilir [10].

Enerji verimliliği gibi üstünlüklerinden dolayı endüstriyel uygulamalarda değişken hız denetimli motor tahrikli pompa sistemlerinin kullanımı da gün geçtikçe artmaktadır. Bu tür sistemlerde pompayı süren elektrik motorunun devri ayarlanarak debinin değiştirilmesi sağlanmaktadır. Bu sistemler özellikle değişken debi ihtiyacı olan hidrolik sistemlerde önemli miktarda enerji tasarrufu sağlamaktadır. Değişken devirli sistemlerin diğer bir üstünlüğü ise hidrolik motor olarak da çalışma özelliğidir. Yani sisteme pompa modunda enerji verirken motor modunda da sistemden enerji geri alınabilmektedir. Farklı uygulamalarda bu özelliğin kullanılabilmesi de mümkündür. Plastik enjeksiyon makinelerinde bir iş çevrimi sırasında çok değişken basınç/debi değişimine gerek duyulmaktadır. Sabit debili pompa kullanılan hidrolik sistemlerde gereksinim fazlası akışkan tanka geri gönderilmektedir. Bu durum gereksiz bir enerji kaybı ve soğutma sistemine de ek bir ısı yük getirmektedir. Bu tür sistemlerde değişken devirli pompa sistemlerinin kullanılmasıyla sistemin gerek duyduğu debiyi sisteme vereceği ve ısı yükü de azaltacağı için kayıp enerji miktarı da azalacaktır [4].

2. SANAYİDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMALARI (ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONS IN INDUSTRY)

Değişik sektörlerde yapılan enerji denetleme çalışmalarında ortaya çıkan tablo sonucunda; sanayi tesislerinin ve endüstriyel işletmelerin %95'inde %5-40 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. Bu amaçla yapılan bazı enerji verimliliği çalışmalarının özeti Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Sanayide yapılan bazı enerji verimliliği uygulamaları (Some energy efficiency applications in the industry)

Uygulama Adı	Problem	Yapılan Uygulama	Sonuç
Plastik Enjeksiyon Makinesinin Hidrolik Sisteminde Değişken Hız Denetimli Motor Kullanımı [4]	Plastik enjeksiyon makinesinde verimi düşük sabit debili pompa kullanımı (%22)	Sistemin sabit debili pompa yerine değişken hız denetimli motor tahrikli bir pompa sistemiyle çalıştırılması	Sistem için uygun bir pompa seçilmiş ve hidrolik sistemin verimi %70 olarak hesaplanmıştır.
Mevcut Sıcak Hava Klapelerinin Sızdırmaz Klapelerle Değiştirilmesi [11]	Üretimden elde edilen sıcak havanın uzun süre sonunda klapelerin sızdırmazlığını kaybettirmesi nedeniyle sıcak havanın atmosfere kaçması	Mevcut klape yerine sızdırmaz klape kullanılması	<ul style="list-style-type: none"> Isı enerjisi kazanç miktarı: 7.433.487 kWh/yıl Elektrik enerjisi kazanç miktarı: 12.979 kWh/yıl Tasarrufun mali değeri: 636.618 TL/yıl Basit geri ödeme süresi: 0,20 yıl
Mevcut Soğutma Sistemlerinin Yerine Absorbsiyonlu Chiller ile Soğutma Sağlanması [11]	Mevcut durumda atık ısı kazanı kapasitesinin yüksek olmasına rağmen, buhar ihtiyacı düşük olduğu için gaz türbini egzoz gazlarının belli bir miktarı (mevsimsel şartlara göre egzoz gazı kullanım oranı) atmosfere atılmaktadır. Bu durum enerjinin kullanılmadan atmosfere atılması anlamına gelmektedir.	Absorbsiyonlu chiller ile elde edilecek soğutma suyu kullanılarak üretim bölümünün mahal soğutulmasının by-pass bacasından atılan atık ısı ile sağlanması	<ul style="list-style-type: none"> Enerji tasarrufu: 1.394.653 kWh/yıl Tasarruf mali değeri: 365.817 TL/yıl Yatırım maliyeti: 970.128 TL Basit geri ödeme süresi: 2,65 yıl
Buhar Kazanı Otomasyonu İle Enerji Tasarrufu Uygulaması [9]	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.	Buhar kazanlarında yapılan yüzey blöfü otomasyon yatırımı	<ul style="list-style-type: none"> Tasarruf edilen enerji miktarı: 82.992 kcal/h Yakıt tasarrufu: 11,83 Nm³/h Su tasarrufu: 1.276,8 kg/h Kimyasal tasarrufu: 128 gr/h Toplam tasarruf değeri: 48.312 TL/yıl Yatırımın amorti süresi: 5 Ay
Soğutucu Ünitesi Değişimi Verimlilik Artırıcı Proje [11]	Bir üretim tesisinin prosesindeki soğutma ihtiyacını karşılamak için 3 adet chiller ünitesi kullanılmaktadır. Gerek chiller ünitesinin COP değerinin düşük olması gerekse soğutucu akışkanın değişimi sonucu COP değerinin düşmesi spesifik enerji tüketimini artırmaktadır.	Freon 22 kullanılan chiller ünitesinin yerine COP değeri daha yüksek chiller ünitesinin alınması	<ul style="list-style-type: none"> Tasarruf edilen yıllık enerji: 1.887.336 kWh/yıl Tasarruf edilen enerji maliyeti: 358.593 TL/yıl Ahımın bedeli: 930.549,00 TL Proje basit geri ödeme süresi: 2,60 yıl
Değişken devir tahrik pompalı bir hidrolik güç ünitesinin CNC torna tezgâhında kullanılması [12]	Değişken deplasmanlı pompalı standart bir hidrolik güç ünitesinin fazla ses yapması ve enerji sarfiyatının fazla olması	Değişken devir tahrik pompalı bir hidrolik güç ünitesi	Yüksüz durumdaki enerji verimliliği %68 olarak sağlanmıştır.

Frekans konvertörlü (FC) pompa uygulamaları ile yapılan enerji verimliliği uygulamaları ise Tablo 2’de verilmiştir [13].

Tablo 2. Frekans konvertörlü (FC) pompa uygulamaları (Frequency converter (FC) pump applications)

Uygulama Adı	Problem	Yapılan Uygulama	Sonuç
Bir Hastanenin Isıtma Sistemi	70,000 m ² ’lik bir alanı kaplayan ana bina, poliklinik ek binası ve hemşire lojmanından oluşan hastanenin ısıtması merkezi bir ısıtma sistemi ile sağlandığı için enerji sarfiyatı fazla	Frekans Konvertörlü (FC) ısıtma sisteminin kullanılması	<ul style="list-style-type: none"> % 58 enerji tasarrufu 15 yıl üzerinden enerji tasarrufu: 118.260 kWh 15 yıl üzerinden enerji masraf tasarrufu: 10.643 €
Atık Su Yönetimi Yapılan Bir Santrifüj Pompada Tasarruf Çalışması	1 adedi yedek, iki adet atık su dalgıç pompası on/off pozisyonunda çalışmaktadırlar. Gelecekteki kapasite artışı düşünülerek pompalar büyük seçilmişlerdir (60 m ³ /h). Pompaların kapasitesi büyük seçildiğinden devreye girip çıkma süreleri çok kısa aralıklarla olmaktadır (Her 5 dakikada devreye girip, 1 dakika çalışmaktadır).	Mevcut pompaların 30 m ³ /h’lik ufak pompa ile değiştirilmesi	Bu değişiklikle yılda 1278 € enerji tasarrufu sağlanmıştır.
Kontrol Vanalı Bir Pompa Sistemi	Bir eşanjör sistemi ile akışkan ısıtılıyor ve kontrol vanası debi kontrolünü sağlayarak basınçlı tanka 80 m ³ /h akışkan gitmesini sağlıyor. Sistemin ilk tasarım bilgilerine bakıldığında 80 m ³ /h kapasitenin yeterli olmasına rağmen, pompanın 110 m ³ /h seçildiği ve bu nedenle kontrol vanası boyunca olması gerekenden daha fazla basınç kaybı meydana getirdiği tespit edilmiştir.	Frekans konvertör sistemi adapte edilir ve kontrol vanası kaldırılır ise pompa hızı değiştirilerek, istenilen kapasite değeri sağlanabilir.	Bu tasarım ile enerji verimliliğinde %49 artış gözlemlenir.

2014 yılı içerisinde gerçekleştirilen ve yıllık getirisi 1 milyon TL'nin üzerinde olan enerji verimliliği projeleri de Tablo 3'te verilmiştir [14]:

Tablo 3. 2014 yılı enerji verimliliği projeleri (2014 energy efficiency projects)

Proje Adı	Uygulama	Sonuç
PLT-2/5/36 Ünitelerinde Isıl Entegrasyon ile Enerji Kazanımı Projesi	İzmit Rafinerisi Plant-2/5/36 ham petrol ve dizel kerosen kükürt giderme ünitelerinde pinch analizi yapılarak yeni ısı değiştirici ilaveleri ile fırın yüklerinde düşüş sağlanmış, enerji tasarrufu yapılmıştır.	Yıllık 7,5 milyon TL tasarruf ve 79,5 bin Gcal/yıl enerji tasarrufu elde edilmiştir.
Fırınlarda Online Kimyasal Temizlik Projesi	İzmir Rafinerisi U-7000 ham petrol ünitesi fırınları, vakum fırını, hydrocracker fraksiyonlandırma ünitesi şarj fırını ve visbreaker ünitesi şarj fırınında fırın tüpleri üzerinde zamanla biriken kirliliklerin giderilmesi yöntemi ile ısı transferini artırmak için kimyasal yıkama yapılmaktadır.	Tüpler üzerinde oluşan karbon ve diğer depozitlerin fırın devrede iken uzaklaştırıldığı online kimyasal temizlik projesi ile yıllık 6,5 milyon TL tasarruf ve 55,2 bin Gcal/yıl enerji tasarrufu elde edilmektedir.
Atık Isı ile KBS Isıtma Projesi	Kırıkkale Rafinerisi güç santrallerinde buhar üretim amacı ile kullanılan kazan besleme suyunun 45 C'den 75 C'ye hidrojen ünitesindeki atık ısı ile ısıtılması yoluyla ısıtma için kullanılan LP buhardan tasarruf edilmektedir.	Demineralize suyun ısıtılması projesi ile yıllık 6,2 milyon TL tasarruf ve 69 bin Gcal/yıl enerji tasarrufu elde edilmektedir.
Buhar Güç Optimizasyonu Tasarruf Projesi	Kırıkkale Rafinerisi'nde enerji optimizasyon çalışmaları kapsamında dışarıdan alınan import elektrik miktarı artırılmış ve türbinden çekilen kondanse miktarı buna bağlı olarak azaltılarak rafineri ortalama elektrik maliyeti düşürülmüştür. İzmit rafinerisinde enerji optimizasyon çalışmaları kapsamında türbinli ve elektrikli ekipmanlarda değişimler ve kazan veya alternatif yüklerinin gözden geçirilmesi ile işletme maliyetleri düşürülmüştür.	Güç optimizasyon tasarruf projesi ile Kırıkkale ve İzmit Rafinerilerinde toplam yıllık 5,68 milyon TL tasarruf ve 68,3 bin Gcal/yıl enerji tasarrufu elde edilmektedir.
Fırın ve Kazanlarda Doğal Gaz Yakıtı Geçiş Projesi	Batman Rafinerisi H-509 kazanı ve F-101 fırını gaz ve sıvı yakıtı yakabilecek şekilde revize edilmiş, Batman iline doğal gaz şebekesinin kurulumuyla birlikte, fırınlarda doğal gaz yakıtı geçilmiştir.	Fırınlarda doğal gaz yakıtı geçiş projesi ile yıllık 5,65 milyon TL tasarruf ve 3,7 Gcal/yıl enerji tasarrufu elde edilmektedir. Batman Rafinerisi enerji verimliliği projeleri ile yıllık toplam 6,1 milyon TL tasarruf ve 7 bin Gcal/yıl enerji tasarrufu elde edilmektedir.
Recycle Gaz Kompresörünün Kondense Çekişinden LP Buhara Dönüşüm Projesi	İzmir Rafinerisi CT-9901 recycle gaz türbini HP buhardan kondense üreterek çalışmaktadır. Kondense dönük çalışma şekli enerji tüketimi açısından verimsizlik oluşturmaktadır. Yapılan çalışma sonrası türbin, HP buhardan LP buhara dönük olarak çalışmak üzere revize edilerek çıkan LP buharın da kullanılması ile enerji geri kazanımı sağlanmış ve sistem daha verimli hale getirilmiştir.	Recycle gaz kompresör revizyon projesi ile yıllık 5,37 milyon TL tasarruf ve 44,8 bin Gcal/yıl enerji tasarrufu elde edilmektedir.
Amin Üniteleri LP Buhar Tasarruf Projesi	İzmit ve İzmir Rafinerileri amin rejenerasyon ünitelerinde LP buhar tüketilmektedir. Operasyonel iyileştirmeler ile LP buhar tüketimi azaltılarak enerji tasarrufu sağlanmıştır.	Amin rejenerasyon buhar tasarrufu projesi ile yıllık 4,4 milyon TL tasarruf ve 38,7 bin Gcal/yıl enerji tasarrufu elde edilmektedir.
901Y Ünitesi Yeni KBS Isı Değiştiricisi Projesi	İzmir Rafinerisi 901Y ünitesinde yer alan iki adet atık ısı kazanı KBS sıcaklığı 60 C'ye düşürülerek atmosfere atılan baca gazından enerji tasarrufu sağlanmıştır.	Kazan besleme suyu ısı değiştirici projesi ile yıllık 3,7 milyon TL tasarruf ve 30 bin Gcal/yıl enerji tasarrufu elde edilmektedir.
Fırınlarda Tam Gaz Yanma Projesi	İzmit Rafinerisi'nde yer alan proses fırınlarında burner modernizasyonu ile tam gaz yanmaya geçilmiştir.	Fırınlarda tam gaz yanma projesi ile yıllık 2 milyon TL tasarruf ve 2,5 bin Gcal/yıl enerji tasarrufu elde edilmektedir.
Kerosen Sistemi Isı Geri Kazanım Projesi	İzmit Rafinerisi Plant-47 hydrocracker ünitesindeki kerosen ürünün atık ısısından yararlanılarak LP buhar üretilerek ve enerji tasarrufu sağlanmıştır.	Kerosen ısı geri kazanım projesi ile yıllık 1,1 milyon TL tasarruf ve 11,5 bin Gcal/yıl enerji tasarrufu elde edilmektedir.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Günümüz dünyasında enerji kaynaklarını verimli kullanabilme hem çevre hem de maliyet açısından giderek önem kazanmaktadır. Her geçen gün enerjiyi daha verimli bir şekilde kullanabilmek için ürünler ve yöntemler geliştirilmektedir. Enerjinin verimli kullanımı, gerek ülkemizde gerekse dünyada üzerinde önemle durulan konulardan biridir. Endüstriyel işletmeler açısından bakıldığında, verimliliği artırıcı çalışmalar yakıttan tasarruf sağlar, kaynakların verimli kullanımına ve çevre kirliliğinin azaltılmasına önemli ölçüde katkıda bulunurlar.

Enerji verimliliği, binalardaki yaşam standardını hizmet kalitesini artırırken, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan, birim hizmet veya ürün

miktarı başına enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Sanayileşme, hayat standartlarının yükselmesi ve nüfus artışı gibi sebeplerden dolayı; enerji tüketimi dünyada olduğu gibi Türkiye’de de artmaktadır. Sanayide enerji yoğun endüstriyel alt sektörler hakim olup enerji maliyetleri toplam üretim maliyetlerinin %20 ile %50 arasındadır. Enerji ihtiyacını yerli kaynaklardan karşılamak kadar enerjiyi verimli kullanmakta büyük öneme sahiptir. Özellikle enerji tüketiminin çok olduğu sektörlerdeki tasarruf potansiyelinin değerlendirilmesi ve iletimde kayıp kaçak oranlarının düşürülmesi enerji harcamalarını azaltacaktır. Enerji sektöründeki mevcut mevzuata ve geleceğe yönelik planlamalara paralel olarak enerji yönetiminin etkin bir şekilde sürdürülmesi enerji tasarrufuna kayda değer katkı sağlayacaktır. Sanayi sektöründe enerji verimliliğindeki iyileştirmeler ve yapısal değişiklikler ise enerji yoğunluğunun azaltılmasına katkı yapacaktır.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Wikstroem P., Tolvananen J., Savolainen A., and Barbosa P., (2007). Saving energy through power efficiency, *ABB Review* 2/2007, 73–80.
- [2] Patterson M. G., (1996). What is energy efficiency?: Concepts, indicators and methodological issues, *Energy policy*, vol. 24, no. 5, 377-390.
- [3] Kaya D., and Güngör C., Sanayide enerji tasarrufu potansiyeli–II, (2002). *Mühendis ve Makine Dergisi*, no. 515, 1-20.
- [4] Kocabıçak Z. K., Topçu E. E ve Yüksel İ. (2011). Bir plastik enjeksiyon makinesinin hidrolik sisteminde değişken hız denetimli motor kullanımının enerji verimi açısından kuramsal incelenmesi, *VI. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi*, 12-15 Ekim 2011/İzmir.
- [5] Türkel M. U., (2009). Birleşik ısı ve güç santralleri sanayide kojenerasyon/trijenerasyon uygulamaları.
- [6] Dağsöz A. K., (1991). Sanayide enerji tasarrufu, Isı Geçişi ve Ekonomisi, *İTÜ Makine Fakültesi Yayınları*.
- [7] Çengel Y. A., Çerçi Y., and Turner R.H., (1998). Some simple and economical ways of saving energy in industrial facilities, *ASME Advanced Energy Systems Divisions*, 38, 146.
- [8] Tarell R. E., (1999). Improving compressed air system efficiency-know what you really need, *Energy Engineering*, vol. 96, no. 1, 7-15.
- [9] Ünlü O., (2009). Sanayide enerji tasarrufu çalışmalarının önemi ve buhar sistemleri ile ilgili uygulama örnekleri, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 5-16.
- [10] Ertem G. K., Çelik B. ve Yeşilyurt S., (2008). Endüstriyel tav fırınlarında ısı dengliği hesaplamaları ve enerji verimliliğinin belirlenmesi, *V. Ege Enerji Sempozyumu*, İzmir.
- [11] Kaya D., Eyidogan M., Çoban V., Çağman S., Hergül A. S. ve Sapmaz S. (2015). Endüstriyel tesislerde enerji verimliliği uygulamaları-II, *6. Enerji Verimliliği Kalitesi Sempozyumu ve Sergisi EVK 2015*.
- [12] Çelikayar G., (2008). Servomotor tahrikli pompa kontrol sistemleri ve enerji tasarrufu, *V. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi*. İzmir, 151-159.
- [13] Yumurtacı Z., Sarıgul A., (2011). Santrifüj pompalarda enerji verimliliği ve uygulamaları, *Makina Mühendisleri Odası Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 49-58.
- [14] <http://www.tupras.com.tr/detailpage.tr.php?IPageID=7142> Erişim Tarihi: 13.06.2016.