

Bir Endüstriyel PVC Kalıp Soğutma Sisteminin Enerji Analizi ve İyileştirilmesi

Hüseyin BULGURCU
Nadir İLTEN
İsmail CANER
Okan KON

ÖZET

Bu çalışmada Balıkesir'deki PVC profil fabrikasında yapılan enerji etütleri ve iyileştirmeleri sonucunda elde edilen enerji tasarrufu incelenmiştir. Öncelikle boru tesisatında ultrasonik debimetre ile su hızları ölçülmüş, mevcut boru tesisatında çok yüksek basınç kayıpları olduğu görülmüştür. Bunun üzerine boru tesisatı yeniden tasarlanmış ve bu tesisata uygun pompa seçimi yapılmıştır. Yine dinlendirme havuzlarındaki sıcak-soğuk su karışmaları önlenmiş, soğuk suyun doğrudan kalıplara basılması sağlanmıştır. Soğuk kış aylarında soğutma gruplarında tüketilen enerjiyi sıfırlamak için soğutma yüküne uygun olarak seçilen kuru soğutucular yerleştirilmiştir. Mekanik tesisatın tam otomasyonu için PLC kullanılmış olup dış hava sıcaklığı izlenerek +10 °C'nin altında kuru soğutucular otomatik olarak devreye alınmıştır. Tüm bu çalışmalar sonucunda pompa enerjisinden, havuz sisteminden ve kuru soğutuculardan önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: PVC Profil Kalıbı, Kalıp Soğutma Sistemi, Enerji Analizi, Enerji Tasarrufu

1. GİRİŞ

Enerji yönetimi kavramı ilk defa savaş sonrası bir İngiliz bilim adamı tarafından telaffuz edilmiştir. 1973 petrol krizinden sonra bu kavram sanayide de kullanılmaya başlamıştır.

Enerji Yönetimi: Planlama koordinasyon ve kontrol gibi birbirinden bağımsız olduklarında etkisiz kalabilecek işlevlerin bir araya gelerek oluşturdukları bir bütündür.

Sanayide Enerji Yönetimi: Ürün kalitesinden, güvenlikten veya çevresel tüm koşullardan fedakârlık etmeksizin ve üretimi azaltmaksızın enerjinin verimli kullanımı doğrultusunda yapılandırılmış ve organize edilmiş disiplinli bir çalışmadır.

Enerji yönetim sistemi oluşturulurken Enerji Tasarrufu odak noktası

Abstract:

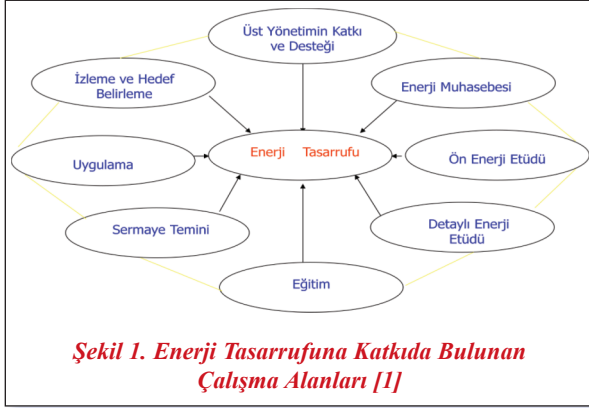
In this study, energy audits and energy efficiency improvements were investigated at the PVC profile factory in Balıkesir. First of all, water velocities at the pipes were measured with an ultrasonic flow meter and were found to be very high pressure losses in the existing piping system. Therefore, piping redesigned and was selected pump for the appropriate this installation. In the same way prevented from settling ponds mixing of hot and cold water and sent cold water directly to the molds. In order to minimize the energy consumed by cooling groups during the winter and is placed dry coolers selected according to the cooling load. PLC is used for the full automation of mechanical installations and following the outdoor air temperature below +10 ° C, dry coolers are activated automatically. As a result of all these studies, achieved were significant energy savings dry coolers, pumps and pool system.

Key Words:

PVC Profile Mold, Mold Cooling System, Energy Analysis, Energy-Saving

Makale

olmak üzere enerji verimliliğine katkıda bulunan 8 önemli çalışma alanı vardır (Şekil 1).



Enerji Yoğunluğu: Enerji verimliliğinin önemli göstergelerinden birisi enerji yoğunluğudur. Enerji yoğunluğu, GSYİH (Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla) başına tüketilen birincil enerji miktarını temsil eden ve tüm dünyada kullanılan bir göstergedir. Genellikle 1000 \$'lık hâsıla için tüketilen TEP (ton petrol eşdeğeri) miktarı, uluslararası yayınlarda enerji yoğunluğu göstergesi olarak tercih edilmektedir. Burada TEP; çeşitli enerji kaynaklarının miktarlarını tanımlamak için kullanılan kg, m³, ton, kWh gibi farklı birimleri aynı düzlemde ifade etmeye yarayan bir tanımdır. 1 TEP, 1 ton petrolün yakılmasıyla elde edilecek enerjiye tekabül etmektedir ki, bu da yaklaşık 107 Kcal (kilokalori)'ye, 41,8x10⁹ joule'e ve 11,6x10³ kWh'a karşılık gelmektedir.

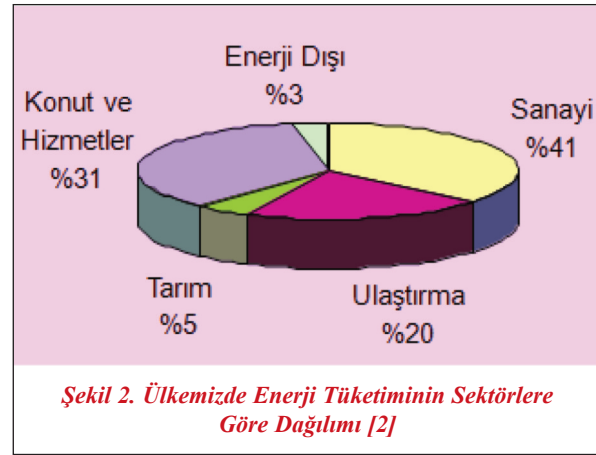
Bu durumda, bir ülkenin enerji yoğunluğu ne kadar düşükse, o ülkede birim hâsıla üretmek için harcanan enerji de o kadar düşük demektir ki, bu da enerjinin verimli kullanıldığına işaret etmektedir.

Enerji yoğunluğu göstergesi içinde ekonomik çıktı, enerji verimliliğindeki artış veya azalma, yakıt ikâmesindeki değişimler bir-

likte ifade edilmektedir ve değişimlerin tek tek bu gösterge içinde ayırt edilmesi mümkün değildir. Bununla birlikte enerji yoğunluğu, dünyada enerji verimliliğinin takip ve karşılaştırılmasında yaygın olarak kullanılan bir araçtır.

Ülkemizin enerji yoğunluğu Tablo 1'de görüldüğü gibi OECD ortalamasının iki katı ve halen kişi başına enerji tüketimi OECD ortalamasının dörtte biri civarındadır [2].

Şekil 2'de görüldüğü üzere ülkemizde toplam enerji tüketiminin %41'ini sanayi sektörü tüketmektedir. Bu nedenle Türk sanayi, enerji yoğun sanayi olarak adlandırılabilir. EİE/UETM'nin yaptığı çalışmalar sonucunda sanayi sektörümüzde yıllık yaklaşık toplam 1 milyar dolar tutarında enerji tasarrufu potansiyeli belirlenmiştir.



Tablo 1. Toplam Birincil Enerji Tüketimi/Gayri Safi Yurt İçi Hâsıla (milyon TEP/1000 \$) (2006 yılı) [2]

Ülke	GSYİH (milyar \$)	Tüketim (milyon TEP)	Enerji yoğunluğu	Kişi başına tüketim (TEP/nüfus)
Türkiye	190,3	72,5	0,38	1,06
Japonya	5 648	520,7	0,09	4,09
ABD	8977,9	2281,5	0,25	7,98
Yunanistan	144,8	28,7	0,20	2,62
OECD	27880,9	8970	0,19	4,68
Dünya	34399,8	10029	0,29	1,64

Enerji Tasarrufu: Enerji atıklarının değerlendirilmesi, enerji verimliliğinin artırılması ve mevcut enerji kayıplarının önlenmesi yoluyla tüketilen enerji miktarının ekonomik kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden, kalite ve performansı düşürmeden en aza indirilmesi olarak tanımlanmaktadır.

Enerji tasarrufu makineleri kapatmakla, prosesi engellemekle veya durdurmakla yapılamayacağına göre asıl amacı üretim olan sanayi tesislerinde enerji yönetim sistemini oluşturmaktır. Çünkü en düşük tüketim ile son ürünü gerçekleştirmek için enerjinin iyi yönetilmesi gereklidir.

Bir fabrikadaki üretim maliyetleri; hammadde, işçilik, işletme ve enerji maliyetlerinin toplamını içerir. Genellikle enerji, basit bir şekilde toplam üretim maliyetlerine dâhil edilir ve ayrı bir kalem olarak dikkate alınmaz.

Enerji maliyetleri sanayi sektöründe, kullanılan proseslere, hammaddelere ve imal edilen son ürüne bağlı olarak toplam üretim maliyetlerinin %50'sinin üzerine çıkabilir.

Spesifik Enerji Tüketimi (SET): Birim ürün başına kullanılan enerji olarak tanımlanır. Örneğin bir fabrikada spesifik değişken, (üretim) ton ile tarif ediliyorsa spesifik enerji birimi kW/ton olur.

$$\text{Spesifik Enerji Tüketimi} = \text{Enerji Tüketimi} / \text{Üretim} \quad (1)$$

Performansın değerlendirilmesi, beklenen enerji kullanımı ile gerçek enerji tüketim değerlerinin düzenli olarak karşılaştırmakla yapılır. Bunu değerlendirmek için SET değerlerini kullanabiliriz. Bunlar özellikle çeşitli işletme koşullarının fabrika üretim performanslarına etkisini izleme açısından önemlidir. SET değerinin büyümesi kötü performansa, enerji tüketiminin gereksiz yere artmasına işaret eder.

Rapor Dokümanları üzerinde gerçek, standart ve hedef SET'ler verilir. Bunlar sırasıyla gerçek, standart ve hedef enerji alınarak ve bunlar spesifik değişkenin gerçek değerine bölünerek hesap edilirler. Standart ve hedef enerji tüketimleri her bir bölüm

için bulunan denklemler kullanılarak hesap edilirler. SET'ler için kullanılan birimler anlamlı olmalı ve raporu okuyanlarca bilinen cinsten olmalıdır.

Bir Üretim Prosesi ile karşılaştırıldığında oldukça basit uygulanabilir bir yöntem olması nedeniyle Enerji Yönetimi her işletme için kaçınılmaz bir fırsat olarak karşımıza çıkmaktadır.

Belli bir bir programa bağlı olmadan yürütülen çalışmalarda basit işletme tedbirleriyle bazı kuruluşlarda %10'a varan oranlarda enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Geniş kapsamlı Enerji yönetim programlarının uygulanması ile çalışmalara süreklilik kazandırıldığı gibi tasarruf oranı %25'i aşabilir.

2. SANAYİDE ENERJİ TASARRUFU DESTEKLERİ [3]

Sanayide enerji tasarrufunu özendirmek, enerji israfını önlemek amacıyla birçok hibe ve faizsiz kredi olanakları mevcuttur. Bu destekleri yapan kuruluşlar aşağıda listelenmiştir:

1. (EİE) - Elektrik İşleri Etüt İdaresi Destekleri
2. Verimlilik Artırıcı Projelerin (VAP) Desteklenmesi: (Hibe)
3. Gönüllü Anlaşmaların Desteklenmesi: (Hibe)
4. KOSGEP Destekleri
5. Enerji Verimliliği Desteği: (Hibe)
6. Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) Destekleri
7. Enerji verimliliği yatırımları önündeki finansal engellerin aşılması ve yatırımların teşvik edilmesi; (Faizsiz Kredi)
8. TURSEFF (Türkiye Sürdürülebilir Enerji Finansman Programı) Destekleri
9. Enerji verimliliğinin arttırılması ve yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılmasına yönelik finans destek programı: (Kredi)
10. Türkiye Kalkınma Bankası Destekleri
11. Dünya Bankası Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Kredisi(Kredi)
12. Avrupa Yatırım Bankası Enerji ve Çevre II Kredisi: (Kredi)
13. Türkiye Sınai Kalkınma Bankası Destekleri

Makale

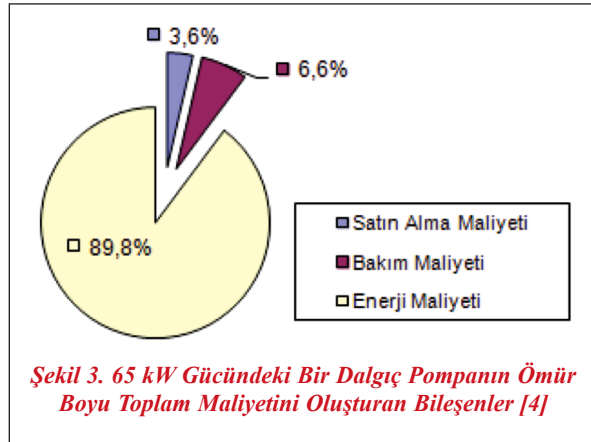
3. POMPA VE SOĞUTMA GRUPLARINDA ENERJİ TASARRUFU

3.1. Pompalarda Enerji Tasarrufu

Sıvıların naklinde kullanılan pompaların elektrik tüketimi dünyadaki toplam elektrik tüketiminin %20'sine karşılık gelmektedir. İyi bir sistem tasarımı ve uygun pompalar kullanılarak pompaların tükettiği enerjide %30 azalma sağlanabilir.

Pompa seçiminde ilerideki ihtiyaçları göz önüne almak için pompa debisi %25, basma yüksekliğinin %10 artırılarak sipariş verilmesi en yaygın uygulamadır. Bu uygulama ile pompalar en iyi verim noktalarından uzaklarda çalıştırılmakta, debi fazla geldiği için de vana kısılarak debiyi ayarlamak mecburiyeti doğmaktadır [4].

Şekil 3'de 65 kW gücündeki bir dalgıç pompanın ömür boyu toplam maliyetini oluşturan bileşenler gösterilmektedir. Buna göre toplam ömür maliyetinin %89,8'ini enerji maliyeti oluşturmaktadır. Buna göre enerji maliyeti, ilk satın alma maliyetinin 25 katına ulaşmaktadır.



3.2. Pompalarda Değişken Debi Oluşturma Yöntemleri

- Kesintili Çalıştırma: Pompayı ihtiyaç olunca çalıştırmak,
- Seviye Kontrollü Çalıştırmak: Sistemi bir depodan besleyerek pompayı depo seviyesine göre kesintili çalıştırmak,
- Paralel Pompalar: Çalışan pompa sayısını değiştirmek,

- Pompa çıkışındaki debi kontrol vanası ile sistem karakteristiğini değiştirerek debiyi ayarlamak,
- Bay-Pas: Pompayı devamlı çalıştırarak akışkanın bir bölümünü depoya geri basmak,
- Frekans dönüştürücü yardımıyla pompa devir sayısını değiştirmek [5].

Bu yöntemler ilk beşinde enerji sarfiyatı yüksek olmaktadır. Ancak frekans dönüştürücü kullanılarak debi değişiminde pompa elektriksel güç tüketimi %30'a kadar düşmektedir.

Devir hızı kontrollü pompa sistemlerinin başlıca avantajları:

1. Elektrik tasarrufu
2. Tesisat ekipmanlarından tasarruf
3. Pompa ve diğer ekipmanların işletim ömrünün uzaması
4. İşletim ve kullanım konforunun yükselmesi
5. İşletim güvenilirliğinin artması
6. Proje, seçim ve uygulama hatalarının telafi edilmesi
7. Elektrik şebekesinin hatalarının düzeltilmesi
8. Çevre kirliliğinin azaltılmasına katkı
9. Ömür boyu maliyetinin düşük oluşu

3.3. Soğutma Gruplarında Verim Tanımları

Mekanik sıkıştırımlı soğutma grupları; hava soğutmalı yoğuşturuculu veya su soğutmalı yoğuşturuculu olarak iki temel tipte yapılmaktadır. Soğutma gruplarında kullanılan kompresörler; pistonlu, vidalı ve santrifüj tiplerde olabilir.

Soğutma gruplarında iki tip verim tanımı vardır:

- Tam yükteki verim
- Kısmi yüklerdeki verim

Tam Yüklemedeki Verim: Temelde aynı mantık ile hesaplama yapılan iki tip verim tanımlaması vardır: COP ve EER

EER (Enerji Etkinlik Oranı): Enerji verimlilik oranı anlamına gelir. Soğutma ve ısıtma fonksiyonu olan cihazlarda soğutma esnasında soğutma kapasitesinin harcanan enerjiye oranıdır. EER şu şekilde ifade edilebilir;

$$EER = \frac{\dot{Q}_s}{P_g} \quad (2)$$

\dot{Q}_s : Soğutma kapasitesi (BTU/h)

P_g : Sisteme giren enerji (W)

STK (Soğutma Tesir Katsayısı): Performans katsayısı anlamına gelir. Soğutma fonksiyonu olan cihazlarda soğutma esnasında ısıtma kapasitesinin harcanan enerjiye oranıdır. COP şu şekilde ifade edilebilir;

$$STK = \frac{\dot{Q}_s}{P_g} \quad (3)$$

\dot{Q}_s : Isıtma kapasitesi (kW)

P_g : Sisteme giren enerji (kW)

Kısmi Yükteki Verim: STK (COP) veya EER sadece tam yükte değil kısmi yüklerde de hesaplanmalıdır. Çünkü soğutma grupları %100 tam yükte çok az bir süre çalışırlar. Bu amaçla soğutma gruplarının %75, %50 ve %25 kapasitelerdeki performans değerleri hesaplanmıştır.

Kısmi yük değerlerinde hesaplanan EER değerlerinin ağırlıklı ortalaması;

Avrupa Eurovent standartlarına göre ESEER (Avrupa Mevsimlik Enerji Etkinlik Oranı); Avrupa Mevsimsel Enerji Verimlilik Oranı olarak adlandırılır. Tablo 2’de nasıl hesaplandığı ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

Tablo 2. Avrupa’da Hava ve Su Soğutmalı Soğutma Gruplarında İşlevsel ESEER Sıcaklıkları ve Katsayıları [6]

Kısmi yük oranı	ESEER parametreleri		
	Hava sıcaklığı (°C)	Su sıcaklığı (°C)	Çarpım katsayıları
100	35	30	3 %
75	30	26	33 %
50	25	22	41 %
25	20	18	23 %

Tablo 3. Eurovent’e Göre Su Soğutma Gruplarının Sınıflandırılması[6]

EER Sınıfı	Soğutma Modu					
	Hava soğutmalı	Hava soğutmalı (kanallı)	Hava soğutmalı (Döşeme)	Su soğutmalı	Su soğutmalı (Döşeme)	Ayrık kondenserli
A	≥ 3.1	≥ 2.7	≥ 3.8	≥ 5.05	≥ 5.1	≥ 3.55
B	2.9 - 3.1	2.5 - 2.7	3.65 - 3.8	4.65 - 5.05	4.9 - 5.1	3.4 - 3.55
C	2.7 - 2.9	2.3 - 2.5	3.5 - 3.65	4.25 - 4.65	4.7 - 4.9	3.25 - 3.4
D	2.5 - 2.7	2.1 - 2.3	3.35 - 3.5	3.85 - 4.25	4.5 - 4.7	3.1 - 3.25
E	2.3 - 2.5	1.9 - 2.1	3.2 - 3.35	3.45 - 3.85	4.3 - 4.5	2.95 - 3.1
F	2.1 - 2.3	1.7 - 1.9	3.05 - 3.2	3.05 - 3.45	4.1 - 4.3	2.8 - 2.95
G	< 2.1	< 1.7	< 3.05	< 3.05	< 4.1	< 2.8

ESEER aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$ESEER = A.EER100\% + B.EER75\% + C.EER50\% + D.EER25\% \quad (4)$$

Aşağıda çarpım katsayılarının değerleri verilmiştir:

$$A = 0,03; B = 0,33; C = 0,41; D = 0,23$$

Eurovent Enerji Verimliliği Sınıflandırması:

Eurovent enerji verimliliği sınıflandırmasının amacı, her tip soğutma grupları için en iyi olanlarının seçimini kolaylaştırmaktır. Sınıflandırma herhangi bir Avrupa Direktifi ile ilgili olmayıp, tamamen gönüllük esasına dayanmaktadır.

Etiketleme kullanılmamaktadır. “Eurovent Sınıf A” veya “Eurovent Sınıf B” sınıflandırması mevcut Avrupa Birliği Şartnameleri’ne göre enerji verimli olarak kabul edilmektedir.

Eurovent Sertifikasyonu’nda sunulan mevcut soğutma gruplarına bağlı olarak aşağıdaki sınıflamalar yapılmıştır:

Amerika ARI Standartları göre ise IPLV (Entegre Edilmiş Kısmi Yük Değeri) şu şekilde hesaplanır[7]:

$$IPLV \text{ (veya NPLV)} = 0,01A + 0,42B + 0,45C + 0,12D \quad (4)$$

Makale

Burada:

A = COP veya EER, 100% Yükte

B = COP veya EER, 75% Yükte

C = COP veya EER, 50% Yükte

D = COP veya EER, 25% Yükte

3.4. Soğutma Gruplarında Enerji Tasarrufu Yöntemleri

- Paralel bağlı su soğutma gruplarında her devre için ayrı ayrı dolaşım pompası kullanılmamalı, pompa grubu ana hatta bağlanarak hepsine hitap edebilmelidir.
- Su sıcaklıkları +7 °C yerine +5 °C'ye ayarlanmalıdır.
- Su giriş-çıkış sıcaklık farkları $\lambda T=4$ °C yerine $\lambda T=5$ °C alınmalıdır.
- Paralel devreler yerine soğutma gruplarını seri bağlayarak daha soğuk su elde edebiliriz.
- Ana makine olarak daha yüksek verimli grubu kullanın.
- Çok büyük yüklerin bulunduğu ve gece çoklu elektrik tarifesi olan yerlerde buz depolamalı sistemler kullanılabilir.
- Endüstriyel tesislerde kış aylarında, sıcaklığın düştüğü bahar aylarındaki gecelerde kuru tip soğutucular kullanılabilir.
- Kondenser yoğunlaşma sıcaklıklarını düşük tutmak.
- Isı transfer yüzeylerini temiz, fanları bakımlı tutmak.
- Otomatik kondenser temizliği sistemi kurmak.
- ON-OFF çalışma yerine devir hızını yüke göre ayarlayan sürücüler kullanmak [8].

3.5. Kuru Tip Soğutucu Kullanımı (Free Cooling)

Sulu sistem soğutma uygulamaları için doğal soğutma, merkezi bir soğutma grubundan sağlanan soğuk su üretiminin maliyetini azaltmaya yönelik uygulamaları kapsamaktadır. Soğutma suyu ihtiyacı olan sistemlerde uygulanan doğal soğutma, ortamın düşük hava sıcaklığından faydalanarak soğuk su üretici grubun (chiller) kompresörünün çalışması olmaksızın ya da kısmen çalıştırılarak soğutma suyu elde edilmesidir [9, 10].

Balıkesir'in son 33 yıllık derece-gün sayıları ortala-

ması 1858 olup 2011 ve 2012 yıllarının ortalaması 2112,5'dur. Yine 2011-2012 yıllarında dış hava sıcaklığının 15°C'den küçük olduğu gün sayısı 189,5'tur [11,12]. Yine dış sıcaklığın 9°C'den düşük olduğu günlerin sayısı 111'dir [13]. Dolayısıyla Balıkesir'de kış uzun sürdüğü için kuru soğutucu (free cooling) uygulaması çok uygun bir ilimizdir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

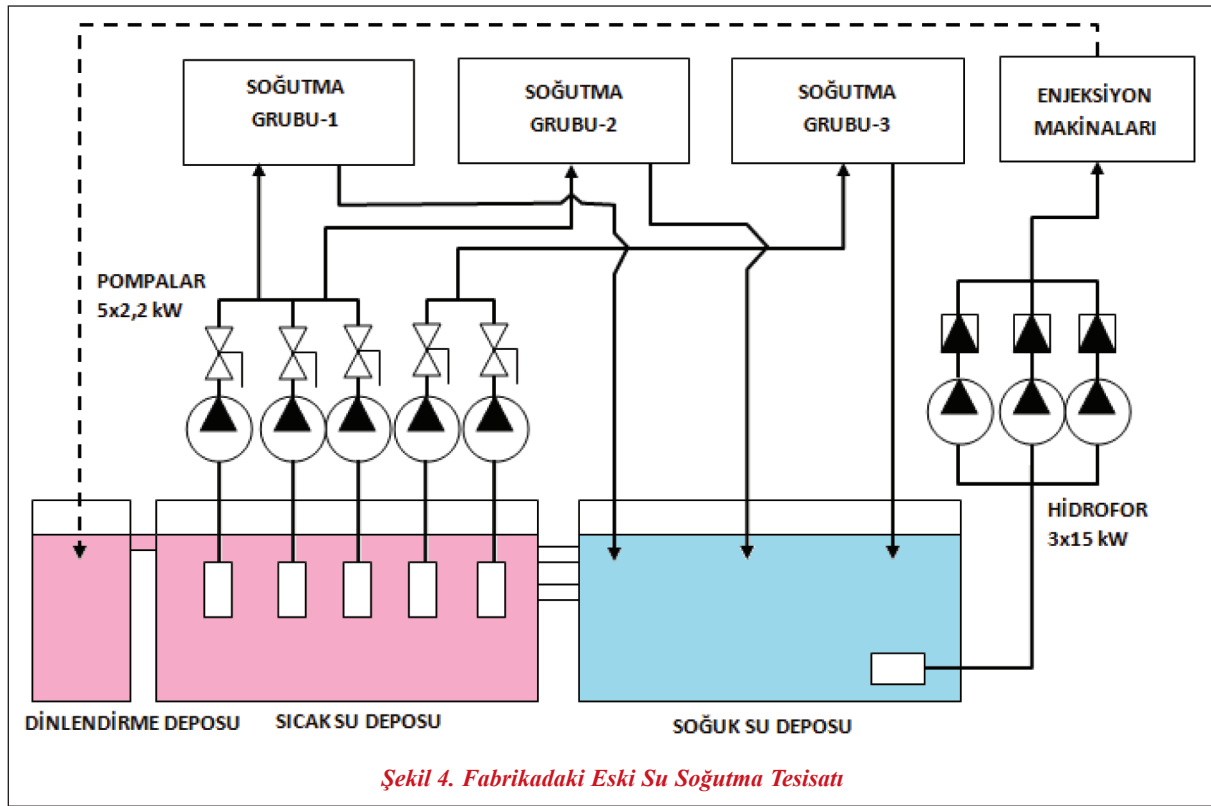
Çalışma Balıkesir'de faaliyet gösteren bir PVC profil üretim fabrikasının plastik enjeksiyon kalıplarının soğutma sistemi üzerinde yapılmıştır. Enerji etüdü talebi, firma yöneticilerinden "soğutma gruplarımız çok fazla enerji tüketmektedir" şeklinde gelmiştir. Üniversitemiz Makine Mühendisliği Bölümünce ön enerji etütleri yapılmıştır. Bu etütler sonucunda şu bulgular elde edilmiştir:

4.1. Mevcut Su Soğutma Sistemi

- Su besleme sıcaklığı: 12 °C
- Su dönüş sıcaklığı: 16 °C
- Kurulu soğutma yükü: 515 kW
- Kompresör güçleri: 170 kW
- Toplam pompa gücü: $5 \times 2,2 + 3 \times 15 = 56$ kW
- Sisteme su basan pompa basma yüksekliği: 60-80 mSS
- Toplam aylık enerji sarfıyatı: $(170 + 56) \times 24 \times 30 = 162720$ kWh
- Aylık maliyet: 162720×0.30 TL/kWh = 48816 TL
- Yıllık enerji maliyeti: $12 \times 48816 = 585792$ TL

Öncelikle soğutma gruplarına bağlı su dağıtım sistemi incelenmiştir. Ultrasonik debimetre ile yapılan ölçümlerde, toplam 34 L/s debi, $\Phi 80$ mm'lik ana besleme hattında 7,127 m/s yüksek su hızları ölçülmüştür. Yine sıcak su toplama havuzundan soğutma gruplarına 5 adet (toplam 11 kW) pompa ile su basılmakta, soğutma gruplarından çıkan soğuk önce 30 tonluk ikili havuza basılmakta, bu havuzdan 3x15 kW'lık hidrofor ile enjeksiyon hatlarına basılmaktaydı (Şekil 4).

Öncelikle su dağıtım sistemi revize edildi. Ana boru dağıtım hatları yeniden tasarlanıp basınç kayıpları 17,48 mSS'den 3,64 mSS'ye düşürüldü. Ayrıca su dağıtım sistemindeki 40 tonluk soğuk su toplama



Şekil 4. Fabrikadaki Eski Su Soğutma Tesisatı

havuzu iptal edilerek sistem basitleştirildi. Soğutma devresine toplam 879 kW kapasitede iki adet kuru soğutucu yerleştirildi (Şekil 5.). Dış hava sıcaklığı $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altında olduğunda soğutma gruplarının yerine kuru soğutucuların çalıştırılması planlandı. Yine soğutma grupları girişlerine 3 adet, kuru

soğutucu girişlerine 2 adet ON-OFF çalışan otomatik kontrol vanaları yerleştirildi. Su besleme ve dönüş hatlarına 2, dış hava tarafına 1 adet sıcak hissedici yerleştirildi. Kuru soğutuculardaki 16 adet fan için elektrik kumanda (sigorta-kontaktör-termik) panosu hazırlandı. Sistem kontrolü için panoya PLC ve yardımcı cihazları yerleştirildi.

Sistem çalışma senaryosu şu aşamalardan oluşacak şekilde tasarlandı:

Senaryo-1: Dış hava sıcaklığına bağlı olarak $t_{dh} \leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ise soğutma grupları devre dışı bırakılacak, kuru soğutucular devreye girecektir. $t_{dh} > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğunda kuru soğutucular görevini soğutma gruplarına devre-decektir.

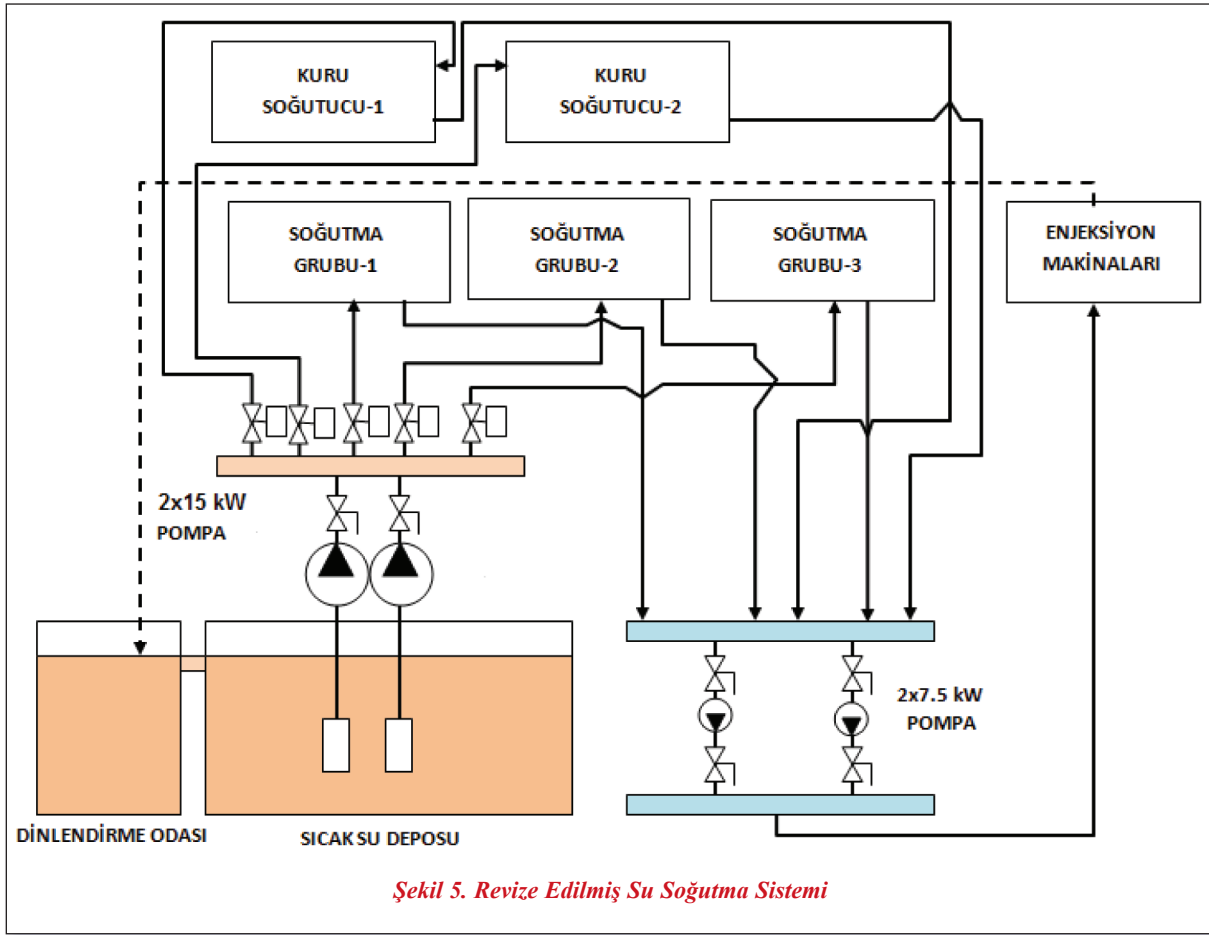
Senaryo-2: Dış hava sıcaklığı $t_{dh} > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve su dönüş sıcaklığı $t_{sd} > 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğunda üç soğutma grubu, $t_{sd} > 16\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğunda iki soğutma grubu, $t_{sd} > 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğunda ise sadece vidalı soğutma grubu devreye girecektir.

Senaryo-3: Dış hava sıcaklığı $t_{dh} \leq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve su dönüş sıcaklığı $t_{sd} > 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğunda kuru soğutuculardaki 16 fan, $t_{sd} > 16\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğunda 12 fan, $t_{sd} > 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğunda ise sadece 6 fan devreye girecektir.

4.2. Yeni Su Soğutma Sistemi

- Su besleme sıcaklığı: $12\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Su dönüş sıcaklığı: $16\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Kurulu soğutma yükü: 515 kW
- Kompresör güçleri: 170 kW
- Toplam yeni pompa gücü: $15 + 7,5 = 22,5\text{ kW}$
- Sisteme su basan pompa basma yüksekliği: 25 mSS
- Tahmini yıllık kuru soğutucu enerji maliyeti: $(10 \times 1,2 + 15)\text{ kW} \times 111\text{ gün} \times 24 \times 0,3\text{ TL/kWh} = 21578,4\text{ TL}$
- Tahmini yıllık soğutma grubu enerji maliyeti: $(68 + 40 + 22,5)\text{ kW} \times 249\text{ gün} \times 24 \times 0,3\text{ TL/kWh} = 233960,4\text{ TL}$

Makale



Şekil 5. Revize Edilmiş Su Soğutma Sistemi

- Toplam tahmini yıllık enerji maliyeti:
21578,4 + 233960,4 = 255538,8 TL
- Toplam tahmini tasarruf miktarı:
585792 – 255538,8 = 330253,2 TL (%56)
- Yenileme masrafları: 98000TL
- Tahmini geri ödeme süresi:
 $98000 / 330253,2 = 0,296$ yıl (3,56 ay)

SONUÇLAR

Bu çalışmada öncelikle soğutma gruplarına ait su tesisatı yenilenmiş, boru tesisatındaki 17,48 mSS kayıplar 3,64 mSS'a düşürülmüştür. Bunun sonucu 3x15 kW'lık hidrofor grubu iptal edilmiş yerine 22,5 kW'lık pompa eklenmiştir. Havuzdan soğutma gruplarına su basan pompaların sayısı 5'ten bire düşürülmüştür. Daha sonra sisteme kuru soğutucular eklenmiştir. Özellikle sıcaklığın +10 °C'den düşük olduğu kış günlerinde ve ilkbahar/sonbahar gecelerinde kuru soğutucuların devreye girerek enerji

tasarrufu yapılması sağlanmıştır. Şu anda enerji ölçümleri devam etmektedir. Bir yıl boyunca yapacağımız ölçümlerle gerçek rakamlara ulaşmak mümkün olacaktır.

Kuramsal hesaplamalara göre bu çalışma sonunda 330.253,2 TL tasarruf edilmesi beklenmektedir. Bu rakam yıllık 600.000 TL elektrik faturası ödeyen orta ölçekli bir firma için çok ciddi bir rakamdır. Tüm bu iyileştirmeler için harcanan para 98.000 TL olup bu masrafların tahmini geri ödeme süresi 3,56 aydır.

Ülkemizde sanayide enerji yoğunluğunun çok yüksek olması nedeniyle bu tür çalışmaların yaygınlaştırılması çok önemlidir. Herhangi bir sanayi kuruluşunda basit önlemlerle %20 civarında enerji tasarrufu yapmak mümkün olabilir. Bu konuda üniversitelere büyük görevler düşmektedir. Bu tür çalışmalarla üniversite-sanayi işbirliği geliştirilmiş olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] KEDİCİ, Ömer, “Enerji Yönetimi”, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi, 2005.
- [2] GÜMÜŞDERELİOĞLU, S, “Türkiye’nin Genel Enerji Durumu”, EİE Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi, 2006.
- [3] http://www.enve.com.tr/enerji_verimliliği_hibe.html (14.01.2013 tarihinde erişildi).
- [4] GÖKÇE, Gökhan Kadir, “Elektrik Enerjisinin Pompalarda Verimli Kullanılması”, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi, 6 Mayıs 2008.
- [5] ÇUHA, Derya, “Santrifüj Pompa Sistemlerinde Enerji Tasarrufu”, EİE Eylül 2006.
- [6] http://www.eurovent-certification.com/en/Certification_Programmes/Programme_Descriptions.php?lg=en&rub=03&srub=01&select_prog=LCP-HP (08.01.2013 tarihinde erişildi).
- [7] <http://ashrae-cfl.org/2010/03/understanding-iplvnplv/> (08.01.2013 tarihinde erişildi).
- [8] UÇUR, Ö.F, “Enerji Tasarruf Yöntemleri”, TRANE Klima Ticaret A.Ş., 2005
- [9] De Saulles,T., “BSRIA Guide: Free Cooling Systems”, BSRIA Yayın No. BG 8/2004, Ekim 2004
- [10] ASHRAE Handbook 2000 “Systems And Equipment”, Bölüm 36, Bölüm 38, ASHRAE, 2000
- [11] BAYRAM, M, ve YEŞİLATA, B, “Derece-gün Sayılarının Entegrasyonu”, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (TESKON 2009), 6-9 Mayıs 2009, Tepekule İZMİR
- [12] <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/gun-derece.aspx?g=yillik&m=06-00&y=2011&a=12#sfB> (16.01.2013 tarihinde erişildi).
- [13] ACÜL, H., “Kuru Soğutuculu Doğal Soğutma Uygulamaları ile İklimlendirme Sistemlerinde Enerji Verimliliği”, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (TESKON 2009), 6-9 Mayıs 2009, Tepekule İZMİR