

Endüstriyel Tesislerde Verimlilik ve Güneş Enerjisi Kullanımı

Mehmet Sait CENGİZ¹, Mehmet Salih MAMIŞ²

1. Department of Technical Vocational School, Bitlis Eren University, Bitlis/Turkey,
msaitcengiz@gmail.com (corresponding author)

2. Department of Electrical and Electronics Engineering, İnönü University, Malatya /Turkey,
msalihmamis@gmail.com

Özet

Günümüzde hızla artan enerji tüketimi ile birlikte enerjinin tedariki önemli bir sorun haline gelmiştir. Enerji tüketiminde en büyük paya sahip olan sanayi kuruluşları enerji sorunu en çok yaşayan tüketicilerdir.

Ülkemiz enerji üretiminde dış ülkelere bağımlıdır ve her yıl enerji ihtiyacı artmaya devam etmektedir. Dolayısıyla enerji kaynağı enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanma becerisidir. Ülkemizde sanayi kuruluşları bilinçsizce ve fizibilite çalışmaları yapılmadan tasarlandığı için yapılacak enerji tasarruf çalışmaları enerji sıkıntısına katkıda bulunulabilecektir. Bu alanda yapılabilecek tasarruf çalışmaları ile sanayi kuruluşlarının enerji maliyetleri azaltılarak rekabet etme gücü artırılmış olacaktır. Dolayısıyla tüketimin ağırlıklı olduğu; kompresörlerde, elektrik motorlarında, pompalarda ve aydınlatmada yapılabilecek önemli enerji tasarruf ipuçlarına ve çözümlere yönelik değerlendirmeler yapılmıştır. Ayrıca güneş enerjili aydınlatmaya yönelik bir maliyet analizi yapılarak en ekonomik enerjinin FV kaynaklı üretim olduğuna dair bir hesaplamalı analiz yapılmıştır.

Key words: Verimlilik, Sanayi tesisleri, Güneş enerjisi

2. Kompresörlerde Tasarruf

Kompresör kullanıcıları sıkıştırma işlemi sırasında ortaya çıkan ısıyı fan veya su soğutmalı eşanjörler kullanarak uzaklaştırmaktadırlar. Basınçlı hava elde etmek için kompresörlerde harcanan enerjinin % 90'ı veya daha fazlası ısı enerjisi olarak geri kazanılabilir. Üretim veya proses aşamasında, ısıtma amaçlı elektrik, gaz veya sıvı yakıt kullanılıyorsa, bu yöntemlerden birinin kısmen ya da tamamen yerini kompresörden elde edilecek ısı enerjisi kullanılabilir. Geri kazanılan ısı enerjisi kazancı ölçülürken, elde edilecek sıcaklık seviyeleri, olası kullanım alanlarını belirler. Örneğin; Su soğutmalı yağsız bir kompresöre harcanan enerjinin %94 ünün 90°C sıcak su elde edilebilecek şekilde geri kazanılabileceği düşünüldüğünde, bu yolla yapılacak bir tasarruf, maliyetleri düşürücü önemli bir unsur olacaktır [1].

Kompresörlerin çalışırken aşırı ısınması, çalışmanın devamı için kompresörün soğutulmasını zorunlu kılmaktadır. Kompresörlerin soğutulmasında yağ ve su ile soğutma işlemi yapılabilmektedir. Sıcak su ihtiyacı olan işletmelerde ekstra yakıt tüketimi olmaksızın suyun sıcaklığı artırılabilir. Eğer işletmenin sıcak su ihtiyacı yoksa kış aylarında ısınma amaçlı kullanım mümkündür. Bunun gibi örnekleri arttırmak mümkündür. Hava soğutmalı, 55 kW gücünde ve 159 l/sn kapasitedeki bir kompresör, tam yükte 53,5 kW harcamaktadır. Kompresörün haftada 48 saat ve yılda 52 hafta çalıştığı gözönüne alınırsa, geri kazanılabilecek ısının toplam miktarı yıllık 133.536 kWh olacaktır. Bu ısının, kWh maliyeti 0,07 € ise yaklaşık yıllık tasarruf miktarı 9,347 € olacaktır [1].

Endüstriyel tesislerde kullanılan basınçlı hava miktarı kullanım sırasında sürekli değişkenlik arz eder. Örneğin tekstil sektöründe bir dokuma tesisinde kullanılan ipliğin kalınlığına göre tüketilen basınçlı hava miktarı %50 oranında değişebilir. Yada bir makine imalat tesisinde vardiya ve üretim akışına göre kullanılan basınçlı hava miktarı çok fazla değişkenlik gösterir. Sürekli kullanılan kompresörlerde tüketilen enerjinin yaklaşık %20–40'ının bu tür uygulamalar nedeniyle gereksiz tüketildiğini ve geri kazanılabileceğini göstermektedir [2]. Genel manada tam yükte çalışmayan kompresörlerde verilen basınçlı havanın değişiminin inverter ile ayarlanarak çalışmasıdır. Basınçlı hava ihtiyacı azalınca inverterle motor hızı kontrol edilerek kompresörün de yavaşlaması ve ihtiyaç arttıkça da motorun nominal seviyede çalışması sağlanmış olarak hassas bir kontrol ile enerji tasarrufu elde edilebilecektir.

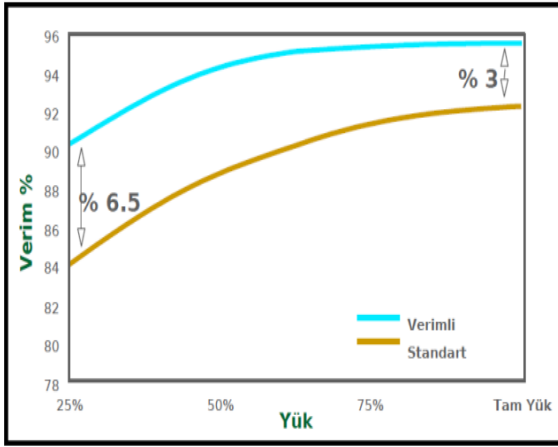
3. Elektrik Motorlarında Tasarruf

Sanayide kullanılan elektrik motorlarının enerji tüketiminde önemli rol olmaktadır. Motorlarda sağlanabilecek küçük miktarlardaki enerji tasarrufu dahi ülkemiz genelini ele aldığımızda çok yüksek miktarlarda enerji tasarrufunu sağlar.

Genellikle motor satın alınmadan önce, motor enerji tüketim masrafları dikkate alınmamaktadır. Oysa bir motorun çalışma süresindeki toplam masraflarının şekil 1'de görüldüğü üzere %97'sini enerji giderleri oluşturmaktadır. Geriye kalan

%3'lük küçük kısım ise; satın alma, montaj ve bakım masraflarından oluşmaktadır [4].

25 adet farklı işletmedeki 2.500 motor üzerinde yapılan tespitlerde; EFF3 verim sınıflı motor kullanımının % 85, EFF2 verim sınıflı motor kullanımının % 14 ve EFF1 verim sınıflı motor kullanımının ise % 1 civarında olduğu gözlenmiştir. Ömrünü doldurmuş bir motorun (12 yıl) EFF2 yerine EFF1 ile değiştirilmesi halinde geri ödeme süresi 5 –21 aydır. Ömrünü doldurmamış motorun EFF1 ile değiştirilmesi halinde geri ödeme süresi 16 –56 aydır. Basınçlı hava sistemlerinde değişken hız sürücüsü kullanılması halinde geri ödeme süresi 5 –18 aydır. Tablo 1'de elektrik motorlarında enerji tasarruf potansiyeli belirtilmektedir [5].



Şekil 1. Motor Milindeki Yükün Verime Etkisi [4].

Tablo 1. Elektrik Motorlarında Enerji Tasarruf Potansiyeli [5]

Önlem	Tasarruf Potansiyeli (GWh/yıl)
Max yükte çalışma	400
Yüksek verimli motor (EFF1)	1.300
Değişken hız sürücülü motor	2.000
Sarılmış motor kullanılması	600
Basınçlı hava sistemlerindeki kayıpların giderilmesi	2.600

Motorlar yüklere uyumlu seçilmeli ve aşırı ihtiyatlı davranıp gereğinden büyük motor seçme alışkanlığından vazgeçilmelidir. Böylelikle motorların plakalarında yazılı anma güçlerine göre düşük güçte ve dolayısıyla düşük verimde çalışmaları önlenmelidir. Motorlarda yük arttıkça verim de artar, ve motor verimi genellikle %75 yükte azami seviyeye ulaşır. Düşük yüklerde tüketilen elektrik enerjisi mekanik güç yerine artan oranda ısıya çevrilir ve motorlarda aşırı ısınmadan doğan arıza riskini artırıp motorun ömrünü kısaltmaktadır [6].

Bir fan 75 kW'lık orta verimlilikte bir asenkron motor tarafından çalıştırılmaktadır. Ölçüm

cihazları ise gerçekte sadece 22.5 kW çekildiğini göstermektedir. Örnek bir tasarruf hesabı [7] ; Motor verim grafiklerinden verimin % 72' ye (ve güç faktörünün 0.48' e) düştüğü görülmüştür.

İhtiyaç duyulan gerçek mekanik güç = $22.5 \times 0.72 = 16.2$ kW ve tam yükte 20 kW'lık verimli bir motor % 89 verime sahiptir (güç faktörü 0.9).

Çekilen güç = $16.2/0.89 = 18.2$ kW

Güç tasarrufu = $22.5 - 18.2 = 4.3$ kW

Bir yıllık çalışma süresi 8400 saat olarak alınırsa;

Yıllık tasarruf = $4.3 \times 8400 = 36.120$ kWh (ayrıca güç faktörü de iyileşmiş olur) [7].

Elektrik motorlarında en önemli tasarruf noktalarından biri de güç elektroniği cihazları ile tasarlanmış motor sürücülerin kullanımınıdır. Özellikle orta ve büyük güçlü motorlarda ilk kalkış akımının çok yüksek olması motor sargılarına zarar verdiği gibi ekipmanların da ömrünün azalmasına neden olmaktadır. Yumuşak yol vericiler ve motor sürücüler kullanılarak bu durumun önüne rahatlıkla geçilmiş olacaktır. Ayrıca devir değişimi ihtiyacı ve sık durup kalkma ihtiyaçlarında motor sürücüler ile büyük oranda enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. İşletmenin durumuna bağlı olmakla birlikte bu durumdaki motor sürücülerini çok kısa sürelerde kendini amorti edebilmektedirler. Mühendisler işletmelerinde bu durumu belirli bir süre motora sürücü ile kontrol sağlayıp aynı sürede de motor sürücüsüz çalıştırılıp multimetreler ile karşılaştırmalar yaparak net enerji tasarrufunu görecektirler.

İşletmelerde elektrik motorlarının listeleri çıkarılıp motorların özellikleri, plaka bilgileri ve çalışma durumları ile ilgili bilgiler periyodik olarak not edilmelidir. Önemli noktalarda ve özellikle yüksek güçlü motorlarda sürekli gerilim ve akım ölçümleri yapılarak motorların bakımı için zamanında müdahale sağlanabilmiş olacaktır. Böylece motorlar sürekli kontrol altında tutularak sargılarda yanmaların önüne geçilmiş, motor verimliliğini azaltacak rulmanların bakımı, fan ve elemanların kontrolü ile tasarruf elde edilebilecektir.

Dengesiz besleme gerilimi pozitif ve negatif bileşen akımlarının oluşmasına neden olur ki bu, motor verimini önemli ölçüde etkiler [8]. Örneğin; 75kW'lık bir asenkron motorda EFF1 motor ile EFF3 motor arasındaki verim farkı %1 iken besleme gerilimindeki %2,5 dengesizlik bir asenkron motorun verimini %1,3 azaltabilir ya da kayış kasnak mekanizmasındaki gevşeklik %5'e varan kayıplara neden olabilir. Dolayısıyla verimli bir işletme için motor parametrelerinin her an izlenmesi ve motor arızaların erken teşhisi önemlidir. Genellikle endüstride motor parametreleri online olarak izlenmediği için arıza ve olumsuz işletme koşulları nedeniyle meydana gelen kayıplar tespit edilememektedir. Dolayısıyla motor durum izleme (condition monitoring) ve kestirimci bakım (predictive maintenance) her

zamankinden önemli hale gelmiştir. Endüstrideki motorlarda verim iyileştirmesinden bahsedebilmek için mutlaka motor parametrelerinin online izlenmesi ve kestirimci bakım yapılması gerekir [3]. Tablo 2’de 100 HP, 1800 d/d’lık bir motora dengesiz besleme gerilimi uygulanması halinde verim değişimi gösterilmiştir [8].

Tablo 2. Gerilim Dengesizliği Çalışma Şartlarında Motor Verimi [8].

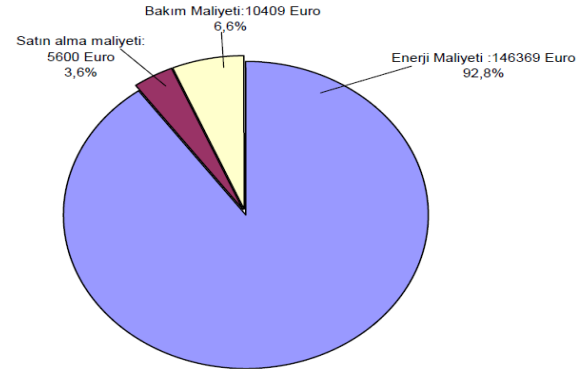
Gerilim Dengesizliği Çalışma Şartlarında Motor Verimi			
% Motor Yükü	% Motor Verimi		
	Gerilim Dengesizliği		
	Nominal	%1	%2,5
100	94,4	94,4	93,0
75	95,2	95,1	93,9
50	96,1	95,5	94,1

Gerilim dengesizliğinin yüksek seviyelerde olması induksiyon motorlarında ciddi etkilere neden olmaktadır. Hattaki gerilim dengesizliği stator ve rotorda aşırı kayıplara neden olarak koruma sisteminin çalışmasını olumsuz etkilemektedir [9].

4. Pompalarda Enerji Tasarrufu

Enerji tasarrufuna yönelik çalışmalarda pompalar, enerji tasarrufunda önemli bir paya sahiptir. Amerikan Hidrolik Enstitüsünün yaptığı bir araştırmada gelişmiş ülkelerde tüketilen enerjinin %20 si pompalar tarafından tüketilmektedir. İyi bir sistem dizaynı ve uygun pompaların seçimiyle bu enerjinin %30’unun tasarruf edilebileceği açıklanmıştır [10]. Bu durum, pompa üretici ve kullanıcılarında sistemin daha verimli üretimi ve işletimine dönük arayışlara neden olmuştur. Ayrıca bazı ülkelerde bu konuda yasal düzenlemeler yapılmaya başlanmıştır. Örneğin, AB’de ($P < 2,5$ kW) sirkülasyon pompalarının da mecburi olarak etiketlenmesi son aşamaya gelmiştir. Almanya’da üretilen sirkülasyon pompalarında da enerji verimliliğini gösteren harflerin pompa etiketlerine konulması mecburi olmuştur. Ayrıca, AB’de santrifüj pompaların debisi, su basma yüksekliği ve devir sayısı verilen pompanın verimine yönelik diyagramlar kullanım kılavuzlarında gösterilmektedir [11].

Bir pompa seçilirken genelde satın alma ve montaj maliyetleri incelenmektedir. Oysa ki; satın alma maliyeti ve montaj maliyeti, sistemin işletilmesi esnasında oluşan maliyetin yanında çok düşüktür. Şekil 2’de bir pompanın yaklaşık enerji maliyetinin satın alma maliyetine karşılaştırması görülmektedir [12, 18].



Şekil 2. Bir Pompanın Ömür Boyu Maliyeti İçinde Enerjinin Payı [13].

Yapılan bir çalışmada 10150/8A tipi bir pompa ve 10200/5A tipi bir pompaya göre yılda 49.859,3 kWh daha fazla enerji tüketmektedir. Bu ise işletmecinin işletme masraflarına yılda yaklaşık olarak 3000\$ ek maliyet getirmektedir. 10150/8a tipi pompanın yatırım maliyeti 7.960 \$, 10200/5a pompanın ise 6.450\$’dır. Tablo 4’den de görüleceği gibi yanlış seçim sonucu oluşan yüksek işletme masrafları 2,5 yıl gibi kısa sürede yatırım masrafı kadar ek işletme masrafı oluşturmaktadır [12, 18].

Tablo 4. Hatalı Seçilen Pompanın Geri Dönüş Maliyeti [12, 18].

	10150/8a	10200/5a
Yatırım Maliyeti	\$ 7.960	\$ 6.450
Hatalı Seçim İşletme Masrafları	\$ 2.991	-
Yatırım Maliyeti/İşletme Masrafları	2,661317285	

5. Aydınlatmada Enerji Tasarrufu

Enerji tüketimine baktığımızda dünya genelinde harcanan enerjinin %19’u aydınlatmada harcanmaktadır (bu oran ülkemizde de %20 civarındadır). Geri kalan %80’i profesyonel alanlar dediğimiz, endüstriyel tesisler, ofisler, mağazalar, yol ve parklar gibi alanlarda harcanmaktadır [15].

Aydınlatmada enerji tasarrufu, aydınlatmanın kalitesini düşürmeden ve iyi bir aydınlatmanın şartları yerine getirilerek yapılmalıdır. İyi bir aydınlatma, daha verimli aydınlatma elemanları ile sağlanacağı için, aynı aydınlatma seviyesinin daha az enerji tüketimi ile sağlanması mümkündür. Verimli bir aydınlatma ile hem daha az enerji tüketimi mümkündür. Kullanılmayan alanların aydınlatılması ya da kullanılan alanlarda gereğinden fazla aydınlatma yapılması enerji sarfiyatına neden olmaktadır. Yetersiz aydınlatma emniyet ve konfor açısından sakıncalıdır. Aynı şekilde aşırı aydınlatma da kamaşma problemi nedeni ile görüş koşullarını tamamen bozmaktadır[16].

Gün ışığından maksimum seviyede yararlanmak için ışık sensörleri, kimsenin bulunmadığı alanlarda

enerji sarfiyatını önlemek amacı ile hareket dedektörleri, çalışma saatlerine göre aydınlatma kontrolünü düzenlemek için zaman saatleri ve çevre aydınlatmalarını ekonomik şekilde programlayabilmek amacı ile astrolojik zaman saatleri, aydınlatma otomasyon sistemi içerisine entegre edilerek maksimum düzeyde enerji tasarrufu sağlanabilir[17]. Uygun fotometrik özelliklere sahip armatürlerin içinde etkin ışık kaynakları kullanılarak gerek ilk tesis gerekse işletme esnasında büyük tasarruf sağlanabilir. Akkor lamba, kompakt flüoresan lamba ile değiştirildiğinde yüzde 80 kadar aydınlatma maliyeti azalır. Örneğin; akkor flamanlı 100 W'lık normal bir ampulle bir ailenin aylık tüketimi 100 kWh'e ulaşırken aynı ışık akısını veren kompakt flüoresan ampul kullanıldığında aylık tüketim 20 kWh'a kadar düşebilmektedir. Türkiye'de toplam elektrik enerjisi tüketiminin yaklaşık yüzde 25'inin aydınlatma amaçlı olarak kullanıldığı düşünüldüğünde bu küçük değişiklik, Türkiye genelinde ayda 1.120.000.000 kWh'lık bir tasarruf anlamına gelir [17].

6. Güneş Enerjili Üretim

Dış aydınlatmada güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimine yönelik bir uygulama yapılmıştır. Günümüzde, karayolları aydınlatması, trafik işaretlerinde, park ve bahçelerde enerji ihtiyacı güneş panellerinden elde edilen elektrik ile sağlanmaktadır. Güneş enerjili aydınlatma Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Güneş enerjili aydınlatma

Bu çalışmada kullanılan maliyetler 2015 yılı fiyatlarına göre hesaplanmıştır. Uygulama yeri olarak 11 km uzunluğundaki 11 m'lik karşılıklı çapraz olarak konumlandırılan 570 adet 125 W'lık aydınlatma direğinin bulunduğu Diyarbakır-Bitlis yolu analiz edilmiştir. Yoldaki 570 adet 125 W'lık direğin ortalama 9 saat/gün çalıştığı düşünülmüştür. Elektrik birim kWh başına vergiler dahil 2015 Ocak ayı için güncel fiyatı 0,167 \$'dır. Çift yönlü (2 geliş-2 gidiş) bu karayolunda 570 adet aydınlatma direği bulunmaktadır. 125 W'lık armatürlerin olduğu ve ortalama 9 saat/gün aydınlatma yapan sistemin, bir günde tükettiği elektrikliğin günlük maliyeti 107,09 \$, aylık maliyeti 3.212,70 \$ ve 1 yıllık maliyeti 38.552,40 \$'dır.

Dolayısıyla 1 yıl boyunca her bir aydınlatma direğinin tükettiği yıllık elektrik bedeli 67,64 \$ olmaktadır. Eğer 10 yıllık bir süre baz alınırsa her bir aydınlatma direği 676,40 \$'lık elektrik tüketecektir. Uygulama yeri için maliyet Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Uygulama için maliyet

	Power (W)	Number	Hour	Day	Month	Year	Cost
Daily cost	125 W	570	9	1	-	-	107,09
Monthly cost	125 W	570	9	1	30	-	3.212,70
Annual cost	125 W	570	9	1	30	12	38.552,40

Uygulama bölgesindeki herhangi bir aydınlatma direği güneşten üretim yaptığı takdirde dönüşüm için 249 \$'lık ek maliyet oluşacaktır. Buna karşılık minimum 10 yıllık süre boyunca elektrik faturası ödenmeyecektir. Yani şebeke bağlantılı durumda 10 yıl boyunca elektrik tüketim bedeli 676,40 \$ iken, solar panel sistemli aydınlatmada 249 \$ ödenecek ve 427,4 \$ (%63,19 oranında) tasarruf sağlanacaktır. Zira bu tip panel sistemlerinin ekonomik ömrü 20 yıl olduğundan aslında çok daha büyük oranlarda kazanımlar elde edilmektedir. Solar sistem 4. yılını doldurmadan karlılığa geçmektedir. Çünkü 4 yıllık ödenecek yaklaşık fatura 270,4 \$ iken, tüm sistem 249 \$'a mal olmuştur. Güneş enerjili 1 adet aydınlatma direği için maliyet analizi Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Güneş enerjili 1 adet aydınlatma direği için maliyet

Material	Cost (\$)
150 W Solar Panel	249
Solar Charge Controllers	
VRLA/GEL Type battery	
220 VAC – 150 W inverter	
Electrical panel	
Other equipment	
15 W LED luminaire	

7. Sonuçlar

Birçok sanayi kuruluşu bilinçsizce ve gerekli fizibilite çalışmaları yapılmadan tasarlanıp üretim yaptığı için sanayi kuruluşlarında yapılacak enerji tasarruf planları enerji daha verimli kullanılabilir. Kompresörler çalışması ile büyük oranda aşırı ısı olarak karşımıza çıkan enerji dışarı atılmaktadır. Aşırı ısının dışarıya boş yere atımı ile bu ısının kullanılarak sıcak su üretimi sağlanabilir. Aynı zamanda işletmenin ihtiyacı olan basınçlı hava prosesin durumuna göre sürekli değişkenlik gösterebilir. Kompresörlerde inverter kullanımı ile önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanabilir. AB ülkelerinde yapılan araştırmalar sürekli kullanıma göre tasarlanan kompresörlerde kullanılan enerjinin

yaklaşık %20–40'ının bu tür uygulamalar nedeniyle gereksiz tüketildiğini ve geri kazanılabileceğini göstermektedir

Elektrik motoru alırken yüksek verimli motor tercih edilmesiyle, motor seçimi yapılırken prosesin ihtiyaçları göz önünde bulundurulup nominal güçte motor seçimi yapılması ile, motor periyodik bakımların düzenli kontrolü ile ve değişken hızlı, sık on-off olan motorlarda motor sürücüsü kullanımı ile önemli miktarda enerji tasarrufu yapılarak sistemler kendi çok kısa sürede amorti edebilir.

İyi bir sistem dizaynı ve uygun pompaların seçimiyle bu enerjinin %30'unun tasarruf edilebileceği bilinmektedir [10]. Pompa seçimi yapılırken pompa için gerekli parametrelerin analiz edilmesi gereklidir. Ayrıca pompa için kullanılan motorun güç katsayısının yükseltilmesi ile de enerji tasarrufu sağlanabilir.

Sanayi tesislerinin çevrelerindeki aydınlatmanın enerji tüketiminde azımsanmayacak bir payı bulunmaktadır. Aydınlatma kalitesinden ödün vermeden verimi yüksek aydınlatma ürünlerinin kullanımı büyük miktarda enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Bunlardan daha önemlisi ve en verimli olan yöntem ise YEK'li elektrik üretimi yapılarak, üretilen FV enerjinin tüketilmesidir. Hesabı yapılan bir aydınlatma tesisinde 2 yıl gibi bir sürede güneş enerjisinin sağladığı tasarruf görülmüştür.

Kaynaklar

- [1] KARA Ç., Kompresörlerde Enerji Geri Kazanım Sistemleri, III. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi Ve Sergisi, İzmir, Aralık 2003.
- [2] <http://www.dalgakiran.com.tr/products.aspx?PR=2>, (21.02.2014).
- [3] ÖNEL İ. Y., 3 Fazlı Asenkron Motorlarda Arızalar ve Verime Etkileri, 23.10.2009.
- [4] ÇAKMANUS Ö. F., Sanayi ve Konutlarda Enerji Verimi, İCEF 2007.
- [5] http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/uetm/ENVER-Motor.pdf, EİE, (20.02.2014).
- [6] http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/uetm/Motor_Verimliliği_Brosuru.pdf, EİE, (20.02.2014).
- [7] <http://www.demirmakina.com/sanayideenerjitasarrufu.pdf>, (20.02.2014).
- [8] US Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Motor Tip Sheet #2, “Eliminate Voltage Unbalance”, January 2000.
- [9] GOSBELL V., PERERA S., SMITH V., Voltage Unbalance, Technical Note No. 6, Integral Energy, Power Quality Centre, October 2002.
- [10] ERTÖZ A. Ö., Pompalarda Enerji Verimliliği, VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 2003.
- [11] EREN A. S., Elektrik Motoru ve Buhar Türbini Tahrikli Pompa Sistemlerinde Enerji Analizi ve Verim Arttırmada Yöntemler, Kocaeli

Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli 2008.

[12] NALBANTOĞLU B., “Pompalarda Ömür Boyu Maliyet ve Sistem Etkinliği”, 4. Pompa Kongresi ve Sergisi, İstanbul, 8-10 Kasım 2001.

[13] ÇUHA D., Pompa Sistemlerinde Enerji Tasarrufu, Neden Enerji Tasarrufu, TTMD Dergisi, Sayı:40, Kasım – Aralık 2005.

[14] ÖĞÜT S., “Pompalarda Enerji Tasarrufu”, 4. Pompa Kongresi ve Sergisi, İstanbul, 8-10 Kasım 2001.

[15] CEBECİ S. E., Aydınlatma Tasarımı Ve Enerji Tasarrufu, Bileşim Yayıncılık A.Ş., Bina Elektronik Sistem Teknolojileri Dergisi, Sayı:93, Mart 2009.

[16] GENÇOĞLU, M.T., Özbay, E., Aydınlatmada Enerji Verimliliği Yöntemleri, XII. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi, Eskişehir, Kasım, 2007.

[17] BOZKURT İ., Aydınlatmada Verimlilik, Bileşim Yayıncılık A.Ş., 3e Electrotech Dergisi, Sayı: 185, Kasım 2009.

[18] NALBANTOĞLU B., “Pompalarda Enerji Tasarrufu”, İstanbul, 2001.