

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİ VE BİR SANAYİ
TESİSİNDE ENERJİ YÖNETİMİ UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çev.Y.Müh. Gönül MUMLU

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mehmet Gündüz

Ağustos 2008

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ YÖNETİM SİSTEMİ VE BİR SANAYİ
TESİSİNDE ENERJİ YÖNETİMİ UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çev.Y.Müh. Gönül MUMLU

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ

Bu tez .. / .. /2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirligi ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. H. İbrahim Sarı
Jüri Başkanı

Y. Doç. Dr. Mehmet Gündüz
Üye

Y. Doç. Dr. Mustafa Özdenir
Üye

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada büyük pay sahibi olan ve daima olumlu yaklaşımları ile beni yönlendiren ve çalışmanın danışmanlığını yapan hocam Y. Doç. Dr. Mehmet Gündüz' e teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca çalışmanın tüm aşamalarında, gerek bilgi ve gerekse manevi desteklerini esirgemeyen tez izleme komitesi jüri başkanı Prof. Dr. H. İbrahim Saraç ve tez izleme jüri üyesi Y. Doç. Dr. Mustafa Özdemir' e çok teşekkür ederim.

Diğer yandan bu çalışmanın her aşamasında maddi ve manevi destek olan çalışma arkadaşlarım ve yöneticilerime, her zaman yanımda olan ve desteğini esirgemeyen eşime, bana eğitimin önemini benimseten, yüreğimde yaşattığım anne ve babama teşekkür ederim.

.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xii
SUMMARY.....	xiii

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
------------	---

BÖLÜM 2.

ENERJİ BİRİM VE ÖLÇÜM TEKNİKLERİ.....	4
2.1. Enerji Birimleri.....	4
2.2. Enerji Ölçüm Teknikleri.....	6
2.2.1. Sıcaklığın ölçülmesi	6
2.2.2. Akışın ölçülmesi.....	6
2.2.2.1. Düşük basınçlı akışlar.....	6
2.2.2.2. Yüksek basınçlı akışlar.....	6
2.2.3. Basıncın ölçülmesi.....	7
2.2.4. Elektriksel ölçümler.....	7
2.2.5. Bağıl nem ölçümü.....	7
2.2.6. Yanma bacasından çıkan gazın analizi.....	8
2.2.6.1. İS ve kurum yoğunluğu.....	8
2.2.6.2. Kimyasal analizler.....	8
2.2.6.3. Elektronik enstrümanlar.....	9

BÖLÜM 3.

SANAYİDE ENERJİ TASARRUFU.....	10
3.1. Sanayide Enerji Kullanımı	11
3.1.1. Sıcak su ve sistemleri.....	12
3.1.2. Buhar sistemleri.....	12
3.1.2.1. Buhar hakkında genel bilgi.....	13
3.1.2.2. Toplam sistem verimi	13
3.1.3. Basıncılı hava.....	15
3.1.3.1. Hava kompresörleri.....	16
3.1.3.2. Kompresör kontrol sistemleri.....	18
3.1.3.3. Düşük basınç kullanımı.....	18
3.1.3.4. Hava dağıtımı.....	19
3.1.3.5. Hava tankları.....	19
3.1.3.6. Boru dizaynı ve yerleştirilmesi.....	20
3.1.3.7. Hava filtreleri.....	20
3.1.3.8. Hava kurutucuları.....	20
3.1.3.9. Hava kaçakları.....	21
3.1.3.10. Hava kaçaklarının yerinin tespiti.....	23
3.1.3.11. Atık ısı geri kazanımı.....	24
3.1.3.12. Giriş havasının enerji tasarrufuna katkısı.....	24
3.1.4. Elektrik ve sistemleri.....	25
3.1.4.1. Satın alınan elektrik.....	26
3.1.4.2. Sanayi tesislerinde güç faktörünün düzeltilmesi.....	27
3.1.4.3. Talep ve tüketim yönetimi.....	28
3.1.4.4. Elektrik motorlarında enerji tasarrufu	29
3.1.4.5. Statik yol vericiler (soft starter).....	31
3.1.4.6. Yumuşak yol verme.....	32
3.1.4.7. Elektrik tasarrufu için imkanlar.....	32
3.1.4.8. Elektrikli aydınlatma.....	33
3.2. Isı Yalıtımı.....	39
3.2.1. Tesis yalıtımı.....	40
3.2.1.1. Kazan daireleri.....	40
3.2.1.2. Tankların yalıtımı.....	40

3.2.1.3. Kanalların ve bacaların yalıtımı.....	41
3.2.1.4. Fırınlardan yalıtımı.....	42
3.2.1.5. Boru sistemlerinin yalıtımı.....	42
3.2.1.6. Endüstriyel binaların yalıtımı.....	46
3.3. Enerji Yönetimi.....	47
3.3.1. Enerji tasarrufu ve sektörel imkanlar.....	50
3.3.2. Enerji tasarrufu prensipleri.....	51
3.3.3. Enerji yönetim programının başlatılması.....	51
3.3.3.1. Enerji komitesi.....	52
3.3.3.2. Enerji muhasebe sisteminin oluşturulması.....	55
3.3.3.3. Enerji yönetiminde izleme ve hedef oluşturma.....	55
3.3.3.4. Enerji tüketim standardının tayini.....	57
3.3.3.5. Üretim ve tüketim grafiği.....	59
3.3.3.6. Hedef belirleme.....	60
3.3.3.7. Beklenen performans.....	62
3.3.3.8. Rapor yazma	64
3.3.3.9. Enerji taramaları.....	65
3.3.3.10. Enerji ve çevre politikaları.....	68

BÖLÜM 4.

BİR SANAYİ TESİSİNDE ENERJİ İNCELEMESİ.....	69
4.1. Firma Tanıtımı.....	69
4.2. Yardımcı İşletmeler.....	71
4.2.1. Kazan dairesi ve kızgın su sistemi.....	71
4.2.2. Kompresör dairesi.....	72
4.2.3. Hidrafor dairesi.....	73
4.2.3.1. Su hatları.....	74
4.2.4. Soğutma kuleleri.....	75
4.2.5. Aydınlatma.....	76
4.3. Enerji tüketimini izleme çalışmaları.....	76
4.4. Enerji tüketimini azaltma çalışmaları.....	79
4.5. Enerji tasarrufu iyileştirme projeleri.....	81
4.5.1. Kazan suyu sıcaklığının düşürülmesi projesi	81

4.5.2. Bağımsız ısıtma.....	85
4.5.3. Vana ceketı izolasyonu projesi.....	89
4.5.4. Genel aydınlatma enerji tasarrufu projesi.....	97
4.5.5. Boyahane pompaları hız sürücülerı projesi.....	105
4.5.6. Arıtma tesısı havalandırma havuzu hava temin sistemi iyileştirme projesi.....	107
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	111
KAYNAKLAR.....	114
ÖZGEÇMİŞ.....	116

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

d_1	: Boru dış çapı (m)
d_2	: Yalıtım sonrası dış çap (m)
Gj	: Bir saatte Giga joule
h_{50}	: Yüzeye ait ısı transfer katsayısı (W/m °K)
K	: Yalıtım malzemesinin ısı iletkenliği (W/m°K)
Kj/h	: Bir saatte kilo joule
L/3 kW	: İsrar edilen güç
Ltk	: Toplam kaçak miktarı (lt/sn)
Mj/h	: Bir saatte Mega joule
Qkomp	: Kompresör kapasitesi (lt/sn)
SET	: Spesifik Enerji Tüketimi
Tj	: Bir saatte Tera joule
Tyük	: Yükte çalışma süresi (sn)
Tyüksüz	: Yüksüz çalışma süresi (sn)
YF	: Aylık tüketim / (maksimum Talep x Çalışma saati)

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	3E' nin şematik gösterimi.....	3
Şekil 3.1.	Enerji tasarrufu odakları.....	48
Şekil 3.2.	Enerji yönetim organizasyonu.....	53
Şekil 3.3.	Üretim ve tüketim grafiği.....	60
Şekil 3.4.	Enerji tüketimi diyagramı.....	61
Şekil 3.5.	Toplam enerji tüketimi diyagramı	61
Şekil 3.6.	Spesifik tüketim grafiği.....	63
Şekil 3.7.	Set grafiği.....	64
Şekil 4.1.	İş akış şeması.....	70
Şekil 4.2.	Yıllık enerji tüketim dağılımı (doğalgaz, elektrik, su).....	79
Şekil 4.3.	Yıllık enerji tüketim dağılımı (doğalgaz, elektrik).....	79
Şekil 4.4.	Yıllık enerji maliyet dağılımı.....	80
Şekil 4.5.	Kızgın su gidiş-dönüş hattı.....	85
Şekil 4.6.	Bağımsız ısıtma ile araç başına doğalgaz kullanımında iyileşme grafiği.....	88
Şekil 4.7.	Yalıtımsız ve yalıtımlı vanalarda ısı kaybı karşılaştırması.....	93
Şekil 4.8.	Yalıtımsız ve yalıtımlı pislik tutucu ve çek vanalarda ısı kaybı karşılaştırması.....	93
Şekil 4.9.	Kazan termal kamera ve normal çekim görüntüsü.....	94
Şekil 4.10.	Kazan vanaları termal kamera ve normal çekim görüntüsü.....	94
Şekil 4.11.	Boru sistemi termal kamera ve normal çekim görüntüsü.....	94
Şekil 4.12.	Boru sistemi termal kamera ve normal çekim görüntüsü.....	95
Şekil 4.13.	İzolasyonlu ve izolasyonsuz boru sistemi termal kamera ve normal çekim görüntüsü.....	95

Şekil 4.14.	İzolasyonlu ve izolasyonsuz vana termal kamera ve normal çekim görüntüsü.....	95
Şekil 4.15.	İzolasyonlu boru ve izolasyonsuz vana termal kamera ve normal çekim görüntüsü.....	96
Şekil 4.16.	İzolasyonsuz vana termal kamera ve normal çekim görüntüsü.....	96
Şekil 4.17.	Elektronik balastlı armatür ile metal halid armatür kıyaslama grafiği.....	104
Şekil 4.18.	Arıtma tesisi havalandırma havuzu iyileştirme grafiği.....	110
Şekil 4.19.	Enerji tasarrufu dağılımı.....	112
Şekil 4.20.	Enerji tasarrufu öncesi ve sonrası araç başı doğalgaz tüketim dağılımı.....	113
Şekil 4.21.	Enerji tasarrufu öncesi ve sonrası araç başı elektrik tüketim dağılımı.....	113

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1.	Enerji birimlerinin birbirine çevrilmesi	5
Tablo 3.1.	Hava kaçakları tarafından israf edilen güç.....	21
Tablo 3.2.	Değişik basınçlarda her bir delikten meydana gelen hava kaçığı.....	22
Tablo 3.3.	Kaçaklar nedeniyle oluşan toplam hava sarfıyatı.....	22
Tablo 3.4.	Yük eğrisinde bulunması gerekli bilgiler.....	29
Tablo 3.5.	Çeşitli donanımlarda güç dengeleyicisinin kullanımı sonucu elde edilen tasarruf.....	31
Tablo 3.6.	CIE' nin Renk Ayırım Endeksi grupları.....	35
Tablo 3.7.	Mekanların aydınlatma seviyeleri.....	36
Tablo 3.8.	Rüzgar veya Hava Akımına Maruz Kalan Yerler İçin Isı Kayıp Katsayıları (Isı Kaybı x Katsayı).....	44
Tablo 3.9.	Değişik Isıl İletkenlere Sahip İzolasyon Malzemeleri İle İzole Edilmiş Borulardan Olan Isı Kaybı.....	45
Tablo 4.1.	Birinci faz dış hava sıcaklığına göre kazan suyu sıcaklık tablosu	82
Tablo 4.2.	İdari bina-kazan dairesi yıllık ısı kaybı.....	86
Tablo 4.3.	İdari bina-prototip atölyesi yıllık ısı kaybı	87
Tablo 4.4.	Isı kayıpları hesabı.....	90
Tablo 4.5.	Yalıtımsız durumda ısı kayıpları hesabı.....	91
Tablo 4.6.	Yalıtımlı durumda ısı kayıpları hesabı.....	92
Tablo 4.7.	Ana fabrika binası motor montaj hattı aydınlatma değişiklik fizibilitesi ve kazanç analizi.....	99
Tablo 4.8.	Devamı, Ana fabrika binası motor montaj hattı aydınlatma değişiklik fizibilitesi ve kazanç analizi.....	100

Tablo 4.9.	Ana fabrika binası test kontrol hattı aydınlatma değişiklik fizibilitesi ve kazanç analizi.....	101
Tablo4.10.	Ana fabrika binası şanzuman montaj hattı aydınlatma değişiklik fizibilitesi ve kazanç analizi	102
Tablo 4.11.	Devamı, Ana fabrika binası şanzuman montaj hattı aydınlatma değişiklik fizibilitesi ve kazanç analizi	103
Tablo 4.12.	Boyahane klima ve eksoz fanları invertör fizibilitesi.....	106
Tablo 4.13.	Otobüs kızgın su sirkülasyon pompaları frekans invertörü çalışması.....	106
Tablo 4.14.	Arıtma tesisi bloweri elektrik tüketimi.....	108
Tablo 4.15.	Arıtma tesisi blower iptali ile elde edilen elektrik tasarrufu.....	109

ÖZET

Anahtar kelimeler: Enerji, Enerji Tasarrufu

Enerji, kaynaklarının hızla tükeniyor ve yenilenemiyor olması ve maliyetinin çok yüksek olması sebebi ile günümüzde en önemli sorunlardan biri haline gelmiştir. Bu sebeplerle, tüm dünyada enerji tasarruf politikaları izlenmeye başlanmıştır. Özellikle, fabrikaların üretim maliyetlerini etkileyen faktörler içerisinde enerji harcamaları önemli bir paya sahiptir. Bu harcamaların ise uygulanacak enerji tasarruf tedbirleri ile azaltılması mümkündür.

Enerji tasarrufu belli davranışları benimseyerek, iyileştirme yöntemleri uygulayarak, verimli yeni teknolojiler kullanarak, atık madde ve enerji içerikli gaz ve sıvıları değerlendirerek, üretimden veya konfor şartlarından fedakarlık yapmadan enerjiyi daha etkin kullanmaktır. Fabrikalardaki en önemli ve en ucuz enerji tasarrufu önlemi yetkili bir enerji yöneticisinin kontrolünde enerji yönetim sisteminin oluşturulmasıdır.

Bu çalışmada, enerji ve enerji yönetim sistemi hakkında bilgiler verilerek, fabrikalarda enerji maliyetlerini en az seviyelere indirmek için üzerinde durulması gereken tasarruf yapılabilecek noktalar, tasarruf yöntemleri, projelendirme ve işletme faaliyetleri incelenmiştir. Bir sanayi kuruluşu incelenerek, örnek enerji tasarruf projeleri yapılmıştır.

ENERGY MANAGEMENT SYSTEM AND ENERGY MANAGEMENT APPLICATION IN THE INDUSTRIAL PLANT

SUMMARY

Key Words: Energy, Energy Saving

Energy is the most important matter at the present day, because energy resources rapidly run out and non-renewable, its cost is very expensive. For these reason, energy saving politics have been followed all over the world. Especially, energy costs have an important share among factors that influence production costs of factories. It is possible to reduce these costs by means of energy saving measures.

Energy saving by adopting certain attitudes, enforcing improved methods, using new efficient tehcnologies, recycling gases and liquids containing waste energy and material means that energy can be consumed effectively and not by ignoring production or comfort needs. In the factories the most important and cheapest energy saving measure is that an energy saving system should be established under the control of an authorized energy manager.

In this study, informing about energy and energy management system, to reduce energy costs to the lowest levels, the points where energy saving can be possible, saving methods, making projects and operating activities which must be focused have been reviewed. Industrial plant have been investigated, energy saving projects have been engineered.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

İnsan, yaşamını sürdürmek ve toplumu oluşturmak için, üç unsura; enerji, madde ve bilgiye ihtiyaç duyar [1]. Enerji, yanma için elverişli tüm petrol ürünleri, doğalgaz, kömür, kok, linyit, diğer kömür ürünleri ve üretim sırasında ara ürün olarak çıkan ve enerji değeri olan ürünler ile elektriktir [2].

Enerji Kaynağı, fosil kökenli kaynaklar, biyokütle kökenli kaynaklar, ikincil kaynaklar, yenilenebilir enerji kaynakları, hidrojen ve nükleer kaynaklar, ithal veya yerli üretimle birlikte enerji kaynağı olarak adlandırılır [3].

Ekonomik yönden işletilebilir olup olmadıkları dikkate alınmaksızın teknolojik araçlarla yararlanılabilir duruma getirilebilen doğadaki enerji kaynaklarının tümü “enerji varlıkları” olarak belirtilebilir. Bu varlıkların bir bölümü, ekonomik yönden işletilebilir durumda ya da ileride ekonomik olarak değerlendirilebileceği bilinen veya beklenen yenilenemez doğal (tükenebilir) enerji kaynaklarıdır. Bunların diğer bir bölümü de, yine ekonomik yönden işletilebilir durumda olan ve sürekli yenilenen doğal (yenilenebilir) enerji kaynaklarıdır [4].

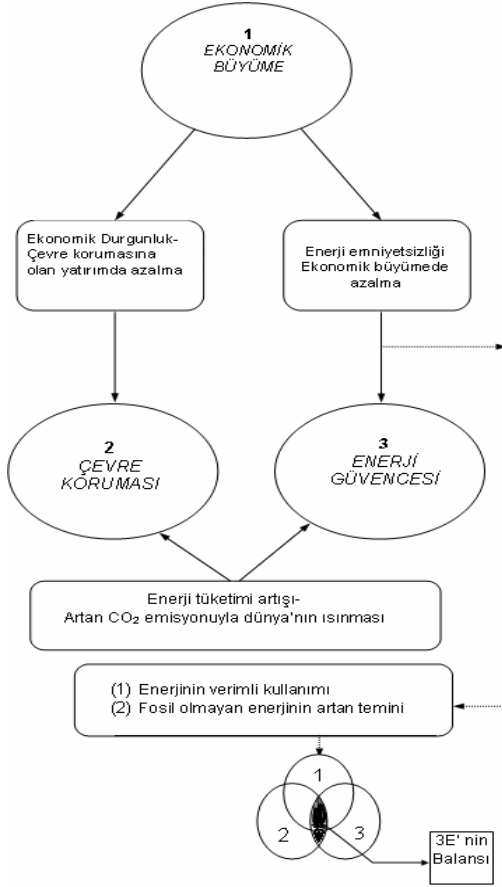
Tükenebilir enerjilere “stok enerjiler”, yenilenebilir enerjilere de “akım enerjileri” de denilmektedir. Enerjinin herhangi bir değişim ya da dönüşüm uygulanmamış biçimi “birincil enerji” olarak tanımlanır [8].

Enerji, maddenin üretilmesi için gereklidir. Bunun yanında, bilgi, işlenmesi ve nakledilmesi için elektrik enerjisini gerekli kılar. Bilgi, aynı zamanda, enerjinin verimli kullanılması için de gereklidir. Bu üç unsur, böylece birbiriyle ayrılmaz bir bütünü oluşturur [1].

Bu arada, dünyamızda bugün bir değişim süreci yaşanmaktadır. Değişik ülkeler arasında yıkılan sınırlar ve artan globalleşme, daha fazla uluslararası anlayışı ve işbirliğini gerektiriyor. Bunun yanı sıra, dünyamız, yerkürenin ısınması ve asit yağmurları gibi ciddi çevresel sorunlarla karşı karşıya kalıyor. Sağlık, çevresel ve ekonomik nedenlerden ötürü, hava kirliliğini azaltmak için stratejiler, gelişmiş ve özellikle gelişen dünyanın birçok şehirlerinde kritik durum gösteriyor [3].

Bu değişim sürecine paralel olarak “sürdürülebilir gelişme“ kavramı, endüstriyel strateji planlaması ve projelerde gittikçe artan bir şekilde ortaya çıkıyor. Enerji ifadelerinde bu kavram, sadece finansal bakış açısından değil, aynı zamanda sınırlı kaynakların ve çevre kirlenmesi düzeylerindeki artış yönünden, enerjinin verimli kullanımı gibi, enerji tasarrufunu içine alıyor Böylece, enerjinin verimli kullanımını sağlayacak enerji yönetim sistemleri gündeme geliyor [5].

Gelişmekte olan ülkeler, örneğin Japonya, enerji politikasında; ekonomik büyüme, enerji güvencesi ve çevre korumasının (İngilizce sözcüklerin baş harflerinden oluşan, 3E birlikte sağlanmasını amaçlıyor (Şekil 1.1). Japonya'nın enerji politikası, ülkenin sürekli olarak ekonomik gelişiminin önemli bir kısmını oluşturuyor. Enerjinin kararlı ve verimli temini gelişme için son derece önemli tutuluyor. Bu bağlamda, enerji tüketimi, CO₂ emisyonları gibi, çevresel konularla son derece yakından ilgilidir. Bununla beraber, 3E' yi birlikte elde etmek gerçekten güçtür [6]. Başka bir deyişle, bir yandan enerji güvencesi sağlanacak, diğer yandan ekonomik gelişme elde edilecek ve öte yandan da çevre korunacaktır [3].



Şekil 1.1 3E' nin Şematik Gösterimi

BÖLÜM 2. ENERJİ BİRİM VE ÖLÇÜM TEKNİKLERİ

2.1 Enerji Birimleri

Enerji ölçülemez, buna karşılık şekil değiştirmelerinin hangi oranlar içinde olduğunu belirleyen katsayılar bulunabilir. Enerji şekilleri arasına da bir genel eşdeğerliğin ilkeleri ortaya konabilir. Fizik ve mühendislik konularında aşağıdaki tanımlar kullanılmaktadır.

Enerji: İş yapabilme yeteneğidir.

Güç: Birim zamanda harcanan enerji

İş: Kuvvet yardımıyla bir cismin hareket etmesi sonucunda yapılmış olur. Belirli bir ısı miktarının (termik enerji), her zaman belirli bir iş miktarını (mekanik enerji) temsil ettiği bilinmektedir. Enerjinin mutlak bir ölçüsü olmadığına göre, nisbi bir ölçüden yararlanır. Başlıca ölçü birimleri şunlardır:

Küçük kalori (Isı ölçme birimi) : Bir gram damıtılmış suyun sıcaklığını 15 °C' den 16 ° C' ye yükseltmek için gerekli ısı miktarını gösterir.

Newton (Kuvvet Birimi): Bir kilogramlık kütleyle saniyede 1 metre/ saniye' lik hız değişimi sağlayan kuvvet olarak tanımlanır. Dolayısıyla bir kilogramlık bir kütleyle etkileyen yerçekimi yaklaşık 9,81 Newton' dur.

Joule (İş Ölçü Birimi): Bir Newtonluk kuvvetin bir metrelik yol boyunca hareket etmesi sırasında yapılan iş olarak belirtilir. Joule, ısıyı veya işi ölçmek için kullanılan uluslararası bir birimdir. Ancak incelemelerde bu birim az kullanılır.

Watt (Güç Ölçü Birimi): Saniyede yapılan 1 Joule' luk iştir. Çok kullanılan watt-saat (Wh) bir güç birimi olmayıp, bir watt' lık bir gücün bir saat içinde ürettiği ısı veya iştir. Dolayısıyla 3600 Joule' a eşittir.

Enerjinin bütün fiziksel görünüşlerini bu ölçü birimlerinden biriyle belirtmek, yani bunlara aynı ürün sözkonusu gibi bakmak mümkündür. Bir örnek verelim; bir ton kömür 7000 m³ suyun sıcaklığını 15 °C' den 16°C' ye yükseltmektedir. Bu, 7000 termi değerindedir. Bu değer, kömürün ısı değerini, yani kömürün yanmasıyla ısıya dönüşen enerji kapsamını gösterir. Bir ton ham petrolün yanmasıyla 10.000 m³ suyun sıcaklığı 15°C' den 16°C' ye yükseldiğinden, bunun ısı değeri 10.000 termidir. Bir ton petrolün ağırlık birimiyle değil, ısı birimiyle değeri 1,43 tec (ton eşdeğer kömür), yani 10.000/7000 olmaktadır. Bunun tersi şeklindeki oran, bir ton kömürün 0,7 tep (ton eşdeğer petrol) olduğunu göstermektedir. Ayrıca 1 kwh 0,86 termi olduğuna göre, 1000 kwh böylece 0,086 tep' e [0,86 x 1000/ 10.000] karşılıktır. Bütün enerji şekilleri için aynı yolla hareket edilebilir [8].

Eşdeğerlik katsayıları ile bütün enerji şekilleri ortak bir referans birimine (tep, tec, kwh, termi vb.) çevrilerek birleştirilebilir (Tablo 2.1) [12].

Tablo 2.1 Enerji Birimlerinin Birbirine Çevrilmesi

BİRİMLER	MJ	kcal	KWh	tep	Btu
1 MEGA JOULE = 10 ⁶ JOULE	1	239	0,27778	23,892x10 ⁻⁶	947,8
1 KİLOKALORİ (kcal)	4,184 x 10 ⁻³	1	1,1628x10 ⁻³	1x10 ⁻⁷	3,967
1 KİLOWATSAAT (kwh)	3,6	860	1	86x10 ⁻⁶	3412
1 TON PETROL EŞDEĞERİ (tep)	41855	10x10 ⁶	11626	1	39,67x10 ⁶
1 İNGİLİZ ISI BİRİMİ (Btu)	1,055 x 10 ⁻³	0,2521	0,2931x10 ⁻³	0,2521x10 ⁻⁷	1

Kj/h : Bir saatte kilo joule

Mj/h : Bir saatte Mega joule 1 MJ = 1000 Kj

Gj : Bir saatte Giga joule 1 Gj = 1000 MJ

Tj : Bir saatte Tera joule 1 Tj = 1000 Gj

2.2 Enerji Ölçüm Teknikleri

Enerji tarama çalışmasının en önemli kısmı, genellikle tesislerin tamamı ve ayrı ayrı ünitelerdeki işletmeler için doğru enerji ve malzeme balanslarının hazırlanmasıdır.

Bu veriler olmadan, enerji tasarrufu potansiyellerinin bütünlüğünü ve değerini belirleyen kantitatif analizlerin yapılabilmesi hemen hemen olanaksızdır.

Sabit enstrümanlar veya portatif enstrümanlar ile tesisatlarda en fazla sıklıkla yapılması gereken ölçümler aşağıdadır.

2.2.1 Sıcaklığın ölçülmesi

Enerji taramasında termo çiftler çok yaygın kullanılırlar. 1100 °C' ye kadar ölçen termometreler hassas problemlerin ölçülerek malzemenin içine sokulmasıyla veya bazı katı maddeler ölçülecekse malzemenin yüzeyle temas ettirilerek kullanılabilir. Bazı durumlarda, 1500°C' ye kadar ölçüm yapabilen özel problemler sağlanabilir [8].

2.2.2 Akışın ölçülmesi

2.2.2.1 Düşük basınçlı akışlar

Düşük basınçlı gaz akışları çoğu zaman ocakların, kazanların, fırınların, kurutucuların vb. etrafındaki kütle ve enerji balanslarını kurmak için gereklidir. Sabit enstrümanların olmadığı yerlerde gaz akış hızlarını ölçmek için pitot-statik tüpleri kullanılır.

2.2.2.2 Yüksek basınçlı akışlar

Sıvı akış debilerinin ve gaz basınçlarının portatif bir pitot tüpüyle ölçülemeyecek kadar yüksek olduğu durumlarda, genellikle sabit debimetreler kullanılır.

Sıvıların ve gazların çoğunda standart debimetre olarak orifis plakası kullanılır. Burada akışkan boruya sokulmuş bir plakadaki delikten (orifisten) geçmeye zorlanır. Orifisin iki tarafı arasında bir basınç düşüşü meydana gelir.

2.2.3 Basıncın ölçülmesi

Manometre veya daha önce bahsedilen portatif basınç ölçme cihazı, örneğin ocaklardaki hava kanallarında bulunan küçük basınçları ve vakumları ölçmek için kullanılabilir. 500 mm. su basıncına kadar olan basınçlar bu yolla ölçülür. Daha yüksek basınçlar için portatif enstrümanlar yerine sabit olanlar gereklidir [13].

2.2.4 Elektriksel ölçümler

Portatif elektrik ölçen metrelerle şunlar ölçülebilir:

- a) Voltaj
- b) Akım (amper)
- c) Güç (vat)
- d) Güç faktörü

Voltaj ve akım, hemen her zaman çok amaçlı tek bir enstrüman tarafından ölçülür. Gücü ve güç faktörünü ölçmek için genellikle ayrı ayrı enstrümanlar gereklidir. Akım, etüd edilen elektrik devresine girilmeksizin ölçülebilir. Voltaj, güç ve güç faktörünün ölçülmesi için elektrik devresine problar sokulmalıdır [13].

2.2.5 Bağıl nem ölçümü

Kurutucular ve hava iklimlendirmesi yapan teçhizatlardaki ısı/ malzeme balanslarıyla bağlantılı olarak, bağıl nemi ölçmek için higrometreler kullanılır. En bilinen nem ölçer, kuru ve hazneli termometredir. Yaş hazne sıcaklığı, haznesi suyla doyurulmuş bir fitil ile kaplanmış olan termometreyi hava ile temas ettirerek ölçülür. Yaş ve kuru hazne sıcaklıkları ölçüldükten sonra, havanın bağıl nem ve su içeriği, standart referans cetvellerinden bulunabilir.

Son yıllarda, genellikle düşük derecelerde kullanılması gibi bir sınırlama olmakla beraber, bağıl nemi ölçen ve cetvellere bakmadan doğrudan bir dijital okuma sağlayan elektronik enstrümanlar geliştirilmiştir [13].

2.2.6 Yanma bacasından çıkan gazın analizi

Yanmanın tam olup olmadığını kontrol etmek ve tam olmayan yanmanın getirdiği enerji kayıplarını belirlemek için, baca gazının bileşimini analiz etmek ve sıcaklıkları ölçmek önemlidir. Yanmanın verimini tahmin etmek için, baca gazının sıcaklığını ve oksijen (veya karbondioksit) içeriğini bilmek gerekir. Yanmanın optimum şartlarda olması için karbon monoksit muhtevası da önemlidir. Baca gazında 100-200 ppm üstünde CO olması, en yaygın olarak kullanılan kömür, petrol ve gaz yakıtların tam olarak yanmadığını gösterir. Uygulanacak ölçüm teknikleri aşağıda belirtilmiştir.

2.2.6.1 İis ve kurum yoğunluğu

Yanma tam ise, genellikle is fazla olmaz. Bunun tersine, birçok yakıtın (gaz hariç) tam olmayan yanması sonucu is çıkar. Oluşan isin veya kurumun yoğunluğunun ölçülmesiyle, yanmanın kalitatif değerlendirilmesi basit şekilde yapılır. Belli miktardaki baca gazı bir el pompasıyla filtre kağıdından geçirildikten sonra, is, bir standart ile karşılaştırılır (Ringelman Cetveli) ve biriken kurum miktarı buna göre gözle belirlenebilir.

2.2.6.2 Kimyasal analizler

Byrite veya orsatt gibi enstrümanlar kullanarak, kimyasal analiz yöntemleriyle oksijen, karbonmonoksit ve karbondioksit muhtevaları ölçülebilir. Bu enstrümanlar bacadan numune olarak bir miktar gaz çekerler ve içindeki oksijen ile karbondioksitin pirogallol veya potas çözeltileri tarafından emilmesini sağlarlar. Emilen miktar ölçülür ve baca gazının bileşimini hesaplamada kullanılır. Baca gazının oksijen ve karbondioksit muhtevası ile sıcaklığı baca kaybını hesaplamada kullanılır.

2.2.6.3 Elektronik enstrümanlar

Baca analizini yaparken kullanılan kimyasal metodların yerini artık önemli bir dereceye kadar elektronik enstrümanlar almaktadır. Bunlar tamamen portatif olup bacanın içine sokulan problemlerin çapı 5-6 mm kadardır. Enstrümandaki küçük bir elektrik pompası ile baca gazından numune alınır ve oksijen ve/veya karbonmonoksit yönünden analiz edilir. Oksijen analizi numunedeki oksijenin bir elektrokimyasal hücre içinde oluşturduğu voltaj ölçülerek yapılır. Sıcaklığın ölçülmesi için probda bir de termokapl vardır.

Tipik bir enstrüman, oksijen (ve muhtemelen CO) ve sıcaklığı dijital olarak gösterir. Bazı enstrümanlarda baca kaybını hesaplamak için oksijen ve sıcaklık verileri kullanılır ve yanma verimi aradaki farktan tahmin edilir.

BÖLÜM 3. SANAYİDE ENERJİ TASARRUFU

Bir ülkede tüketilen enerji miktarı, o ülkenin sanayisinin gelişmişliğinin göstergelerinden biridir. Gelişmiş ülkelerde enerji tüketim değerleri çok yüksek olmakla birlikte kayıplar da çok düşük değerdedir. Fakat ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkelerde kayıplar, enerji tüketim maliyetlerinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu nedenle kayıpları minimuma indirerek enerji maliyetlerini azaltmak büyük önem arz etmektedir.

Ülkemiz genelinde tüketilen enerjinin önemli bir kısmı ise fabrikalarda tüketilmektedir. Fabrikalardaki enerji kayıplarının en az seviyelere indirilmesi için, enerji tasarruf imkanlarının araştırılması, tasarruf odaklarının tespiti ve önlemlerin alınması gerekmektedir. Enerji tasarruf çalışmalarının kapsamına; projelendirilmeden, işletme ve bakım faaliyetlerine kadar fabrikada yürütülen tüm çalışmalar dahil edilmeli ve yetkilendirilmiş sorumlu bir birim tarafından da çalışmalar koordine edilmelidir [7].

Sanayinin hızla gelişmesi ve makinalaşması nüfusun ve insan ihtiyaçlarının hızlı artışı; sınırlı ve kıt olan enerji kaynaklarının azalması ve fiyatlarının yükselmesi sebebiyle, insanlar ve kuruluşlar enerji tüketiminde azami tasarrufa zorlanmış enerji kaynakları ile enerjiyi akıllıca kullanmak ve daha az enerji ile daha iyi hayat şartları, daha sağlıklı çevre, daha az maliyet ile üretim şartlarına kavuşmak için bir takım tedbirleri almaya yönelmiştir. Bu nedenle enerjinin, yönetim sistemleri ile ilişkisi önem kazanmıştır.

Enerji tasarrufunda amaç, ekonomik ve sosyal gelişmeye zarar vermeden sınırlı olan enerji kaynaklarını ve enerjiyi daha rasyonel şekilde, israf edilmeden verimli, yerinde ve yeterince, akıllıca kullanmak olmalıdır. Deneyimler enerji giderlerinin geri ödenmesi kısa olan basit önlemlerin alınmasıyla en azından %10 ve %20' den daha fazla azaltılabileceğini göstermektedir.

Türkiye’de ulusal enerji politikasında devletin egemen olduğu yeni bir dönem, 1935 yılında Etibank, Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü kuruluş kanunlarının enerji tüketiminde verimliliğinin artırılması hakkındaki yönetmelik Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanarak Resmi Gazetede yayımlanmıştır [8].

3.1 Sanayide Enerji Kullanımı

Konutlarda, tarımda, hizmet sektöründe, ulaşımda, endüstrinin değişik dallarında enerjinin değişik çeşitleri kullanılmaktadır. Üretilen bu enerji çeşitlerinin herbiri ancak bir sistem içinde yönlendirilip kullanılırsa üretime-hizmete faydalı olabilir. Üretimin elemanları olan iş gücü, malzeme ve makina ile seçilen enerji çeşidi ve enerji sistemlerinin herbiri ve bunların birbirleri ile olan ilişkileri ve ürünün veya hizmetin doğrudan üretilen miktarını, birim maliyetini ve kalitesini etkileyen önemli faktörlerdendir.

İhtiyaç olan enerji çeşidinin tespiti onun üretilmesinde kullanılan yöntemler ve kaynakların tespiti enerjinin maliyetini doğrudan etkileyen faktörlerdir. Enerjinin de üretim araçları olan makina, pres, fırın ile aydınlatma, ısıtma ve araçlarına gelmesini sağlayan sistemlerin doğru seçimi, onların bakım, kayıpların önlenmesi ve tasarruf uygulaması üretilen ürün veya hizmetin maliyetini, kalitesini, verimliliğini doğrudan etkiler.

Konutlarda, hizmet sektöründe, tarım sektöründe ulaşım sektöründe ve endüstrinin değişik dallarında tüketilen enerji çeşitleri aşağıdaki beş başlıkta incelenebilir:

- a) Sıcak su ve sistemleri
- b) Buhar ve sistemleri
- c) Basınçlı hava sistemleri
- d) Elektrik ve sistemleri
- e) Taşıt yakıtları

3.1.1 Sıcak su ve sistemleri

Yakma sistemleri, yakılacak yakıtın cinsine ve özelliğine bağlı olarak çok değişik şekillerde imal edilmektedir. Herhangi bir yakma sisteminde iyi bir yanmanın elde edilebilmesi için yeterli şartların sağlanması gereklidir [8].

Yakma sisteminde iyi yanma için yeterli ocak sıcaklığının, yeterli zamanın ve optimum yakıt-hava oranının sağlanması ve bu şartların süreklilik arzemesi gerekir. Yakma sistemleri, yakıt cinsine göre üç sınıfa ayrılır.

- a) Katı yakıt sistemleri
- b) Sıvı yakıt sistemleri
- c) Gaz yakıt sistemleri

3.1.2 Buhar sistemleri

Su buharı suyun gaz halidir. Suyun su buharı haline gelmesine buharlaşma, su buharının tekrar su haline gelmesine de yoğunlaşma denir. Buhardan sanayide, doğrudan ısı enerjisi olarak kullanımının yanısıra tahrik gücü olarak da faydalanılabilmektedir.

Güvenilir olarak kullanılabilmesi bir sıcaklıkta büyük miktarda ısı depolayarak taşıyabilmesi ve her yerde kolay ve bol bulunan sudan üretilmesi buharın sanayi kuruluşlarında ve büyük ısıtma sistemlerinde çok yaygın kullanımını sağlamıştır. Yaygın kullanımı ve yüksek enerji potansiyeli buhardan elde edilebilecek tasarruf miktarının da yüksek olmasına sebep olmaktadır.

Buhar, merkezi bir kazanda yakıtın yakılması endüstriyel proseslerden çıkan atık ısının kullanımı veya elektrik üretim tesislerindeki karşı basınçlı ara buhar türbinlerden çekilerek üretilir. Kaynağı ne olursa olsun buhar bir enerjidir ve genelde büyük yatırımlara yol açmadan kayıpların azaltılması oldukça kolaydır [8].

3.1.2.1 Buhar hakkında genel bilgi

Buharın iyi bir ısı taşıyıcısı olarak seçilmesinin iki sebebi vardır. Birincisi, kolay üretilen sudan elde edilebilir olması, ikincisi ise güvenilir olarak kullanılabilmesi bir sıcaklıkta büyük miktarda ısı depolayarak taşınabilmesidir.

Su, buhar kazanında ısıtıldığında sıcaklığı artar. Bu şekilde suya ilave olarak verilen ısıya duyulur ısı denir. Duyulur ısı su kaynama noktasına (buhar kazanının çalıştığı basınca göre değişir) ulaşmaya kadar yükseltilebilir.

Kaynama noktasına ulaşıldığı zaman suya verilmekte olan ısı artık sıcaklığı yükseltmez ve suyun fiziksel özelliğini değiştirmeye başlar. Bu noktadan sonra buharlaşma başlar. Kaynayan suyu aynı sıcaklıkta buhara dönüştüren ısıya gizli ısı denir. Gizli ısı miktarının, suyun sıcaklığına kaynama noktasına kadar yükseltmek için verdiğimiz ısıdan oldukça fazla olduğunu belirtmek gerekir. Genel bir yaklaşım olarak, buharın gizli ısısı (buhar basıncına bağlı olarak) toplam ısının %70'i ile %80' i arasındadır.

3.1.2.2 Toplam sistem verimi

Buhar dağıtım sistemini detaylı olarak incelemeye önce toplam buhar sisteminin veriminin belirlenmesi konusunda açıklayıcı bilgi vermek faydalı olacaktır. Örnek bir buhar sistemi aşağıdaki birimlerden meydana gelir.

- a) Kazan (buhar jeneratörü)
- b) Buhar hattı, vanalar, buhar kapanları
- c) Kondensat dönüş hattı ve kondensat tankı, pompa
- d) Buhar kullanıcılar

Buhar sisteminin toplam verimi, buhar sistemini meydana getiren elemanların herbirinin veriminin ayrı ayrı tespit edilmesi ile bulunabilir. Buhar üretimi esnasında enerji tasarrufu sağlamak için dikkat edilmesi gereken en önemli üç nokta, kazan verimi, üretim basıncı ve blöf şeklindedir.

Buhar sistemlerinde buharın üretiminden kullanımına kadar gereken önemin gösterilmesiyle önemli ölçüde tasarruf sağlamak mümkündür.

Buhar son kullanıcının ihtiyacını karşılayabilecek en düşük basınçta üretilmelidir. Yüksek basınçta buharın üretilmesi için gereksiz yere daha fazla yakıtın tüketilmesi yanında, basıncın artmasıyla hem yüzeylerden, hem de buhar kaçıran delikler sebebi ile buhar hatlarında meydana gelecek kayıplar çoğalacaktır [8].

Doğal olarak buhar, kazandan ayrılır ayrılmaz hemen ısını dışarı vermek isteyecektir. Buharın sahip olduğu ısının kullanmak istediğimiz noktaya ulaşmadan önce mümkün olduğu kadar az miktarda kaybolmasını sağlamamız gerekmektedir.

Buna paralel olarak buhar kullanımında dikkat edilmesi gereken hususlar ana başlıklar halinde aşağıda verilmiştir.

- a) Boru, vana ve flanşları izole edilmelidir.
- b) Buhar kaçaqları önlenmelidir.
- c) Borulara belirli bir eğim vererek boru içinde kondensat toplanması önlenmelidir.
- d) Uygun yerlere buhar kapanı yerleştirilmelidir. Buhar kapanlarının maksimum verimde çalışabilmesi için uygun olarak seçilip monte edilmesi gerekir.
- e) Sistem içerisinde hava toplanması engellenmelidir.
- f) Su arıtma işleminin sağlıklı olarak yapıldığından emin olunmalıdır.
- g) Borularda ekonomik buhar hızı seçimine özen gösterilmelidir (25-35 m/saniye).
- h) Yatay borularda çap değişiminde eksantrik engelleyiciler kullanılmalıdır.
- i) Kullanılmayan buhar boruları tesisattan ayrılmalıdır.
- j) Çok az kullanılan borular vana ile tesisattan ayrılmalıdır.

Proseste buhardan maksimum faydalanma işletmenin buhar kullanan ekipmalara da ısı transferi veriminin artırılması ve çalışma şartlarının optimizasyonu ile sağlanabilir. Buna paralel olarak,

- a) Buharı mümkün olan kuruluk değerinde kullanmaya özen gösterilmelidir. Bu da uygun buhar kapanının seçilmesiyle mümkün olacaktır. Su tabakası, ısıtma yüzeyinde

demir veya çelik duvardan 60-70 kat, bakırdan ise 500-600 kat daha fazla direnç gösterir.

b) Buhar kapanlarının maksimum verimde çalışabilmesi için uygun olarak seçilip monte edilmesi gerekir.

c) Buhar sisteminden ısı transferini önemli ölçüde engellemeye sebep olan hava sistemden uzaklaştırılmalıdır. Bu işlem için bir havalandırma elemanı kullanılmalıdır.

Sistemde hava tabakasının etkisi daha da kötüdür. Bilindiği gibi kaplama malzemeleri içinde en etkili yalıtkan, iletken olmayan fiberler arasında hapsolmuş çok küçük hava taneciklerinden oluşan küttedir. Hava gerçekte, ısı transferine karşı demir veya çelikten 1500 kat daha fazla dirençlidir. Sistemde buhar tüketiminin minimize edilmesi için uygun yerlerde otomatik kontrol cihazları yerleştirilmelidir.

Sistemde buharın doğrudan kullanılmasından kaçınılmalıdır. Aksi durumda su tasfiye ünitesinin yükü artacak, maliyet yükselecek ve kazandan daha fazla blöf yapılma ihtiyacı doğacaktır [8].

3.1.3 Basınçlı hava

Basınçlı hava uygun, güvenli ve emniyetli olduğu için bir güç kaynağı olarak delme işlerinde, kontrol valflerinde, hava motorlarında, temizleme amaçlı olarak hava tabancalarında, boya spreylelerinde ve diğer birçok amaçlar için kullanılmaktadır.

Basınçlı havanın birçok avantajlara sahip olması nedeniyle onun yüksek maliyetli bir güç kaynağı olduğu gerçeği sık sık gözden kaçırılır. Basınçlı havanın maliyeti elektrik fiyatlarından 7-10 misli daha fazla olduğundan basınçlı hava pahalı bir güç kaynağıdır. Bu nedenle basınçlı havanın ekonomik olarak tatminkar olduğu durumlarda kullanılması gereklidir. İyi bir bakım yapılması ve atıkların değerlendirilmesi son derece önemlidir.

Endüstride basınçlı hava akımının, her zaman gerçek sıkıştırma şartlarını belirtme gereğinden kaçırılmak için, gerçek sıkıştırma şartlarındaki akış yerine “ Serbest Hava Akımı” olarak adlandırılan atmosferik basınçta hava akımı olarak ifade edilmesi genel

bir uygulamadır. Bu da maliyetin bir miktar gözardı edilmesine yol açmaktadır. Basıncılı hava kullanımının bazı avantajları şunlardır.

- a) Pnömatik enerjinin kaynağı olan hava atmosferde bol miktarda bulunur.
- b) Basıncılı hava uzak mesafelere taşınabilir.
- c) Ateş alma tehlikesi olmadığı için sıcak ortamlarda emniyetle kullanılabilir.
- d) Hava temiz olduğu için çevreyi kirletmez.
- e) Devre elemanları basit ve ucuzdur.
- f) Aşırı yüklenmelere karşı emniyetlidir.
- g) Yüksek hız elde edilmektedir.
- h) Hız ve üretilen kuvvet değişik değerlere ayarlanabilir

3.1.3.1 Hava kompresörleri

Hava kompresör tipleri çalışma prensibi bakımından yer değiştirmeli ve dinamik olmak üzere iki ana gruba ayrılır.

a) Yer değiştirmeli kompresörler

Bu tip kompresörler silindir içine belli bir zaman aralığında havanın belli bir miktarını alır. Silindir hava miktarını azaltarak onu sıkıştırır. Daha sonra yüksek basınçtaki sıkıştırılmış hava deşarj olur. Bunlar kendi aralarında dört ayrı gruba ayrılır.

Pistonlu Kompresörler

Tarihsel olarak endüstride en yaygın biçimde kullanılan bu tipler diğer tiplerine göre daha fazla model ve boyutlara sahiptir. Bu tip kompresörlerin güçleri 1 KW' tan daha küçük olabildiği gibi 9000 KW' nın üzerinde olacak şekilde değişir. Basınç değerleri de 390 bar ve daha yüksek değerlere çıkabilir. Bu tip kompresörler çoğu uygulamalar için mevcut kompresörlerin en verimli olanlarıdır. Bu tip kompresörlerde kompresör çıkış değerlerinin işletme talep değerlerine uygunluğu kontrol sistemleri ile hemen hemen tam olarak sağlanabilir.

Daha küçük pistonlu kompresörler nispeten daha yüksek hızlarda çalışır (1000 dev/dak ve daha büyük değerlerde). Pistonlu kompresörlerin küçük tipleri çoğu kanatlı silindirler ve ara soğutucularıyla birlikte hava soğutmalıdır. Bunlar çoğunlukla kanatlar üzerindeki soğutma havasını çekmek için volan içinde yer alan bir fana sahiptir.

Rotary Kompresörler

Bunlar çok küçük titreşim hareketlerine sahiptir. Bunun bir sonucu olarak bu tip kompresörler sessiz çalışırlar. Bu özellikleriyle pistonlu kompresörlerle karşılaştırılabilirler. Bununla birlikte 93 kW ve daha büyük güçlere sahip rotary kompresörler pistonlu kompresörlere göre (m^3/dak) başına %6 ile %20 arasında değişen oranlarda daha fazla güç harcarlar.

Vidalı Kompresörler

Bu kompresörler karmaşık kontrol ve ikaz sistemleriyle birlikte çalıştırıldıklarında fazla bakım gerektirmeden uzun süre çalıştırılabilir. Bunlar ıslak ve kuru vidalı olmak üzere iki tipe ayrılırlar. Vidalı kompresörlerin ıslak tipleri endüstriyel uygulamalar için daha elverişlidir. Daha az yatırım maliyeti, düzgün hava dağıtımı ve daha küçük alan ihtiyaçları gibi avantajları vardır.

Diyaframlı Kompresörler

Bunlar tek kademeli küçük kompresörlerdir. Esnek diyaframları sayesinde havayı 7 bar'a kadar sıkıştırabilirler [8].

b) Dinamik Kompresörler

Dinamik kompresörler havayı devamlı olarak içeri çeker ve ona yüksek bir kinetik enerji vererek havanın akış hızını artırır. Dağıtım sistemindeki havanın hızı düşmeye başladığında kinetik enerji kısmen basınç enerjisine dönüştürülür. Kinetik enerjinin geri kalan kısmı ısı enerjisine dönüşür ve bu tip kompresörler için soğutma gereklidir.

3.1.3.2 Kompresör kontrol sistemleri

Bir fabrikada kullanılan basınçlı havanın miktarı gün boyunca sabit değildir. Bu nedenle kompresörler için arz ve talep dengesini sağlamak üzere bir kontrol sistemine ihtiyaç vardır. Kontrol sistemleri sayesinde verimliliği arttırmak mümkündür.

Pek çok kompresör zamanın önemli bir kısmında tam yükten daha az bir yükte çalışırlar. Zamanın belirli bir süresi için kısmen veya tamamen yüksüz halde çalıştırılan bir kompresör düşük güç faktörü nedeniyle tam yükte tüketmiş olduğu gücün %75'ini tüketebilir. Bu nedenle verimliliği azalır.

En yaygın metodu ya modulating (ayarlama) ya da yükten kesme metodudur. Yükten kesme metoduna göre kompresörün stop etmesi yerine boşta veya yükte çalışması sağlanır. Bununla birlikte eğer kompresör yüksüz halde daha önce ayarlanmış zaman süresinden daha uzun bir süre çalışıyorsa otomatik kontrol kompresörü durdurur. Böylece hem enerji tasarrufu sağlanır, hem de kompresörlerin aşınması önlenmiş olur. Burada kompresör işletme ihtiyacına göre ayarlanan basınca kadar çalışır. Ayarlanan basınca ulaşıldığında makina stop eder. İşletme basıncı ayarlanan minimum basınca düşerse, makina otomatik olarak devreye girer. Kompresör imalatçalarına danışılarak kompresörlerin bir saate en fazla kaç defa start-stop yapabileceği sorulmalıdır.

Hava talebinde geniş dalgalanmaların olduğu yerlerdeki tesisatlar için bir tane büyük kompresör yerine birkaç tane daha küçük kompresör kullanımı daha ekonomiktir. Bu durumda hava ihtiyacına göre istenildiği kadar kompresör devreye girer veya çıkar. Güç tüketimi önemli ölçüde azalır [8].

3.1.3.3 Düşük basınç kullanımı

Genel olarak ekipmanların daha düşük basınçlarda çalıştırılabildiği yerlerde elektrik enerjisinden tasarruf elde etmek mümkündür.

Bir tek uygulama için daha yüksek basınçlara ihtiyaç duyulursa, sistemi daha düşük hava basıncında işletmek için, yüksek basınca ihtiyaç gösteren hava tüketim

ekipmanımı düşük güçte çalışabilen bir ekipmanla değiştirmek genellikle daha ekonomiktir. Eğer gerekli değişiklik yapılamıyorsa bu ekipman için küçük ve basıncını yüksek bir kompresör tesis etmek daha elverişlidir.

3.1.3.4 Hava dağıtımı

Basınç kaybını azaltmak için genel olarak ring şeklindeki ana hat yoluyla yapılan dağıtım bir endüstriyel tesis içindeki kullanım noktasına basınçlı hava temin etmenin en etkin metodudur. Bu metodun ana avantajı basınçlı hava herhangi bir kullanım noktasında birbirine iki yönden yaklaşacağı için kullanım noktasındaki hızın azaltılmasını sağlamasıdır.

Pnömatik sistemde basınçlı havayı tüketim yerine ileten ana borular çelikten, havanın elemanlara dağıtılması için kullanılan borularda kauçuk, plastik ve bakırdan yapılır. Boru malzemesinin seçimine etki eden faktörler çalışma şartları, çevre sıcaklığı, toz ve rutubet durumu ile korozyona neden olan buharlardır. Bu faktörler gözönüne alınarak en uygun malzemenin seçilmesi gerekir.

Basınçlı havayı taşıyan boruların uzunluğu arttıkça sızıntılar ve basınç düşmeleri artar. Bu nedenle boru boyları gereksiz yere uzun tutulmamalıdır.

3.1.3.5 Hava tankları

Basınçlı havanın soğutulması ve dağıtım sistemine giden havadan bazı istenmeyen su ve yağ zerrelere gibi maddelerin drenajla atılmasına yaradığı gibi aşağıdaki iki fonksiyonu da yerine getirir.

- a) Bazı uygulamalar için pistonlu kompresörler tarafından üretilen basınç pulslarının mümkün olduğu kadar en aza indirilmesi önemlidir. Böylece tank pulsların önlemek üzere puls damperi olarak hareket eder.
- b) Tank ayrıca daha küçük bir kompresörden karşılanmış olan basınçlı hava için aralıklarla meydana gelen yüksek talepleri karşılamak amacıyla bir güç depolama tankı olarak da görev yapar.

Tank boyutu kompresör çıktısına bağlı olarak tasarımlanır. Daha açık olarak talepteki dalgalanmalara ve tüketilen basınçlı havanın ortalama miktarına bağlıdır. Eğer tüketim kararlı halde ise tankın boyutu tekdüze bir basıncı devam ettirmek ve pulsaları bertaraf edecek şekilde kompresörün çıktısına oransal olarak bağlı olmayacaktır. Tüketim değişken ise veya belli aralıklarla talepte dalgalanmalar meydana geliyorsa bu durumda tank basıncının hızlı dalgalanmalarını önlemek üzere tankın depolama kapasitesi kompresör çıktısına oransal olarak bağlı olacaktır.

3.1.3.6 Boru dizaynı ve yerleştirilmesi

Boru sisteminin dizaynı ve yerleştirilmesi dikkatli olmayı gerektirir. Soğutmanın ideal olarak yapıldığı durumlarda tüm yağ ve suyun ayrıştırılması işlemi basınçlı hava tankı terketmeden önce halledilmiş olmalıdır. Fakat bu durumun halli pahalı kurutucular yerleştirilmedikçe pek mümkün değildir. Basınçlı hava dağıtım boruları ilave bir soğutma yüzeyi olarak davranır. Bu durumda su ve yağ damlacıkları boru sisteminin uzunluğu boyunca ayrışacaktır. Drenaja yardım etmesi bakımından boruya akış yönünde %1' lik eğim verilmelidir.

3.1.3.7 Hava filtreleri

Aşınma sonucu borulardan dökülen parçalar su ve kompresör yağı ile birleşerek aşındırıcı bir bileşik yaparlar. Bunları sistemden uzaklaştırmak için genellikle pnömatik aletlere yakın yerlere filtreler yerleştirilerek basınçlı hava süzülür. Filtreler çok kısa zamanda tıkanarak aşırı basınç düşmelerine ve enerji kaybına neden olur. Bunun önlenmesi için filtreler ya sık sık temizlenmeli ya da değiştirilmelidir [8].

3.1.3.8 Hava kurutucuları

Son soğutucu hava içindeki toplam nemin % 65 veya % 75 ' ini uzaklaştırabilir. Bu nedenle basınçlı hava kalitesinin yüksek olması istendiğinde basınçlı hava sisteminde bir kurutucuya ihtiyaç duyulur. Kurutucular sayesinde yoğuşma problemleri tamamen halledilerek sistemin ömrü ve verimliliği artırılmış olur. Basınçlı hava kurutucularının esas olarak iki ayrı tipi vardır, soğutmalı ve adsorpsiyon kurutucular.

Soğutmalı kurutucular ısı transferiyle soğutma prensibi esasına göre kurutma yapar. Hava tankından çıkan sıcak basınçlı havayı daha düşük sıcaklıklara indirmek için sıvı freon kullanılır. Bu olay basınçlı hava içerisindeki su buharının yoğunlaşmasına neden olur. Yoğunlaşan suyun drenaja atılması gerekir. Suyu alınan basınçlı hava tekrar ısıtılır ve hava hattı içerisine geçer.

Adsorbsiyon kurutucular, içleri aktif alümina denilen malzemelerle doldurulmuş iki kuleden ibarettir. Aktif alümina malzeme emici özelliğe sahip olduğundan hava içerisindeki nemi emerek havayı kurutur.

3.1.3.9 Hava kaçakları

Basınçlı hava sistemindeki kaçakların önlenmesi enerji tasarrufu için önemli bir fırsattır. Kaçaklar çoğunlukta emniyet valfleri, boru ve hortum bağlantı yerleri, kesici valfler, yol verme kaplinleri ve pnömatik aletlerde meydana gelir. Pek çok durumda kaçaklar, uygun olmayan tesisattan ziyade yetersiz bakımdan kaynaklanır. Eğer kaçaklardan dolayı meydana gelen güç israfının yeterince bilincinde olunabilse sızdırmazlıkla ilgili kaçaklar enerji tasarrufu olarak kolaylıkla geri kazanılabilir. Tablo 3.1 normal çalışma basıncının 6 bar olduğu durumda değişik boyutlardaki deliklerin yol açtığı kaçaklar tarafından israf edilen güç değerlerini yaklaşık olarak vermektedir.

Tablo 3.1 Hava Kaçakları Tarafından İsrar Edilen Güç

Delik Çapı	Hava Kaçağı (6 bar basınçta)	Sıkıştırmak İçin Gerekli Güç
1	1	0,3
3	10	3,1
5	27	8,3
10	105	33,0

Pistonlu kompresörlerde kaçakları tespit etmek için hava ile çalıştırılan tüm ekipmanlar durdurulur ve sistem tam hat basıncına ulaşınca kadar kompresör çalıştırılır. Kompresör yüksüz hale geçince saat not edilir. Hava kaçakları nedeniyle sistem basıncı düşecektir. Kompresör tekrar tam yükte çalışmaya başlayınca tekrar saat not edilir. Aradaki zaman farkından süre tespit edilir. Kompresörün yüklü ve yüksüz haldeki

çalışma süreleri en azından 4 defa kaydedilmelidir. Daha sonra aşağıdaki formül yardımıyla kaçak miktarı bulunur.

$$L = Q \times T / (T+t)$$

Tyük = Yükte çalışma süresi(sn)

Tyüksüz = Yüksüz çalışma süresi(sn)

Qkomp = Kompresör kapasitesi(lt/sn)

Ltk = Toplam kaçak miktarı(lt/sn)

L/3 kW = İsrar edilen güç

Hava kaçakları ile ilgili değişik bir örnek aşağıda verilmiştir. Delik çaplarına ve delik sayılarına bağlı olarak Tablo 3.2 ve Tablo 3.3' den toplam kaçak miktarı 563,3 (lt/sn) olarak bulunur.

Tablo 3.2 Değişik Basınçlarda Her Bir Delikten Meydana Gelen Hava Kaçağı

Alet Basıncı (bar)	Değişik Çaptaki Deliklerden Meydana Gelen Hava Kaçakları						
	0,5 mm	1 mm	2 mm	3 mm	5 mm	10 mm	12,5 mm
0,5	0,06	0,22	0,92	2,1	5,7	22,8	35,5
1,0	0,08	0,33	1,33	3,0	8,4	33,6	52,5
2,5	0,14	0,58	2,33	5,5	14,6	58,6	91,4
5,0	0,25	0,97	3,92	8,8	24,4	97,5	152,0
7,0	0,33	1,31	5,19	11,6	32,5	129,0	202,0

Tablo 3.3 Kaçaklar Nedeniyle Oluşan Toplam Hava Sarfiyatı

Delik Çapı	Delik Sayısı	7 Bar Basıncıta Delik Başına Hava Kaçağı	Hava Kaçakları (Lt/Sn)
0,5 mm	10	x 0,33	3,30
1,0 mm	25	x 1,31	32,75
2,0 mm	22	x 5,19	114,18
3,0 mm	16	x 11,60	185,60
5,0 mm	7	x 32,5	327,50
10,0 mm	0	x 129	0,00
12,5 mm	0	x 202	0,00
toplam			563,33

Kompresörün 100 (lt/sn) başına güç tüketimi 28 kW olduğu ve basınçlı hava sisteminin yılda 2000 saat çalıştırıldığı kabul edilerek,

Enerji kaybı = $563,3 \text{ (lt/sn)} \times 0,28 \text{ kW/ (lt/sn)} \times 2000 \text{ (saat/yıl)} = 315464 \text{ kWh/yıl}$ olarak bulunur. Basit bir iş olan sızdırmazlığın sağlanmasıyla hava kaçakları nedeniyle israf edilen enerji kolayca geri kazanılabilir [8].

3.1.3.10 Hava kaçaklarının yerinin tespiti

Hava kaçaklarının yerinin tespitinde 4 ayrı metod kullanılır.

a) Branşman Yalıtımı

Hava kaçağı olup olmadığının tespiti için basınçlı hava dağıtım (hatları) branşmanları teker teker incelemeye alınmalıdır. Bu inceleme sırasında, incelemeye alınan branşmanda hava kullanan herhangi bir tüketim elemanlarının olmadığına, tüm elemanların kapalı durumda olduğuna dikkat edilmeli, eğer varsa kapalı olması sağlanmalıdır. Bir basınç ölçer branşman üzerinde bir drenaj noktası, vana veya kullanıcı nokta gibi uygun bir yere bağlanarak branşman basıncı ölçülür. Bundan sonra branşman ana hava dağıtım hattından vana vb. arttırıcı sistemleri kullanılmak suretiyle ayrılır. Basınç ölçer branşmanda herhangi bir hava kaçağı olup olmadığını basınç düşmesi şeklinde ortaya koyar. Eğer basınç çok hızlı bir şekilde düşme gösteriyorsa bu kaçağın mevcut olduğunu gösterir.

b) Sabun Köpüğünün Kullanılması

Sabun köpüğü bağlantı yerlerine ve valflere uygulanır. Bu işlem küçük miktardaki kaçakların tespiti için uygundur. Bununla birlikte büyük kaçaklar için bağlantı yerleri elle kontrol edilerek veya hava kaçaklarının neden olduğu sesin dinlenmesi suretiyle bulunabilir.

c) Parfüm Kullanılması

Kuvvetli kokan bir parfüm kompresörün hava girişine yerleştirilir. Parfüm karakteristik bir yapıya sahip olduğundan hava kaçağının olduğu yerlerdeki hava sisteminin

etrafındaki noktalarda kolaylıkla farkedilir. Kullanılan parfüm toksik ve aşındırıcı olmamalıdır.

d) Ultrasonik Dedektör Kullanılması

Ultrasonik dedektör hafifçe daha az güvenilir olmakla birlikte oldukça hızlı test etme olanağına sahiptir. Dedektör küçük bir delikten sızan hava tarafından neden olunan ses dalgalarını toplar. Bu ses dalgaları yükseltilerek duyulabilir ses haline dönüştürülür. Alet 0,25 mm-2,5 mm çapındaki deliklerden sızan havayı 1 ila 3 m.'lik mesafelerden tespit edebilir [8].

3.1.3.11 Atık ısı geri kazanımı

Kompresör tarafından kullanılan enerjinin % 94' ü ısı enerjisine dönüştürülür. Buna göre enerji tasarrufu potansiyelinin en yüksek olduğu kısımlar ara ve son soğutucu kısımlarıdır. Son soğutucu tarafından alınan ısı, sıkıştırma verimliliğini iyileştirir. Bu nedenle kompresörlerde soğutma gereklidir.

Çeşitli soğutucular (ısı eşanjörleri) tarafından yağ, proses ısıtması ve havadan çekilen ısı alan ısıtması, kazan besleme suyu ön ısıtması, proses ısıtması ve diğer amaçlar için kullanılabilir.

3.1.3.12 Giriş havasının enerji tasarrufuna katkısı

Prensip olarak soğuk, temiz ve kuru hava girişi daha verimli bir sıkıştırma sağlar. Bu nedenle binanın kuzey yönünde ve yağmurdan korunmuş bir hava girişi tercih edilmelidir. Hava girişi ile kompresör arasındaki boru bağlantısının kısa, düz ve çapının büyük olması basınç düşmelerinin minimuma inmesine katkı sağlar. Hava girişine yerleştirilen hava filtreleri ile hava içerisinde bulunan toz ve pislikler tutularak kompresöre daha temiz hava girişi sağlanır. Hava filtrelerinin temizliği sık sık yapılmalıdır. Eğer filtreler aşınmışsa değiştirilmelidir. Aksi halde filtreler tıkanarak basınç düşmelerine neden olurlar. Girişteki her 25 mbar'lık basınç kaybı kompresör

performansını % 2' lik azaltır. Giriş sıcaklığındaki her 5 °C' lik düşme enerji tüketiminde %2' lik bir azalmaya neden olur.

Basınçlı hava kullanımında alınabilecek enerji tasarrufu önlemleri aşağıda verilmiştir.

- a) Kompresörler doğru tip ve boyutta seçilmelidir.
- b) Kompresöre soğuk, temiz ve kuru hava girişi sağlanmalıdır.
- c) Basınçlı hava ekipmanlarının düzenli olarak bakımı yapılmalıdır.
- d) Hava tank boyutları doğru seçilmelidir.
- e) Sistem verimliliğini sağlamak için gerekli enstrümanlar sağlanmalıdır.
- f) Hava kaçakları giderilmelidir.
- g) Mümkün olan en düşük basınçta çalışılmalıdır.
- h) Eğer ekonomik ise sıkıştırma ısısı geri kazanılmalıdır.
- i) Ekipmanlar uygun şekilde yağlanmalıdır [8].

3.1.4 Elektrik ve sistemleri

Enerji ihtiyacının karşılanmasında elektrik enerjisi önemli bir role sahiptir. Geçen yüzyılın sonunda elektriğin ortaya çıkmasından beri, endüstriyel gelişme ile elektrikleştirme baş başa gitmektedir. Dünyada elektrik tüketimi, fosil yakıtların tüketimine göre çok daha az kararlı bir şekilde gelişmektedir.

Son kırk yıl boyunca, dünyada genel enerji tüketiminin dört katına çıkmasına karşın elektrik tüketimi on katına yükselmiştir. Türkiye' de ise bu dönemde, genelde enerji tüketiminde artış 7 kat, elektrikte 57 kat olmuştur.

Elektrik enerjisinin üretimi çok değişik kaynaklardan sağlanabilir. Nitekim su, kömür, petrol ve atomdan elektrik üretildiği gibi kentlerin çöplerinden de bu amaçla yararlanılmaktadır. Elektriğin ikinci önemli bir özelliği temiz bir enerji olmasıdır. Fabrikada, büroda veya evde elektrik tüketicisi kirlenme ile karşılaşmamaktadır.

Elektriğin üçüncü önemli özelliği ise, dağıtım kontrol, ölçüm ve kullanma kolaylığıdır. Elektrik enerjisi buhar, basınçlı hava gibi diğer enerji taşıyıcılarına göre daha kolay

ölçülebilir. Bu nedenden dolayı kullanılan enerjinin hangi bölümünde ne kadar kullanıldığı ve maliyeti kolay hesaplanabilir. Diğer enerji türlerinde bunun sağlanması o kadar kolay değildir.

Elektrik enerjisi fabrikalarda prosese bağlı olarak toplam enerji tüketiminin % 10-25' i arasında yer tutar. Ancak birim fiyatının yüksekliği nedeniyle toplam enerji maliyetinin %50' ye yakını, bazı hallerde çok daha fazlası elektrik enerjisi için ödenir. Bu nedenle yapılacak enerji tüketim planlamalarında elektrik enerjisinin tüketim payı düşük de olsa bu konunun gözönüne alınması gereklidir [8].

3.1.4.1 Satınalınan elektrik

Elektrik enerjisini izleme çalışmalarına başlamak için önce, satınalınan elektrik enerjisinin kullanım miktarı ve maliyetinin bilinmesi gerekir. Bunun için en son 12 ayın faturaları incelenmeli ve kullanım miktarı, maliyeti ve talep gücü bir tablo haline getirilmelidir. Bu tablo bize değerleri karşılaştırma imkanı sağlayacaktır. Satınalınan elektriğin maliyetinin kontrolünde, sadece elektrik tüketiminin izlenmesi yeterli değildir. Çünkü maliyeti etkileyen başka unsurlar da vardır. Bunlar aşağıda yer almaktadır.

- a) Maksimum talep fiyatı
- b) Birim fiyatı
- c) Reaktif Birim fiyatı
- d) Maksimum talebi aşma fiyatı

Tesiste tüketilen elektrik enerjisinin hangi tarifeden alınması gerektiği tespit edilirken yukarıdaki maddelere ilave olarak, tesisin sürekli çalışıp çalışmadığı da gözönüne alınmalıdır. Sanayi kuruluşları kendi işletme şartlarına uygun tarifeleri seçerek ihtiyaçları olan elektrik enerjisini daha ucuza temin etmelidirler. Bunun için tüm işletmeler tarife analizi yapmalıdır. Tarife analizinin yapılabilmesi için tesisin günlük mali olarak enerji tüketim profilinin çıkarılması gerekmektedir.

3.1.4.2 Sanayi tesislerinde güç faktörünün düzeltilmesi

Mevcut faydalı gücün maksimumu faydalı güce oranına Güç Faktörü adı verilir. Bu faktör faz açısının kosinüs değerine eşittir.

Geri güç faktörü, reaktif yüke doğru reaktif güç geçmesinden dolayı oluşur. Güç faktörünü iyileştirmek için elektrik şebekesinden ayrı bir kaynaktan reaktif güç akışı sağlanmalıdır.

Güç faktörünün iyileştirilmesi ile elektrik enerjisini tüketen işletmenin çektiği güç artmakta, transformatör ve kablolardaki reaktif güç azalmakta ve boşta kalan kapasiteden faydalanılmaktadır ki bu da tesislerin ömrünü uzatmaktadır. Ayrıca yeni ilave tesis yapılacak ise daha ince kesitli kablo, daha düşük küçük güçlü transformatör kullanımı olanakları elde edilmektedir [8].

Tüketicilerin şebekeden çektikleri redüktif gücün kapasitif güç ile dengelenmesine kompanzasyon denir. Kompanzasyonu sağlayacak faz kaydırıcılar ikiye ayrılır.

- a) Dinamik faz kaydırıcılar (senikron motorlar)
- b) Statik faz kaydırıcılar (kondansatörler)

Nakil hatlarının tüketim merkezlerine bağlandığı yerlerde devreye bir senkron makina bağlanır. Bu makina bir dinamik faz kaydırıcısıdır ve şebekeden çektiği az miktarda aktif gücü reaktif güce çevirerek çalışılır.

Kompanzasyon tesislerinde dikkat edilecek unsurlar şunlardır:

- a) Kompanzasyon tesislerinin otomatik ayar kademeli yapılmaması durumunda kompanzasyonun şebeke bireysel tüketim noktalarına konulmasına özen gösterilmelidir.
- b) Gerek bireysel gerekse merkezi kompanzasyon tesislerinde elektrik kesilmesi halinde bu kompanzasyonun şebeke ile ilişkisini kesecek şekilde gerekli önlem alınmalıdır.

- c) Kompanzasyon tesisi, güç faktörü sınırları (0,85-1) içine alacak şekilde yapılmalıdır. Aşırı kompanzasyon tesiste gerilim yükselmesine neden olacağı unutulmamalıdır.
- d) Kondansatörler devreden çıkarken büyük arklar meydana getirirler. Bu yüzden açma anahtarları çok hızlı olmalıdır.
- e) Açma sırasındaki arkların kontakları yakmaması için anahtarlar kondansatör akımının 1,25-1,8 katına göre seçilmelidir.
- f) Başlangıçtaki darbe akımları gözönüne alınarak kondansatör tesislerinde kullanılan iletkenlerin kesitleri belirli bir akım şiddeti için normal tesislerdeki kesitlerden daha büyük seçilmelidir.
- g) Kondansatör tesislerinde yüksek harmoniklerin etkisi gözönüne alınarak sigorta bu nedenlerden dolayı gecikmeli tip sigortalar tercih edilmelidir.

3.1.4.3 Talep ve tüketim yönetimi

Yük (talep) faktörü işletmenin pik talepte ne kadar azalma yapılabileceğini belirten göstergedir. Elektrik enerjisi üreticisi, çift terimli tarifeden enerji tüketim anlaşması yaptığı tüketiciye maksimum talep durumuna göre enerji satmaktadır. Bu değer aşıldığı zaman her kW başına ek bir ücret almaktadır. Bunu da tesise bağladığı demandmetre yardımıyla sağlanmaktadır [8].

İyi bir yük yönetimi için, bir mikroişlemcili yük kontrol sistemine ihtiyaç vardır. Bu sistemin amacı maksimum talebin aşılabileceği durumlarda işletmede o anda acil ihtiyacı olmayan (kompresör, havalandırma, ısıtma, öğütme, su pompalama vb.) yükleri devre dışı bırakarak anlaşma değerinin aşılmasını sağlamaktır. İyi bir yük yönetiminin yapılıp yapılmadığını kontrol etmek için aşağıdaki formülün sonucunda çıkan neticeye bakılır. Bu sonuç 1' e ne kadar yakın olursa o kadar iyi bir yük yönetimi olduğu ortaya çıkar. Yük faktörü düşük ise yükü yayarak elektrik tasarrufu yapma potansiyeli mevcuttur.

$$YF = \text{Aylık tüketim} / (\text{maksimum Talep} \times \text{Çalışma saati})$$

Talep yönetimi elektrikli ekipman ve yüklerinin kontrolü ile toplam tüketim (kwh) ve maksimum talebi (kw) azaltılarak faturalarda tasarruf sağlanır. Elektrik tüketimini azaltmakla kullanılan cihazlar çok çeşitlidir, basit zaman röleleri, fotoseller, tam otomatik mikro işlemcili cihazlar gibi.

Talep kontrolünün mümkün olup olmadığını anlamak için yapılacak iş maksimum talebin ne zaman olduğunu belirlemektir. Maksimum talebin olduğu zaman dilimi belirlenmelidir. Yük eğrisi veya talep profili analiz edilerek talep yönetimi potansiyeli belirlenebilir. Oluşturulacak yük eğrilerinde Tablo 3.4’ de yeralan bilgiler bulunmalıdır.

Tablo 3.4 Yük Eğrisinde Bulunması Gerekli Bilgiler

Yük eğrisi	Zaman Periyodu	Veri Kaynağı
Aylık maksimum talep	Son iki-üç yıl	Elektrik faturaları
Günlük maksimum talep	Bir fatura dönemi	Sayaç
Saatlik maksimum talep	Maksimum 1 gün ve tipik 1 gün	Kaydedicili ampermetre Ve Kw metre

3.1.4.4 Elektrik motorlarında enerji tasarrufu

Elektrik motorları, elektriksel gücün mekanik güce çevrilmesi amacı ile en yaygın olarak kullanılan makinalardır. Sanayide kullanılan elektrik enerjisinin yarısından fazlasının elektrik motorları tarafından tüketilmesi ayrı bir önem taşır. Bu nedenle motor seçimi çalıştırılması ve bakımı özel dikkat gerektirir.

Motorun etiketindeki sınırlamalara göre çalıştırılmasına dikkat edilmelidir. Motor üzerine bir etiket konmasının birinci amacı, tasarım değerlerine uygun olarak çalıştırılacak motor hakkında kullanıcıya yeterli bilgiyi vermektir. Genel olarak tanınmış motor imalatçılarının kullandığı değer, standart endüstriyel uygulamaya ve güvenlik standartlarına dayanır.

Motor ömrünü kısaltan ve güvenlik problemleri yaratan bir duruma yol açmamak için aşağıdaki konulara uyulmalıdır.

- a) Motorlar etiketteki gerilimin + %10' undan daha farklı bir gerilimde çalıştırılmamalıdır. Yüksek gerilimler motor sıcaklığını, hızlı ve titreşimi olumsuz yönde etkiler ve gerilime duyarlı motor kontrol rölelerini etkileyebilir.
- b) Motorlar etiketinde belirtilenden başka nominal frekanslarda çalıştırılmamalıdır.
- c) Motorlar etikette yazılı olan değerlerden daha fazla olarak yüklenmemelidir.
- d) Sıcaklık artışı etikette belirtilen değeri aşmamalıdır [8].

Bir elektrik motorunun görevi, faydalı bir iş yapmak üzere çeşitli makinalara tahrik enerjisi sağlamaktır. Elektrik motoruyla tahrik edilen donanım hava kompresörleri, pompalar, soğutma donanımı ve vantilatörler olabilir. Tahrik enerjisi için elektrik motorlarına bağımlı başka tip birçok donanım vardır. Çoğu donanımın çalışması, elektrik motorlarının uygun çalışmasına bağımlı olduğundan, güvenli ve verimli çalışma sağlayacak biçimde çalıştırılmaları ve bakımlarının yapılması esastır.

Motorların verimini arttırmak için aşağıdaki konulara dikkat edilmelidir.

- a) Çalışma sırasında manyetik devrede dolaşan akım yoğunluğu ne kadar az olursa enerji kayıpları da en aza indirgenir. Bunu sağlamak için de manyetik devre sarımlarının kesit alanı olabildiğince geniş olmalıdır.
- b) Manyetik kayıpları azaltmak için hava aralıkları mümkün olduğunca az gerekli olanlar ise olabildiğince dar olmalıdır.
- c) Güç faktörünü olabildiğince yüksek tutabilmek için motor tam yük veya tam yüke yakın bir güç ile çalışmalıdır.
- d) Isı kayıpları en aza indirebilmek için iletkenler üzerinde yük mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır.
- e) Manyetik kontaktörler sık sık kontrol edilmelidir. Düşük voltaj bazen bu kontaktörlerin devre dışı kalmasına neden olur, bu da hem zaman, hem de enerji kaybına neden olur.
- f) Kompresöre yol veren motorlar %50 ve daha aşağı kapasite ile çalıştıkları takdirde daha küçük kompresör ve daha güçsüz motor ile değiştirilmelidirler.

Bir elektrik motorunun bir makineye uygulanmasını inceleyip alınan sonuçlara dayanan bakım ve yenileme çabaları ile büyük ölçüde enerji tasarrufu sağlanabilir.

Örneğin, sık sık çalıştırılıp durdurulan motorlar hem çok fazla enerji tüketir, hem motor ömrünü kısaltırlar, hem de fazla yük yaratıp ek ödemelere yol açabilirler. Ayrıca, işletme bir motora bağlı döner parçaları en aza indirmelidir, çünkü döner kısımları hızlandırmak için çok fazla enerjiye ihtiyaç vardır ve bu enerji de dönen kısmın kütlesi ile doğrudan orantılıdır, hızlandırılacak kütle azaldıkça, sarf edilen enerji aynı oranda azalır.

3.1.4.5 Statik yol vericiler (soft starter)

Güç dengeleyecisi olarak çalışan statik yol vericiler, standart üç fazlı AC indüksiyon motorlar için, düşük gerilimli motor kontrol cihazları ve starterleridir. Bu cihazlar;

- Elektrik enerjisi tüketiminde tasarruf sağlamakta,
- Motorun güç faktörünü yükseltmekte,
- Motora çalışma ısısını düşürmekte,
- Motorun beslendiği gerilimi gereken seviyede tutabilmekte,
- Faz kayıplarından motoru korumaktadır.

Düşük yükte çalışan motorlar tam yükte çalışıyorlarmış gibi, istenenden daha fazla güç tüketirler. Bu motor düşük yüklerde boşa enerji harcarlar. Bu nedenle soft starterler, güç tüketiminin yük koşullarıyla daha orantılı olmasını sağlayarak motorun koşullarını yüke elektronik olarak uydurur. Buna uygun olarak bir örnek Tablo 3.5' de verilmiştir.

Tablo 3.5 Çeşitli Donanımlarda Güç Dengeleyicisinin Kullanımı Sonucu Elde Edilen Tasarruf

DONANIM	NORMAL GÜÇ (KW)	GÜÇ DENGELİYİCİSİ İLE ELDE EDİLEN GÜÇ TÜKETİMİ	TASARRUF (YAKLAŞIK DEĞERLERİ)
Hava Kompresörü	1500	1275	% 15
Matkap	225	110	% 51
Torna	1370	690	% 49
Bileme Tezgahı	700	230	% 67
Zımba Presi	2810	890	% 68
Kayış	290	210	% 27
Tel Kesme Makinası	260	100	% 68
Dikiş Makinası	80	38	% 50
Freze Makinası	1240	860	% 31
Hidrolik ve Su Pompası	600	482	% 20
Mil Donanımı	480	400	% 17

Sorf starterler güç faktörünü kontrol eder ve saniyede 120 kez motorun gücünü ayarlar. Moment ya da dakikadaki devir sayısını azaltmadan istenen gücü uygular. Gerçek kW tüketimini azaltarak motorun güç faktörünü yükseltir [9].

3.1.4.6 Yumuşak yol verme

Yumuşak yol verme sistemi ile motorlara ayarlanabilir bir zaman dilimi içinde düzgün ve basamaksız ivme verilmesi sağlanır. Normal çalışma sırasındaki akımdan 6-8 kat fazla olan 'inrush' akımları yüksek devirli motorların zamanından önce bozulmasına neden olur. Soft starter 'inrush' akımını normal çalışma akımının 2-3 katına kadar düşürür. Böylece daha düşük çalışma sıcaklığı daha uzun ömür sağlanır. Ayrıca motorun ters yönde döneceği veya hızının değiştirileceği zamanlarda yumuşak yol verme uygulanır [8].

3.1.4.7 Elektrik tasarrufu için imkanlar

Hiç bir yatırım gerektirmeyen ancak bilinçli davranışlarla sağlanabilecek önemli enerji tasarrufu imkanı her fabrika için mevcuttur. Basit işletme tedbirleri olarak isimlendirilen aşağıdaki çalışmalar ile enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

- a) Aktif enerji yöntemini programı elektrik faturalarının takibi ile başlar. Faturaların izlenmesi ve düzenli olarak değerlerin tablolanması veya grafiklenmesi aşırı tüketimlerin hemen fark edilmesini sağlayacaktır.
- b) Kullanılmayan elektrikli cihazlar kapatılmalıdır. Bunlara örnek fanlar, lambalar, kompresörlerdir.
- c) Devamlı kullanılmayan elektrikli ekipmanın ihtiyaç olana kadar elektrikli bağlantıları iptal edilerek kontrol dışı atıl çalışması önlenmelidir.
- d) Elektrik sistemine ait bir bakım programı oluşturulmalıdır. Elektrikli cihazlar periyodik olarak bakıma alınmalıdır.
- e) Personelin enerji tasarrufunun bilinçlendirilmesi için bu enerji yöntemi programına başlanılmalıdır.

f) Çalışma ve faaliyetlerdeki pik talep değerini düşürmek için yeniden çalışma programı yapılmalıdır.

Basit işletme tedbirlerinin yanı sıra elektrik tüketen ekipmanların verimliler ile değiştirilmesi veya katkı sağlayacak ilave ekipmanla donatılması ve tüketimi daha iyi izlemek için ölçme kontrol cihazlarının ilavesi, elektrik enerjisinde tasarruf için ek imkanlar tanımaktadır.

Küçük yatırımlar denince fabrika içine süzme sayaçların takılması ve aydınlatılması daha verimli olan armatürlerin eski teknoloji ürünleriyle değiştirilmesi akla gelir.

Orta yatırımlar ise elektrik enerjisinin güç olarak kullanıldığı yerlerdeki yatırımlar akla gelir. Bunlara örnek, motorlarda kullanılan değişken hızlı sürücüler ve statik yol vericilerdir [8].

3.1.4.8 Elektrikli aydınlatma

Aydınlatma konusu ışığın üretimi, dağıtımı, ekonomisi ve ölçülmesi başlıkları altında incelenmektedir. Işığın kökenine göre doğal ve yapay aydınlatma, aydınlatılan yere göre iç ve dış aydınlatma amacı bakımından fizyolojik, dekoratif ve dikkati çeken aydınlatma olarak kendi içerisinde ayrılırlar. Işık elektromagnetik dalga (radyasyon) enerjisinin 380 ile 760 nm dalga uzunluklarında göze etki eden bir enerji şekli olup dalga veya foton şeklinde yayılır.

Diğer enerji türlerine göre elektrik enerjisinin maliyeti oldukça yüksektir. Bu nedenle elektriğin tüketiminde dikkatli olmak gerekir. Oransal olarak küçük bir tasarruf sağlarken, tasarrufun maliyeti enerji bütçesi içinde önemli bir pay alır. Son yıllarda ülkemizde kullanılan alanlara göre elektrik enerjisinin tüketiminde aydınlatmanın payı gittikçe yükselmektedir.

Ülkemizde tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık %20' sine yakın kısmı aydınlatmada kullanıldığı için aydınlatma konusunda yapılacak enerji tasarrufu ülke açısından büyük önem taşımaktadır. Bu tasarruf, aydınlatmanın gereklerini yerine getirerek yapılmalıdır [8].

Endüstri tesislerindeki aydınlatma yapılan işin cinsine, çalışılan alanın büyüklüğüne yerleşme düzenine ve tavan yüksekliğine göre farklılıklar gösterir. İstenilen aydınlatma düzeyine göre çözümler üretilir. Bu çözümler içinde en ekonomik olanı tercih edilmeli, yapılacak ekonomik analizde de sadece tesis masrafı değil, işletme ve bakım masrafları da gözönüne alınmalıdır.

Endüstri tesislerindeki kullanım amacına göre üç çeşit aydınlatma yapılmaktadır.

- a) Genel aydınlatma,
- b) Çalışma düzlemlerinde yoğunlaştırılmış lokalize aydınlatma,
- c) Özel (lokal) aydınlatma.

Genel aydınlatmada döşemeden yaklaşık 0.85 m yükseklikteki çalışma düzlemindeki hacmin özelliklerine göre belli bir düzgünlük oranının sağlanması istenilir. Çalışma düzlemindeki minimum aydınlık düzeyinin düzlemdeki ortalama aydınlık düzeyine oranı 0.8'den büyük olduğunda düzgünlük yeterlidir denir. Montaj yüksekliği tavan yapısı ile sınırlı olduğundan düzgünlüğün iyileştirilmesi için armatürler arası açıklığın değiştirilmesi gerekir. Direkt aydınlatma sağlayan reflektörlü floresan lambalı aydınlatma düzeninde aynı sıra üzerinde birbirini takip eden armatürlerin orta noktaları arasındaki mesafe montaj yüksekliğini (çalışma düzlemi ile armatür arasındaki mesafe) 2\3' ünü yan yana armatür sıraları arasındaki uzaklıkta montaj yüksekliğinin 1.5 katını aşmadığında istenilen düzgünlük oranı sağlanmış olur [11].

Renk sıcaklığı ve renk ayırımı ışık kaynağının renk özelliği olarak adlandırılır. Değişik renk özellikli ışık kaynakları ile sıcak ve huzurlu ortam yaratıldığı gibi uyarıcı çalışmaya teşvik edici ortamlarda hazırlanabilir. Işık kaynaklarının renk sıcaklıkları ve renk ayırım endeksleri birbirinden farklıdır.

Tablo 3.6 CIE' nin Renk Ayırım Endeksi Grupları

Ra Grup	Ra Bölgesi	Renk Görünümü	Uygulama Alanları Tercih Edilen	Kabul Edilen
1A	$Ra \geq 90$	sıcak orta sıcak soğuk	renk karşılaştırma klinik inceleme	
1 B	$90 > Ra \geq 80$	sıcak-orta orta-soğuk	ev otel lokanta dükkan ofis okul hastane baskı boya tekstil özel endüstri işleri	
2	$80 > Ra \geq 60$	sıcak orta sıcak	endüstriyel işleri	ofisler okullar
3	$60 > Ra \geq 40$		kaba işler	end. İşler
4	$40 > Ra \geq 20$			renk ayırımının az önemli olduğu end. İşler

Ra ışık kaynaklarının renk ayırım özellikleri Ra harfleri ile simgelenir maksimum değeri 100 olan bir sayı ile ifade edilir.

Değişik aydınlatma tesisatları için farklı tiplerde armatürler gerektiğinden piyasada binlerce çeşit aydınlatma armatürü mevcuttur. Armatürler genel olarak iç ve dış aydınlatma armatürleri olmak üzere ikiye ayrılırlar. Bunların kendi içlerinde çok değişik tipleri mevcuttur. Sabit doğrultulu ve yönlendirilebilen armatürle, tavana gömme askısız veya askısız tipler direk tipi ve askı tipi dış aydınlatma armatürleri projektörler, spotlar bunlara sadece birer örnektirler.

Değişik amaçlar için kullanılan armatürlerin istenilen işlevleri yerine getirebilmeleri için uygun şekilde tasarlanmaları gerekmektedir [11].

İşletmelerin elektrik tüketiminde aydınlatmanın payı genelde düşüktür. Buna karşın aydınlatmanın önemli olabileceği bazı sanayi dalları da bulunmaktadır. Aydınlatma yükünün çok az olduğu yerlerde bile enerjide önemli bir tasarruf sağlanabilir. Etkin bir enerji yöntemi programı yapılırken aydınlatma gözardı edilmemelidir.

Bir enerji tasarrufu çalışması yapılırken ilk yapılacak iş aydınlatılan bölümlerdeki aydınlatma seviyelerinin kontrol edilmesidir. Lüxmetre ile yapılan ölçümlerin sonucu Tablo 3.7' de verilen değerlerle karşılaştırılmalı ve sonucunda düşük veya yüksek seviyedeki aydınlatma alanlarının tesbit edilmesi gerekir. Enerji tasarrufu açısından özellikle fazla aydınlatılan bölgelerin tespiti önemlidir.

Tablo 3.7 Mekanların Aydınlatma Seviyeleri

VERİ	GENEL LÜX	ÖZEL LÜX
BÜROLAR		
mekanik ve mimari projeler	750	
kroki ve dekoratif çizimler	500	
muhasebe	500	
daktilo	500	
fiş dosya	100	
müdür odası	250	
bekleme odası	150	
konferans odası	200	
kantin	150	
BOYA FABRİKASI		
genel aydınlatma	150	
renk ayırımı	250	
DEPOLAR		
az kullanılan genel depo	25	
büyük parçalı öalzeme deposu	50	
küçük parçalı malzeme deposu	100	
çok küçük parçalı malzeme deposu	200	
KAYNAK		
genel aydınlatma	250	
hassas ark kaynağı	2500	
VERİ	GENEL LÜX	ÖZEL LÜX
MAKİNA ATÖLYESİ		
kaba işleme	400	
ince işleme ve parlatma	1000	
oto. Hassas makinalarla ince işleme	2500	
çok ince işleme		
OTOMOBİL FABRİKASI		
şasi montajı	400	
montaj bandı	750	
kontrol		

Piyasada çeşitli enerji verimliliği değerlerine sahip değişik türde aydınlatma kaynakları bulunmaktadır.

Evlerde aydınlatmada tasarruf için toplu floresan lambalar (kompakt) önerilebilir. Örneğin 75 watt'lık akkor flamanlı lambaya karşılık, 15 wattlık bir toplu floresan lamba kullanarak % 80 tasarruf sağlanabilir. Ülkemizde, bu lambalar, pahalı olması nedeniyle, gelişmiş ülkelere oranla yaygınlaşmamıştır.

Ofislerde en uygun aydınlatma floresan lambalarla yapılabilir. Ofislerde tüketilen toplam elektrik enerjisinin % 50'inden fazlası aydınlatmaya harcanmaktadır. 38 mm çaplı 20 W, 40 W ve 65 w'lık lambalar yerine, 26 mm çaplı sırasıyla 18W, 36 W ve 58

W' lık floresan lambalar kullanıma sunulmuştur. Ofislerde elektronik balanslı 58 W' lık floresan lambaların kullanıldığı verimli armatürlerle birlikte otomatik kontrol sistemlerinin de kullanılması ile % 75' lere ulaşan enerji tasarrufu sağlanır.

Endüstriyel aydınlatmada;

- a) Yüksek basınçlı civa buharlı lamba yerine, özel metal halide lamba kullanılırsa aynı aydınlık düzeyinde yaklaşık % 30,
- b) Yüksek basınçlı civa buharlı lamba yerine, özel yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba kullanılırsa, aynı aydınlık düzeyinde yaklaşık % 40,

Yol aydınlatmasında,

- a) Yüksek basınçlı civa buharlı lamba yerine özel yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba kullanılırsa, aynı aydınlık düzeyinde yaklaşık % 50,
- b) Yüksek basınçlı civa buharlı lamba yerine yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba kullanılırsa aynı aydınlık düzeyinde yaklaşık % 60,

Bahçe ve çevre aydınlatmasında,

- a) Yüksek basınçlı civa buharlı lamba yerine, alçak basınçlı sodyum buharlı lamba tercih edilirse, aynı aydınlık düzeyinde yaklaşık % 70, enerji tasarrufu elde edilebilir.

Bu tasarruf oranları gözönüne alındığında aydınlatma sisteminin yeniden değerlendirilmesinin bazı avantajlar sağlayacağı açıktır. Örneğin armatürde değişiklik yapılması düşünülüyorsa 1000 saat kullanılmış akkor flamanlı ampuller, kompakt floresan ampullerle değiştirilebilir. Armatürlerde de değişiklik yapılacak ise akkor flamanlı ampuller floresan ampuller ile değiştirilmelidir. Aydınlatmada da değişiklik yapılması planlanıyorsa, değişikliğin ve tasarrufun maliyetinin birlikte analiz edilmesi gereklidir.

Aydınlatma verimi (etkinlik faktörü) ışık akısı miktarının güce oranına denir. Lümen/Watt olarak gösterilir. Yeni bir şebeke tasarımında veya mevcut bir tesisatın

yenilenmesi gözönüne alındığında, renk ve ışık kalitesinin şebekenin ihtiyacını karşılayabilmesi için seçilen lambalar mümkün olduğu kadar yüksek verimli olmalıdır. Mevcut bir şebeke gözden geçirildiği zaman, daha verimli lambaları gözönüne almak için ilk adım, kullanılmakta olan lambaları tanımaktır.

Verimli lamba ve armatürler kullanılmasına karşın kontrol yapılmıyorsa büyük enerji kayıplarına neden olmaktadır. Çalışmalar göstermiştir ki, insanlar ışığa gerek duyduklarında düğmeyi açmakta ancak odayı terk ederken veya gün ışığı yeterli olduğunda ışığı kapatmamaktadır. Bir diğer gereksiz ışık kullanımının sonucu da, geniş alanların aydınlatılmasını kontrol eden az sayıdaki anahtar veya düzensiz yerleştirilmiş anahtarlardır.

Etkin denetlemeler aydınlatma maliyetlerini azaltmada etkili bir yoldur. Gelişmiş kontrolleri kurmadan önce önerilen bir yerleşim modeli oluşturup, kişi davranışlarını inceleyerek, kurulan ve seçilen sistemde maliyeti en çok düşürecek kontrol sistemi üzerinde çalışılmalıdır.

Verimli aydınlatmanın koşulları aşağıda verilmiştir.

- a) Yüksek verimli uygun ışık kaynağı,
- b) Işığı verimli şekilde kullanan armatürler,
- c) Armatürün düzenli bakımı,
- d) Uygun aydınlatma proje tasarımı,
- e) Gün ışığından maksimum düzeyde yararlanabilmek için uygun kontrol sistemlerinin kullanımı,
- f) Duvar, tavan ve dekorasyon malzemesinin mümkün olduğunca açık renkli seçilmesi,
- g) Aydınlığın ihtiyaca göre seçilmesi,
- h) Armatürlerin ışık dağılım eğrisine kumanda eden yansıtıcısıyla verimi % 10 ile % 15 arasında arttırılabilmektedir. Bu nedenle tüm kontrol için en verimli durum yansıtıcı kırıcı kombinasyonları ile sağlanması,
- i) Değişikliğin ekonomik olması.

Aydınlatma sistemlerinde enerji tasarrufu yapmak için, seviyesi ölçülmeli ve uygun standartlarda aydınlatma yapılmalıdır. Aydınlatma armatürlerinin değiştirilmesi planlanmış ise, verimli (etkinlik faktörü yüksek, Lümen Watt) aydınlatma kaynakları ile değiştirilmesinin maliyeti çıkartılmalı ve uzun ömürlü lambalar seçilmelidir. Büyük işyerlerinde otomatik kontrol uygulaması mutlaka incelenmelidir. Tozlanan armatür ışığın % 50' sini yayar, % 50' sini yutar. Bu nedenle armatürler periyodik olarak temizlenmelidir. Doğal gün ışığından olduğunca yararlanılmalıdır [11].

3.2 Isı Yalıtımı

Isı yalıtımı; sıcak ve soğuk boru hatlarına, ısı kaybı ya da ısı kazancı olan tesislere ve binalara uygulanabilen, çok fazla yatırım maliyeti gerektirmemekle birlikte, oldukça önemli miktarlarda enerji tasarrufu sağlayabilen ve sağladığı tasarruflarla kendisini kısa sayılabilen sürelerde geri ödeyebilen, enerji tasarrufu yöntemlerinden birisidir. Bu bölümde, ısı yalıtımının herbir uygulama alanı incelenerek, konu ile ilgili gerekli temel bilgiler verilecektir.

Esas itibari ile imalat sanayiindeki yalıtım uygulamalarının iki amacı vardır. Birincisi; borulardan, tanklardan, tesislerden, proses ekipmanlarından ve yapılardan olan istenmeyen ısı kayıplarının ya da bu sistemlere olan ısı kazançlarının azaltılması, ikincisi; çok yüksek yüzey sıcaklığı olan yerlerde çalışan personelin emniyetinin sağlanmasıdır.

Yalıtım uygulamalarının ekonomik faydaları uygulamadan uygulamaya değişmektedir. Yalıtım uygulamalarının ekonomik avantajı sadece yakıt ya da enerji tasarrufu ile sınırlı değildir. Aynı zamanda enerji üretiminde kullanılan ekipmanların kapasitelerindeki azalmaya paralel olarak, daha küçük boyutlarda alanlara ihtiyaç duyulacak ve yardımcı işletmelerin boyutlarındaki küçülmeden dolayı da, ilk yatırım sırasında ekonomik olarak bir kazanç sağlanmış olacaktır. Buna ilave olarak; yalıtım uygulamaları ile iletim-dağıtım sisteminin yatırımında ve yoğunlaşma kayıpları ve pompa sistemlerinin işletilmesi gibi iletim-dağıtım sistemi işletme maliyetlerinde de azalma sağlanmış olacaktır. Mevcut bir işletmede yapılan yalıtım uygulamaları bu avantajların tamamına sahip olmayabilir. Ancak; yalıtım uygulamaları, buralarda da kapasite

artırımları sebebiyle tesisin yükü arttığında, enerji üretim sistemlerinin ilave yatırım sistemlerinde tasarruf sağlayacağı gibi, daha az enerji tüketileceğinden mevcut duruma göre önemli miktarda yakıt tasarrufu sağlayacaktır [8].

3.2.1 Tesis yalıtımı

Tesis yalıtımı, boru ve bina yalıtımı dışındaki tüm yalıtım uygulamalarını kapsar. Tesis yalıtımı, düşük ve yüksek sıcaklık uygulamaları olmak üzere başlıca iki kısımda incelenebilir. Yüksek sıcaklık uygulamaları, refrakter malzemelerin kullanılması ile yapılan yalıtım uygulamalarıdır. Düşük sıcaklık uygulamalarında ise; boru yalıtımında kullanılan yalıtım malzemeleri kullanılabilir.

3.2.1.1 Kazan daireleri

Kazanların yalıtımı normal olarak imalatçı firmalar tarafından ya imalat yerinde ya da kazanların yerleştirileceği yerde, tesis aşamasında iken yapılmaktadır. Kazan yalıtımının iki asıl amacı vardır. Birincisi, ortama olan ısı kaybını azaltmak için kazan dış yüzeylerinin yalıtılması sonucu, sıcak akışkanın özelliklerinin istenilen seviyede tutulmasını sağlama ve yüzey kayıplarını düşürmek. İkincisi ise; yanma odası ve bacada çok yüksek sıcaklıklarda gazlarla temas eden yüzeylerin yalıtılarak korunmasıdır. Birinci amaca yönelik uygulamalarda cam yünü, kaya yünü gibi mineral esaslı yalıtım malzemeleri kazan gövdesinin dış yüzeyine kaplanır. Bu malzeme saç levhalarla kaplanarak korumaya alınır. Eski kazanların yalıtımları zamanla, kullanımdan dolayı yıpranmış olabilir. Bu sebeple, zaman zaman kontrol edilerek gerekiyorsa değiştirilmelidir. Değiştirme sırasında eski ile aynı kalınlıkta bir malzeme kullanılarak yenileme yerine, değiştirme zamanındaki enerji ve tesis maliyetleri esas alınarak, ekonomik bir değerlendirme yapılmalı ve ona göre uygulanacak yalıtım yeniden belirlenmelidir.

3.2.1.2 Tankların yalıtımı

Tankların yalıtımı genellikle kullanılacağı yere konulana kadar ihmal edilir. Bu durumda yalıtımı destekleyen elemanların yerleştirilmesi zorlaşır ve yalıtım olması

gereken seviyede yapılmayabilir. Bunun için sadece belirli bir kalınlıkta yalıtımın sığabileceği kadar değil, uygun şekilde kaplamanın ve gerektiğinde bakımlarının yapılabileceği kadar alanın bırakılması, bunun yanısıra destekleme elemanlarının sabitleştirilebilmesi için tankların yalıtımlarının tesisin planlanması ve inşaatı sırasında yapılması gerekir.

Tankların şekil ve boyutlarının çok farklı olması, yalıtımın ölçüm değerlerine dayalı olarak yapılmasını gerektirir.

Üzeri açık olan tanklar buharlaşma sebebiyle önemli miktarlarda ısı kaybına sebep olurlar. Yüzen izotopların kullanılması ile yapılan yalıtım sonucunda, bu ısı kayıplarını yarı yarıya indirmek mümkündür. Bu uygulama ile enerji tasarrufu sadece ısı kayıplarının azaltılması ile sınırlı kalmayacak, aynı zamanda tankın bulunduğu yerdeki ortam şartlarının iyileşmesi sonucunda da daha az havalandırma ya da hava şartlandırma gerekeceğinden bu amaçla daha az enerji harcanmış olacaktır.

3.2.1.3 Kanalların ve bacaların yalıtımı

Sıcak gazların geçtiği kanalların ve bacaların yalıtımının belli başlı iki sebebi vardır. Birincisi, dış yüzey sıcaklıklarının yüksek olması sebebiyle, civarda çalışan insanların iş güvenliğinin sağlanması, ikincisi; iç yüzey sıcaklıklarının gazların çiğlenme noktası sıcaklığının üzerinde tutulmasını sağlamaktır. Eğer iç yüzey sıcaklıkları gazların çiğlenme noktasının altına düşerse; yoğunlaşmadan dolayı korozyon riski doğar. Özellikle fuel-oil v.b gibi kükürt ihtiva eden yakıtların kullanıldığı tesislerde, bu konuya önem verilmediği takdirde, silik baca gazlarından dolayı korozyon problemlerinin ortaya çıkması kaçınılmaz bir sonuç olacaktır. Bu tesislerdeki problem sadece korozyonla sınırlı kalmayacak, aynı zamanda ortaya çıkan asit yağmurları başka problemleri de beraberinde getirecektir. Baca ve kanallarda sıcaklık sensörleri yerleştirilerek ve numune alma noktaları tespit edilerek sürekli olarak izlenmeli ve önlemler alınmalıdır. Ek yerlerinin genişleme parçaları da, korozyon problemleri ile karşılaşmamak için uygun şekilde yalıtılmalıdır.

Baca ve kanalların yalıtımında yoğunluğu düşük olan mineral yünler ya da düşük yoğunluktaki diğer yalıtım malzemeleri kullanılabilir. Yük taşınması muhtemel yerlerde ise daha mukavim olan kalsiyum silikat ya da yüksek yoğunluktaki mineral yünler kullanılmalıdır.

3.2.1.4 Fırınlarda yalıtım

Fırınlarda yalıtım, diğer tesislerin yüzeylerinin yalıtımına oranla daha komplike bir konudur. Fırınlarda yalıtımında kullanılan başlıca iki metod vardır. Birincisi; sürekli rejim halinde çalışan fırınlarda ve fırın içindeki sıcaklık, basınç gibi atmosferik şartların önemli olduğu durumlarda, iç yüzeyler refrakter malzemelerle kaplanır. İkincisi ise; kısa süreli şarj edilen, kesintili çalışan ve fırın içindeki atmosferik şartların öneminin az olduğu durumlarda, yapılan kaplama işlemi kendiliğinden yalıtım görevi yapabilir.

Kesintili ve sürekli rejim halinde çalışan fırınlar arasında prensip olarak farklılıklar vardır. Sürekli rejim halinde çalışan fırınlarda, fırın daima belirli bir işletme sıcaklığında tutulmalıdır. Bu sebeple; fırın dış yüzeylerinden olan ısı kayıpları, fırının kendisini ısıtması için gerekli olan ısı miktarından daha yüksektir. Kısa süreli şarjlarla, kesintili olarak çalışan fırınlarda ise; durum bunun tersi olabilir. Yani fırının ısıtması için gerekli olan ısı, yüzeylerde olan ısı kayıplarından daha fazla olabilir.

3.2.1.5 Boru sistemlerinin yalıtımı

Boru sistemlerinin yalıtımı sanayi yalıtımlarının en yaygın olanıdır. Boru sistemlerinin yalıtımı sırasında, bunların üzerinde bulunan vana ve flanşlar da mutlaka yalıtılmalıdır. Vana ve flanşlardan olan ısı kayıpları; pratik olarak, aynı çapta eşdeğer bir borudan olan ısı kaybı dikkate alınarak bulunabilir. Yalıtılmamış bir flanştan olan ısı kaybı, bağlı bulunduğu aynı çaptaki 0.5 m uzunluğundaki yalıtımsız bir borudan olan ısı kaybına eşdeğerdir. Yalıtımsız flanşların bulunduğu bir boru sistemi, tamamen yalıtılmış bir boru sistemine göre iki misli daha fazla ısı kaybına sebep olur.

Bu sebeple, boru sistemlerindeki boru ve flanşların da mutlaka uygun bir şekilde yalıtılmaları gerekmektedir. Vana ve flanşlar, daha önceleri bakımlarının kolayca yapılabilmesi, kaçaklarının önlenmesi amacıyla yalıtımsız bırakılırdı. Ancak, gerektiğinde kolayca açılıp bakımlarının yapılabilmesine imkan tanıyan yalıtım tekniklerinin yalıtılmış olması, bunların yalıtımsız bırakılmalarını anlamsız hale getirmektedir. Vana ve flanşların yalıtımında kalınlık olarak, üzerinde bağlı buldukları boru hattı için uygulanan yalıtım kalınlığı uygulanabilir.

Sıvı yakıtla çalışan işletmelerde akış miktarının ve dış ortam sıcaklığının düşük olmasından dolayı, sıvı yakıtların akışı sırasında problemlerin meydana gelmesinden dolayı boruların ısıtılmaları gerekebilir. Kazanlar rejim halinde iken bile, kazanları besleyen borularda hala yakıt bulunacak ve bu yakıtın pompalanabilmesi için belirli bir sıcaklığa kadar ısıtılması gerekecektir. Boru hattı boyunca yerleştirilen ısıtıcı refakat hattı ile yakıtın pompalanma sıcaklığına kadar ısıtılması sağlanabilir.

Yalıtımın desteklenmesi de, unutulmaması gereken hususlardan biridir. Dikey pozisyonda olan boruların, kıyım yerlerinin ve vana-flanşların yalıtımları için ilave destek elemanları gerekebilir. Vana ve flanşların yalıtımında, bu elemanlar gerektiğinde vana ve flanşların bakımlarının yapılabilmesine elverişli olacak şekilde yerleştirilmelidir. Bunların borulara bağlantıları kaynakla yapılmalıdır. 65 mm' den fazla kalınlıkta uygulama yapılması gereken yerlerde çok katlı yalıtım uygulaması daha uygun olacaktır. Ancak, çok katlı yalıtım uygulamalarında ek yerlerinin üst üste gelmemesine dikkat edilmelidir.

Daha düşük ortam sıcaklıkları yüzünden ısı kaybındaki artışlar, düşük işletme sıcaklıklarında, yüksek sıcaklıktaki işletme şartlarına göre, daha büyük bir etkiye sahiptir. Örneğin; 100 °C işletme sıcaklığı ve ortalama dış ortam sıcaklığı, kış şartlarında +5 °C olan yalıtımsız bir borudan olan ısı kaybı, aynı işletme sıcaklığında ve ortam sıcaklığının 20°C olması durumuna göre %20 daha fazla olacaktır. Isı kayıpları boru yüzey sıcaklığı ile ortam sıcaklığı arasındaki farka dayalı olarak artar ya da azalır.

Dış ortamlardaki boru sistemlerinin rüzgara maruz kalmaları durumunda, grafiklerde belirtilenlerden daha fazla ısı kayıplarının olacağı da unutulmaması gereken bir husustur. Dış ortamlarda bulunan boru sistemlerinde daha düşük ortam sıcaklıklarına ve rüzgar gibi hava hareketlerine maruz kalınması sebebiyle, ısı kayıpları çok daha fazla olacaktır. Isı kayıplarındaki bu artış miktarı rüzgar hızına bağlı olarak değişir. Tablo 3.8’ de rüzgar etkisini tahmin edebilmek için kullanılabilen ortalama değerler verilmektedir. Eğer boru sistemleri tarafından taşınan akışkanın kullanım yerindeki sıcaklığı çok önemli ise, yalıtım uygulamalarında çok daha dikkatli davranılmalı ve boru sistemlerini dış hava şartlarından korumak için gerekli tedbirler de alınmalıdır. Dış ortamlar için etkili olan ya da dikkate alınması gereken, sadece dış hava sıcaklığı ve rüzgar hızı değildir. Aynı zamanda geceleri meydana gelen sıcaklık düşmesi ve buharlaşma riskleri de dikkate alınmalıdır. Boru sistemlerinin açık alanlarda olduğu tesislerde, yağmurlu zamanlarda ısıtma maliyetlerindeki artışlar önemli miktarlarda olacaktır

Tablo 3.8 Rüzgar veya Hava Akımına Maruz Kalan Yerler İçin Isı Kayıp Katsayıları

Hava Hızı (km / h)	Isı Kaybı Çarpım Faktörü
0	1,0
5	1,5
10	2,0
14	2,5
19	3,0
26	3,5
34	4,0

a) Boru sistemlerinin yalıtımı ile ilgili hesaplamalar

Hava hareketinin olmadığı ortamlarda, yatay pozisyonundaki yalıtımsız borulardan olan ısı kayıpları, aşağıdaki formül ile hesaplanabilmektedir.

$$Q = (H_c + H_r) \times d_1 \times (T_s - T_a)$$

Burada;

$$Q = \text{Isı kaybı (W/m)}$$

$$T_s = \text{Boru yüzey sıcaklığı (°C)}$$

$$T_a = \text{Ortam sıcaklığı (°C)}$$

$$d_1 = \text{Boru dış çapı (m)}$$

$$H_c = \text{Konveksiyonla ısı transfer katsayısı (W/m², °C)}$$

H_r = Radyasyonla ısı transfer katsayısı ($W/m^2, ^\circ C$)

$$H_r = 5,67 \times 10^{-8} \times E \times (T_s^2 + T_a^2) \times (T_s + T_a)$$

Yalıtılmış borulardaki ısı kaybı aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanabilmektedir.

$$Q = \frac{\pi \cdot (T_s - T_a)}{\frac{\ln(d_2 / d_1)}{2 \cdot k} + \frac{1}{h_{so} \cdot d_2}}$$

Burada;

d_1 = Boru dış çapı (m)

d_2 = Yalıtım sonrası dış çap (m)

k = Yalıtım malzemesinin ısı iletkenliği ($W/m^\circ K$)

h_{so} = Yüzeğe ait ısı transfer katsayısı ($W/m^\circ K$)

Tablo 3.9 Değişik Isıl İletkenlere Sahip İzolasyon Malzemeleri İle İzoleli Borulardan Olan Isı Kaybı

ISI KAYBI 20 °C hso=10 W/m²K									
Boru Çapı (mm)	Isıl İletkenlik (W/m°C)								
	0,04			0,055			0,07		
	Yalıtım Kalınlıkları (mm)								
	25	40	50	0,3	40	50	25	40	50
15	0,19	0,16	0,14	0,25	0,21	0,19	0,32	0,26	0,24
20	0,23	0,18	0,16	0,29	0,25	0,21	0,36	0,30	0,27
25	0,25	0,21	0,18	0,33	0,28	0,24	0,42	0,34	0,30
32	0,29	0,26	0,20	0,39	0,32	0,28	0,49	0,39	0,33
40	0,32	0,24	0,22	0,42	0,35	0,31	0,53	0,42	0,37
50	0,37	0,20	0,25	0,49	0,39	0,34	0,61	0,49	0,42
65	0,44	0,35	0,29	0,58	0,46	0,39	0,72	0,57	0,47
80	0,50	0,39	0,33	0,66	0,51	0,43	0,81	0,63	0,54
100	0,61	0,46	0,39	0,80	0,60	0,49	1,00	0,75	0,64
125	0,75	0,56	0,46	0,97	0,72	0,59	1,20	0,89	0,74
150	0,88	0,63	0,50	1,10	0,83	0,67	1,50	1,00	0,83
200	1,10	0,81	0,64	1,40	1,10	0,85	1,80	1,30	1,00
250	1,30	0,97	0,77	1,70	1,20	1,00	2,10	1,60	1,30
300	1,50	1,10	0,84	1,90	1,40	1,10	2,30	1,70	1,40

3.2.1.6 Endüstriyel binaların yalıtımı

1995 yılı enerji istatistiklerine göre ülkemiz nihai enerji tüketiminin % 35 civarındaki miktarı konut sisteminde tüketilmektedir. Konut sektöründeki enerji tüketiminin hemen hemen %90' ı binaların ısıtılmasında tüketilmektedir. Ayrıca sanayi sektörü enerji tüketiminin de yaklaşık %5'i fabrikalardaki sosyal ve idari binalarla üretim alanlarının ısıtılmasında tüketildiği gözönüne alınırsa, binaların gerektiği şekilde yalıtılmaları son derece önemli ve dikkate alınması gereken bir konudur.

Bina yalıtımları için, farklı ısı özelliklere, farklı uygulama özelliklerine, yanma direncine v.b özelliklere sahip değişik yalıtım malzemeleri ve sistemleri bulunmaktadır. Bina yalıtımları hakkındaki detaylar, konu ile ilgili standart ve yönetmeliklerde, teknik literatürlerde yer almaktadır. Bina yalıtımlarındaki hesap yöntemi TS 825' de tarif edilmiştir.

Bina yapı elemanları olan, duvarlar, tavanlar, v.b yerler için ısı iletim katsayıları (K) yönetmeliklerde, iklim bölgelerine göre belirlenir ve uygulama zorunluluğu da bulunmaktadır. (K) değeri demek, ısı kaybı demektir ve Kcal/m²h°C ya da W/m²C olarak alınır.

Binaların yalıtımlarının iyileştirilmesinde aşağıdaki faktörler dikkate alınmalıdır.

a) Isıtmanın kontrollü yapılması

Verimli bir şekilde etkin olarak yapılan kontroller, tasarruf potansiyellerine ulaşılmasında oldukça önemlidir.

b) Yangın

Yalıtım uygulamalarında tüm detaylar tamamlanmadan önce, tüm bina için yangına karşı gerekli emniyet tedbirlerinin alınıp alınmadığı kontrol edilmelidir.

c) Yoğuşma

Bina yapısında yapılan tüm değişikliklerde gerekli önlemler alınmalıdır. Tavanların yalıtımında yalıtım malzemesinin nem almasını önlemek için, sıcak ortam tarafında

buhar bariyerinin yerleştirilmesi sonucu, sıcak tarafta bir emniyet yüzeyi tesis edilir. Eğer yalıtım malzemeleri su buharı ile temas ederse, ısı kaybı artar ve yalıtımın zarar görme riski ortaya çıkar.

d) Hava akımları

İnşaatin yapımı sırasındaki işçilik hataları ya da açık olan kapı ve pencerelerden dolayı meydana gelen hava akımları, enerji tasarruf potansiyellerini önemli oranlarda etkiler. Yalıtım seviyelerinin arttırılması ile bunun üstesinden gelmek mümkündür. Binanın inşaa edilmesi sırasında tavan ya da duvarlarda delik olmamasına ve hava sızıntılarına sebep olan kanalların uygun şekilde kapatılmasına dikkat edilmelidir. Proses gereği ortaya çıkan dumanların atılması için pencereler kullanılmamalıdır. Uygun şekilde kontrol edilebilen havalandırma sistemlerinin kullanılması enerjinin rasyonel kullanımı açısından daha faydalı olacaktır. Kapılar mümkün olduğunca açık bırakılmamalı, açık kalması ya da sık sık açılıp kapanması gereken yerlerde flexible kapılar ya da perdeler kullanılmalıdır [8].

3.3 Enerji Yönetimi

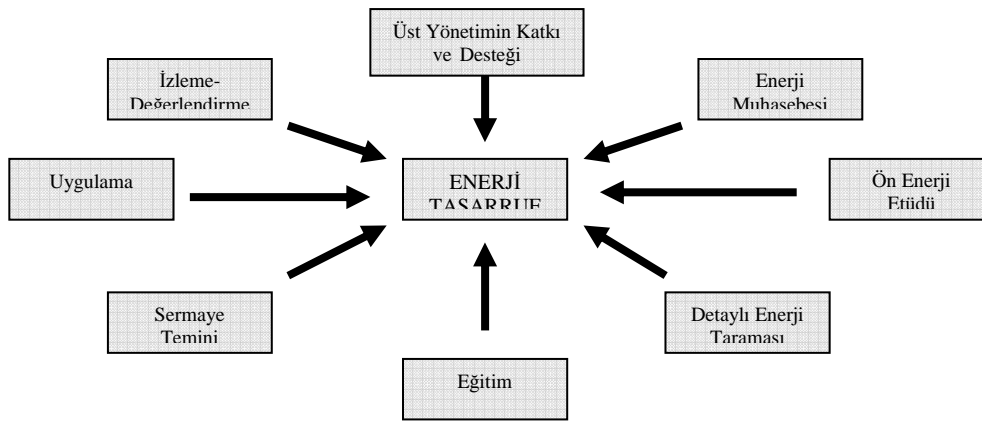
Enerji yönetimi, enerjinin planlı bir şekilde kullanılması için belli bir sistem ve organizasyon içerisinde enerji kullanan birimlerin biraraya gelerek oluşturdukları bir bütünlüktür. Enerji yönetimindeki amaç, enerjinin planlı, verimli bir şekilde kullanılması ve enerji tasarrufunun sağlanmasıdır. Enerji tasarrufunda başarılı olmak için uygun ve iyi tasarlanmış bir enerji yönetim programı gerekmektedir [9].

Üretimin elemanları olan malzeme iş gücü ve makina faaliyetlerine benzer olarak Enerji Yönetimi; planlama koordinasyon ve kontrol gibi birbirinden bağımsız olduklarında etkisiz kalabilecek işlevlerin bir araya gelerek oluşturduğu bir bütündür. Bu anlamda sanayide 'Enerji Yönetimi' ürün kalitesinden, ürün maliyetinin, verimlilikten ve güvenlikten hatta çevresi tüm koşullardan fedakarlık etmeksizin enerjinin daha verimli kullanımı doğrultusunda yapılandırılmış ve organize edilmiş disiplinli bir çalışmadır. Enerji tasarrufu yönetimi uygun ve iyi tasarlanmış bir yöntem yaklaşımını gerektirir [10].

Enerji tasarrufu çalışmalarının organizasyonunun odak noktası Enerji Yönetimi kavramıdır. Şekil 3.1' de enerji tasarrufu odak noktası olmak üzere enerji tasarrufuna katkıda bulunan sektör önemli çalışma sahasını göstermektedir.

Belli bir programa bağlı olmadan yürütülen çalışmalarda basit işletme tedbirleriyle bazı kuruluşlarda %10' a varan oranlarda enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Geniş kapsamlı Enerji Yönetimi uygulaması ile enerji tasarrufu çalışmalarına süreklilik kazandırıldığı gibi, tasarruf oranında %25' i aşabilir. Bu nedenle sanayimizin hızla artan enerji talebinin %20-30 dolayındaki bölümünün enerji tasarrufu imkanlarından karşılanması amaçlanmıştır.

Bu amaç ve hedefler doğrultusunda 11 Kasım 1995 tarihinde, Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğinin Arttırılması Hakkındaki Yönetmelik Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanarak Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na sayı 22460 ile Resmi Gazetede yayımlanmıştır [9].



Şekil 3.1. Enerji Tasarruf Odakları

Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğinin Arttırılması İçin Alacakları Önlemler Hakkında Yönetmelik, ülkemizde sanayi, sanayi ve ticaret odalarına bağlı olarak Kamu ve Özel Sektörde endüstriyel faaliyet gösteren kuruluşlar ile maden çıkartılması ve işlenmesi ile ilgili ve yıllık toplam enerji tüketimi 2000 TEP'e eşit ve

büyük olan tesisleri kapsar. Sözkonusu kuruluşlarda enerji verimliliği ile ilgili çalışmaların yapılması planlanmıştır [2].

Bir fabrikada üretim maliyetleri hammadde, işçilik, işletme ve enerji maliyetlerinin toplamını içerir. Enerji maliyetleri fabrikanın özelliğine bağlı olarak toplam üretim maliyetlerinin bir kısmını teşkil etmekle beraber bu durum çoğu kere fabrika yöneticileri tarafından önemsenmez. Enerji maliyetleri sanayi sektörünün tipine göre, kullanılan proseslere hammaddelere ve imal edilen son ürüne bağlı olarak toplam üretim maliyetlerini %50' sinin üzerine çıkabilir [8].

Bir çok enerji tasarrufu projesinin çok az bir masrafla veya hiç masrafsız uygulanması mümkündür. Bazı projeleri uygulamak için ise büyük miktarda sermayeye gereksinim olabilir, enerji tasarrufu için yapılabilecek yatırımlar fabrikada yapılmış olan gerekli diğer yatırımlar gibi (kapasite arttırımı, proses ekipmanının modernizasyonu, yeni binalar vb.) aynı esasa göre değerlendirilmelidir.

Genel olarak enerji tasarrufu yatırımları mali açıdan diğer yatırımlara göre daha caziptir. Bazı enerji tasarrufu yatırımları şu andaki enerji fiyatlarına göre cazip olmasa bile gelecekte enerji fiyatlarının artması ile karlı hale dönüşecektir.

Enerji yönetimi, enerji verimliliğinin iyileştirilmesinin yanısıra, fabrika bölümlerinin cihazlar bazına kadar incelenmesi sonucunda diğer alanlarla da ilgili olan maliyetin azaltılması fırsatlarının teşhis edilmesine yardımcı olabilir. Çünkü Enerji Yönetimi, mühendislik, yönetim, insan ilişkileri gibi çok değişik disiplinleri kapsar ve çoğu kere hammadde, iş gücü ve ekipmanların daha iyi kullanımına yardımcı olur.

Başarılı bir Enerji Yönetiminin yapacağı ilk iş, şirketin ödediği enerji faturası ile enerji tüketen ekipmanlar ve üretim hattı arasında bağlantı kurmaktır. Bir çok şekillerde yapılabilir. Fakat üst yönetimin katkı ve desteği veya aracılığı olmaksızın asla başarı sağlanamaz. Bağlantı kurma işlemi enerji tüketen ekipmanların işletimi ile maliyet yönetimi arasında ilişki kurabilecek bir enerji yöneticisine, teknik konularda yardımcı olabilecek danışmanlara ve fabrikadaki işçilerin işbirliğine ihtiyaç gösterilir. Bu ihtiyaçlar bir enerji yönetimi programının esasını teşkil eder [13].

3.3.1 Enerji tasarrufu ve sektörel imkanlar

Enerji tasarrufu, enerjiyi kullanmamak değildir. Enerji tasarrufu belli davranışları yerleştirerek, iyileştirme yöntemleri uygulayarak, enerji verimli yeni teknolojiler kullanarak, atık madde ve enerji içerikli gaz ve sıvıları değerlendirerek, üretimden veya konfor şartlarından fedakarlık yapmadan enerjiyi daha etkin kullanmaktır.

Ekonomik olarak, enerji verimliliğinin artırılması, ilave yeni enerji kaynaklarının devreye sokulması için yapılacak yatırımlardan daha caziptir. Tasarruf edilerek elde edilecek enerjiyi üretmek için çok daha pahalı yatırımlara ve çok daha uzun zamana ihtiyaç vardır. Oysa enerji tasarrufu daha çabuk ve daha ucuza elde edilebilen bir enerji kaynağıdır ve kısa/ orta dönemde ülkenin enerji teminiyle ilgili muhtemel sorunların çözümüne küçümsenemeyecek katkısı olabilecektir. Ülke ekonomisine katkısının yanı sıra, tesis bazında enerji tasarrufu ile üretim kademelerinde enerji tüketiminin azaltılması ve böylece mamul maddenin üretimindeki maliyetlerin düşmesi sağlanabilecektir [7].

Ayrıca enerji tasarrufu ile tüketilecek yakıt miktarının azalması nedeniyle, yakıtle ilgili emisyonların azalması ve dolayısıyla çevreye verilen zararın daha az seviyelere indirgenmesi mümkün olacaktır.

Sanayide enerji harcamaları, işletmelerin toplam giderleri içerisinde önemli bir paya sahiptir. Ülkeler sanayi sektöründe rekabet güçlerini arttırabilmek için daha ucuz ve kaliteli enerji elde etmek amacıyla uzun vadeli politikalar belirlemeye çalışmaktadırlar. Ülkemiz nihai enerji tüketimi içinde yaklaşık %34 tüketim payına sahip olan hem sanayi sektörü, hem yüksek enerji tasarrufu potansiyeli, hem de tüketildiği enerjinin tümüne yakınının ticari enerji olması nedeniyle enerji tasarrufu çalışmalarında öncelikli sektördür.

Enerji tüketimi ve verimlilik açısından Türkiye alt sektörleri incelendiğinde; metal ana sektörünün enerji tüketimi açısından en büyük sektör, kimya sektörünün ise katma

değere sahip sektör olduğu görülmektedir. Enerji tüketimi açısından bakıldığında, metal ve toprak sektörü enerji tasarrufu açısından önceliklidir [14].

3.3.2 Enerji tasarrufu prensipleri

Enerji tasarruf programlarının uygulanmasında, aşağıda belirtilen ana prensiplerin göz önünde bulundurulması büyük önem taşır:

- a) Proses yönteminin uygunluğu ve gözönüne alınan tesisin boyutu dahil olmak üzere, kullanılan her enerjinin türü ve kullanım miktarları tartışılmalıdır.
- b) Şayet mümkünse, sıcaklık ve basınç azaltılmasının her aşamasında yararlı iş yapılmalıdır. Enerjinin çoğu, eninde sonunda ısı şeklinde dış çevreye kaybolur ve bu şekilde mümkün olduğu kadar daha fazla iş yapılmalıdır.
- c) Enerji tasarrufu önemli ölçüde ölçümlerle desteklenir. Şayet ölçümler ve kıyaslamalar anlamlı ise, birbirine uyan birim ve tanımlar kullanılmalıdır.
- d) Isı geri kazanımı sağlanmalıdır ve geri kazanım ciddi olarak düşünülmeden önce, son bir kullanım bulunmalıdır.
- e) Görünen enerji gider tasarruflarının, başka yerde gider artışlarına neden olmadığından emin olmak için, tasarruflar iyi bir şekilde incelenmelidir ve gerçek şeyler olmalıdır.
- f) Her şekildeki atık, sadece insan gücünün, zamanın ve malzemenin boş yere harcanmasına neden olmaz. Aynı zamanda, enerji kullanımına yol açar. Enerji miktarları yüksek olan malzemelerin kullanıldığı yerlerde, atık miktarındaki azalma özellikle istenir. Metaller, cam, plastikler ve kağıt enerjisi yüksek olan malzemelere örnektir. Bu tür malzemelerin tasarımında yapılan iyileştirmeler, önemli ölçüde enerji tasarrufuna yol açar [15].

3.3.3 Enerji yönetim programının başlatılması

Bir enerji yönetimi programı uygulanmaya başlanırken bir şirketin gözönüne alması gereken noktlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

- a) Şirkette tüketilen enerjinin parasal değeri,

- b) Enerji maliyetinin toplam üretim maliyetindeki payı,
- c) Şirketin enerji tüketimini ve maliyetini sürekli olarak kimin inceleyeceğinin belirlenmesi,
- d) Şirketin büyüklüğünün ortaya konması (işçi sayısı, bölüm ve fiziksel alanların belirlenmesi),
- e) Kaç değişik ürün üretildiğinin belirlenmesi,
- f) Farklı kaç adet enerji tüketim ekipmanının kullanıldığının belirlenmesi,
- g) Şirketin organizasyon yapısı ve üretim işlemlerinin nasıl olduğunun, şirketin alt birimleri veya farklı sahalardaki enerji tüketimini izlemek için ne gibi güçlüklerin mevcut olduğunun belirlenmesi,
- h) Gerek duyulan techizatın ve ilave ekipmanların maliyetlerinin çıkarılması,
- i) Şirketteki enerjiyi izleme ve enerji verimliliğini iyileştirmede rol oynayacak personel sayısının belirlenmesi,
- j) Tasarrufların şirketin mevcut kazançları ile nasıl karşılanabileceğinin ortaya konması gerekir.

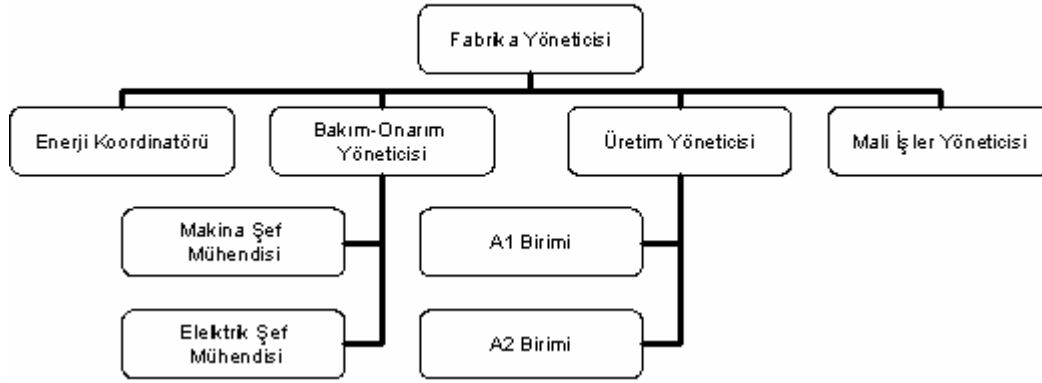
Enerji yönetim programı başlatırken iki nokta çok önemlidir. birincisi üst yönetimin kararı, ikincisi ise programı yürütecek komitenin oluşturulması ve bu komitenin başına enerjiden sorumlu yöneticinin atanmasıdır [9].

Bir kuruluştaki enerji tasarrufunun üst yönetim düzeyinde başlaması şarttır. Eğer kuruluşun en üst düzeydeki yetkilileri konuya gereken önemi vermezlerse, alt kademelerde yapılan çalışmaların önemi kalmaz.

3.3.3.1 Enerji komitesi

Enerji komitesi şirketin farklı çalışma alanlarında tüketilen tüm enerjiyi izler. Muhasebe Bölümü, enerji faturalarını öder. Bakım Bölümü, enerji tüketim ekipmanlarının bakımını yapar. Sonuç olarak etkin bir enerji yönetimi programı herhangi bir şekilde tüm bu farklı bölümlere ulaşmalıdır. Bir çok şirkette en kolay çözüm tüm önemli bölümlerin birer temsilcisi ile enerji muhasebesinden sorumlu bir kişiyi içine alan bir komite oluşturulmasıdır.

Enerji komitesinin niteliği, mevcut yönetim yapısına, kullanılan enerjinin tip ve miktarına ve fabrikanın diğer özel faktörlerine bağlı olarak fabrikadan fabrikaya değişir. Örnek bir Enerji Yönetim Organizasyonu Şekil 3.2' de verilmiştir [13].



Şekil 3.2. Enerji Yönetim Organizasyonu

Enerji Komitesinin doğru kararlar almasında yararlı olabilecek verileri sağlamak ve komitenin direktiflerini yerine getirmek için kişi veya kişilere ihtiyaç vardır. Başarılı bir enerji yönetimi programı için programı yönlendirecek yetkili bir enerji yöneticisinin atanması gerekir.

Enerji yöneticiliğinde temel nitelik olarak teknik yeterliliğe bakılır. Genel meslek ve yönetici becerilerinin yararlı olduğu kabul edilmekle beraber enerji yöneticisi pozisyonundaki kişiler mühendis seviyesinde olmalıdır. Bu durum özellikle enerji için daha küçük bütçenin ayrıldığı ve enerji yöneticisine çok iş düştüğü küçük ve orta büyüklükteki şirketler için önemlidir. Büyük şirketlerde enerji yöneticisi yöneticilik işlerinin yanısıra mühendislerin ve mali planlayıcıların enerji planlama, satınalma ve kullanımı konularında çalışanların desteğini alır ve bunların çalışmalarını da koordine eder.

Fabrikaya, işin tipine ve ilgili enerji tüketimine bağlı olarak Enerji Yöneticisinin görevleri değişebilir. Ancak Enerji Yöneticisinin en önemli görevi, kuruluşun tüm enerji satınalma işlemleri, dağıtımı ve kullanımı ile yakından ilgilenmesidir. Enerji Yöneticisinin görevleri beş ana başlık altında verilmiştir.

a) Enerji Verileri Toplama ve Analizler

a.a) Fabrikadaki tüm enerji ve su tüketim kayıtlarını tutar,

a.b) Sistematik olarak şirketteki tüm sayaç okumalarını denetler,

a.c) Ek izleme imkanları için gerek duyulan ilave sayaçları ve ölçüm aletlerini belirler,

a.d) Üretimle ilgili spesifik enerji tüketimi için endeksleri geliştirir ve bu endeksleri tüm önemli üretim sahaları için aylık bazda devam ettirir.

b) Enerji Satın Alımının Denetlenmesi

b.a) Tüm aylık yakıt faturalarını gözden geçirir ve bu faturaların birbiriyle uygunluğunu kontrol eder ve her durumda optimum tarifeyi uygular.

b.b) Şirket için mali avantaj elde etmenin mümkün olduğu yerlerde yakıt değiştirme olanaklarını araştırır ve tavsiye eder.

b.c) İkmal yetersizliğinde veya ikmal kesintisinde uygulanmak üzere muhtemel planlar geliştirir.

b.d) Yıllık enerji maliyet bütçelerini hazırlamak için ilgili bölümlerle çalışır.

c) Enerji tasarrufu imkanlarını değerlendirme

c.a) Fabrika personeli, ekipman satıcıları ve dış danışmanlarla çalışarak enerji tasarrufu potansiyel alanları belirler ve bu alanlar için projeler geliştirir.

c.b) Şirketin mali imkanları içinde karşılanması mümkün olan enerji tasarrufu projelerini değerlendirir, yönetimin de projeyi değerlendirebilmesi için gerekli mali analizleri yapar.

c.c) Tasarruf projelerini uygulamak için yönetimden para desteği alır.

c.d) Fabrikanın proses değişikliği veya geliştirilmesi ile ilgili olarak mümkün projeleri tekrar değerlendirir, mevcut binaların enerji verimliliğini inceler, binanın genişletilmesi veya yeni ekipman satın alınması sırasında enerji verimliliği ile ilgili hususları gözönünde bulundurur.

c.e) Makina ve tesislerin verimli olarak işletilmesi için performans standartları oluşturur.

d) Enerji tasarrufu projelerinin denetlenmesi

d.a) İşletme iyileştirmeleri ile sağlanacak enerji tasarrufu için ekipman bakım-onarım, operatör eğitim programı gibi bazı programlar başlatır.

d.b) Yatırım gerektiren enerji tasarrufu projelerinin ekipman şartnameleri, ihale duyurusu, tekliflerin değerlendirilmesi, malzemelerin sipariş, montajı dahil olmak üzere tüm projelerinin yürütülmesini denetler.

e) İletişim ve halkla ilişkiler

e.a) Spesifik enerji tüketiminin yanısıra enerji maliyeti ve tüketimi özetleyen aylık raporları yönetime vermek üzere hazırlar.

e.b) Enerji yönetimi programına katılan tüm üretim ve destek bölümleriyle iletişim kurar.

e.c) Programa katılan tüm işçileri teşvik etmek için şirket içerisinde bir bilinçlendirme programı geliştirir.

3.3.3.2 Enerji muhasebe sisteminin oluşturulması

Küçük bir fabrikada enerjiden sorumlu bir merkez yeterli olabilir. Ancak büyük işletmelerde birkaç enerji muhasebe merkezi oluşturularak, her bir merkezin başına o alandaki işletmeden sorumlu bir şahıs tayin edilmelidir. Bu merkezler, kazan dairesinde veya fabrikanın üretimle ilgili spesifik herhangi bir yerinde olabilir. Bu bölümlerin belirlenmesinin en önemli nedeni, her bir bölümün enerji verimliliklerini tespit ederek bazı bölümlerin gereksiz enerji tüketimlerinin diğer bölümlere yansıtılmamasıdır. Bütün bölümler tüketilen enerji ve gerçekleştirilen üretimle ilgili bilgileri enerji yöneticisine gönderecektir. Enerji Yöneticisi bu bölümlerde tüketilen enerjinin izlenmesinden sorumludur. Enerji tüketiminin o bölümden sorumlu olan kişilere bağlanması izleme ve hedef oluşturma sisteminin anahtarıdır. Zira bu, dikkatleri performansta iyileştirme yapacak olan makama çeker [16].

3.3.3.3 Enerji yönetiminde izleme ve hedef oluşturma

Fabrikalarda enerji yönetiminin başarılı olabilmesi için enerji taramasının oluşturulması gerekir. Fabrikalarda enerji taramasının anlamı, üretim miktarının ve tüketim miktarının aylık bazlarda verilerinin alınıp çizelgeler halinde verilerin sıralanmasıdır. Daha sonra gerekli enerji hesaplamaları yapılarak enerji analiz grafikleri çıkarılır [17]. Bu sistem, bir çok fabrikada yapıldığı gibi sadece enerji

tüketim bilgilerinin tablolanmasından farklı olarak, fabrikanın enerji tüketim bilgilerinin üretim ve benzeri bilgileri ile birlikte değerlendirilerek enerji tüketim verimliliğinin izlenmesini kapsamaktadır. Bu şekilde kuruluşun enerjisi daha verimli şekilde kullanması sağlanır. Yine bu sistem içinde, yöneticinin enerji maliyetini kontrol edebilmesi için tesisin çeşitli bölümlerindeki enerji performansı hakkında bilgiye ihtiyacı vardır. Bu bilgiler ve gerekiyorsa ölçümler belirli zamanlarda alınarak değerlendirilir .

Böylece bu grafiklerden uygulanabilecek enerji tasarruflarının ne olduğu saptanarak yeni öneriler oluşturulur. Yapılan hesaplamalarla yatırım maliyet ve enerji tasarruf miktarı bulunarak geri ödeme süreleri belirlenir. Yapılan bu enerji hesaplamalarının birimlerinin bir kesinlik belirtmesi için birimler genelde, yakıt miktarı için ton/ m³, elektrik enerjisi miktarı için kwh ve üretim miktarı için ise ton/ adet olarak alınır [18]. Sonuç olarak, fabrikalarda enerji taraması oluşturulurken enerji tasarrufunun uygulanması için enerji yönetiminin fabrikadaki üretim ve tüketim miktarını açık bir şekilde ortaya koyması gerekir. Bu şekilde enerji tasarrufunun dinamik bir şekilde uygulanmasını sağlayacak olmasıdır. Yapılacak enerji tasarrufunun başarılı olması gerçeğe uygun bir enerji taramasının oluşturulmasına bağlıdır [19].

İzleme ve hedef oluşturmanın aşamaları aşağıda verilmiştir.

a) Veri toplama

Çalışmaya başlamadan önce bir veri toplama periyoduna ihtiyaç vardır. Burada amaç, standart ve hedeflerin belirleneceği verilerin toplanmasıdır. Bunun için, her bölüme istatistik analiz yapabilmek için 10-20 set veri alınmalıdır.

Haftalık sayaç okuması yapılabiliyorsa bu süre en az 10 hafta olmalıdır. Veri toplamaya başlamadan önce şu noktaları belirlemek gerekir.

a.a) Sayaç okumaları sırasında nelere dikkat edilecektir?

a.b) Sayaç okumalarında kim sorumlu olacaktır?

a.c) Sayaç okumaları ne zaman yapılacaktır?

a.d) İzleme periyodu esnasında hangi üretim verileri kaydedilmelidir?

a.e) Hangi diğer değişkenler ve nasıl izlenecektir?

a.f) Herhangi bir sayaç okuma veya üretim kayıt formu hazırlanacak mı, yoksa mevcut formlar kullanılacak veya adapte edilecektir [16] ?

b) Sayaç okuma

Sayaç okumaları hazırlanmış formlara kaydedilmelidir. Sayaçların okuma zamanları mümkün olduğu kadar standart üretim periyotları ile mevcut muhasebe usullerine uygun olmalıdır. Enerji tüketimi ve üretim verileri aynı zaman periyodunda alınmayan değerler grafik üzerinde sapmalara neden olur [16].

c) Üretim izleme

Enerji tüketimi, birçok faktöre bağlı olarak haftadan haftaya veya aydan aya değişebilir. Bunlar, spesifik değişkenler ve kontrol edilebilir değişkenler olmak üzere ikiye ayrılır.

Spesifik değişkenler, fabrikanın bir bölümünün üretim miktarına göre enerji ihtiyacını belirler. Enerji ihtiyacını hesaplamak için kullanılan standart denklemlerde bu değişkenler kullanılır. Kontrol edilebilir değişkenler ise, işletme uygulamaları, sistem kontrolü, üretim planlaması ve bakım standartı gibi enerji tüketimini en aza indirebilmek için yöntem tarafından planlanan değişkenlerdir.

Burada görüldüğü gibi her bir bölümün proses bilgilerini ayrıntılı olarak anlamak önemlidir. Bunun için zaman zaman ilgili üretim personeli ile bilgi alışverişinde bulunulmalıdır [16].

3.3.3.4 Enerji tüketim standartının tayini

Yeterli veriler toplandıktan sonra o bölümün enerji tüketimi ile ilgili standart doğrusu belirlenebilir. Daha sonra belirlenen standart uygun işletme koşulları altında enerji gereksinimi hesaplamakta kullanılabilir. Bu, enerji gereksiniminin spesifik değişkenlere (üretim, hava koşulları vb.) bağlı olduğunu gösteren bir doğru denklemdir.

$$\text{ENERJİ} = a + bP$$

Burada a ve b sabitlerdir. P ise o bölümün spesifik değişkenidir. Standart denklem son verilere en iyi uyan doğru denklemdir. Bu incelenen bölümün geçerli olan enerji tüketim performansıdır.

Herhangi bir bölüm için standart doğru belirlendikten sonra bu değerler izlenen her bir periyot için bu standardın üzerinde performans sağlanmasında karşılaştırma bazı olarak kullanılır. Bu periyot genellikle bir ay olarak alınır, fakat bir hafta hatta bir gün de olabilir.

Bu denklem, o bölümün beklenen enerji tüketimi ve spesifik enerji tüketimini hesaplamada kullanılır. Bu aynı periyot için enerji tüketimi ve spesifik tüketimi ile mukayese edilebilir [16].

Herhangi bir bölüme uygun olabilecek standart denklem tipi, spesifik değişkenlerin sayısına ve enerji ile bu değişkenlerin arasındaki ilişkiye bağlıdır. Bu denklem doğru denklemdir.

TİP 1 : $E = a$

Enerji tüketimi sabittir ve incelenen bölüm için spesifik değişkenler yoktur. Bu durumda o bölümün enerji tüketimi üretimden bağımsız olarak başlangıçta sabittir. Örneğin, üretim miktarı ne olursa olsun üretim hatlarındaki cihazlar (makinalar, kompresörler, ısıtma ve soğutma sistemleri, aydınlatma vb.) sürekli olarak maksimum kapasitede üretim yapılmış gibi faal durumda tutulmaktadır. Dolayısıyla üretim ne olursa olsun enerji tüketimi sabit miktarda gerçekleşmektedir. Bu durumdaki standart günlük, haftalık, aylık gibi mevcut geçmiş verilerden hesaplanan ortalama enerji tüketimidir.

TİP 2 : $E = a + bP$

Enerji tüketimi bir tek spesifik değişkene P (üretim) e bağlıdır. Bu doğru denkleminde a sabiti üretimle ilgili olmayan enerji miktarıdır. Bina ısıtma, basınçlı hava, aydınlatma gibi üretimin kesildiği zaman bile devrede olacak sistemlerin harcadığı enerji üretimle

ilgili olmayan enerji tüketimidir. “b” sabiti spesifik değişkenin herbir birim artışına karşılık gelen enerji tüketim artışıdır ve doğrunun eğimidir.

Bu 2. tip denklem P’ nin üretim miktarını gösterdiği haller için geçerlidir. Standart denklem geçmiş veriler için küçük kareler metodu kullanılarak yapılan istatistik analizden hesaplanabilir.

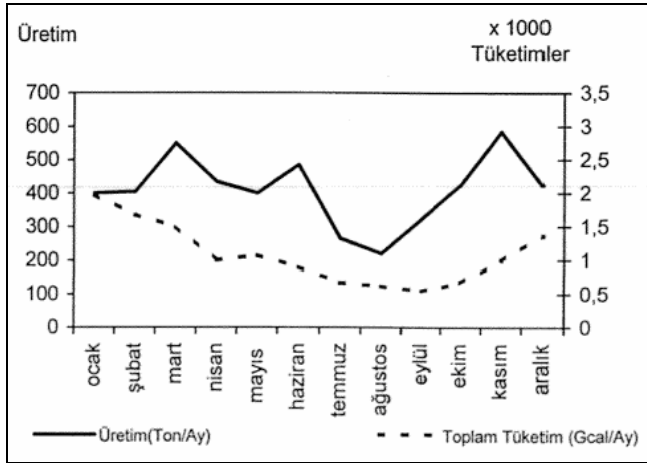
$$\text{TİP 3 : } E = a + bP_1 + cP_2 + dP_3$$

Bu denklemde enerji tüketimi birden fazla spesifik değişkene bağlıdır. Bu spesifik değişkenler P_1 , P_2 , P_3 üretim miktarı, hava koşulları, çalışma saatleri vb gibi çeşitli değişkenler veya aynı bölümde üretilen çeşitli tip ürünler olabilir. A sabiti yine bütün spesifik değişkenlerin sıfır olduğu koşullarda oluşan, üretime bağlı olmayan enerji tüketimidir. B, c, d sabitlerinin değerleri, ilgili değişkenlerin önemine bağlıdır.

Bu tür standart denklem grafik olarak gösterilemez bir çok değişken karıştığı için izahı da zordur. Bu nedenle çok zorunlu hallerde kullanılması ve değişken sayısının mümkünse üçten az sayıda olması önerilir.

3.3.3.5 Üretim ve tüketim grafiği

Üretim ve enerji tüketim verileri toplandıktan sonra, 12 ay baz alınarak üretim ve tüketim grafiği örnek olarak Şekil 3.3’e göre çizilir. Üretim ve tüketim grafiğinde sol taraftaki düşey düzlem üretim değerlerini, sağ taraftaki ise elektrik enerjisi ve toplam tüketim değerlerini gösterir. Yatay düzlem aylara bölünür. Verilere göre eğri grafikleri çizilir. Üretim miktarları ton/ay ve tüketim miktarları Gcal/ay olarak grafikte gösterilmiştir. Grafikteki eğrilerin aşağıya doğru yönelmesi üretim için negatif performansı, enerji tüketimi için pozitif performansı gösterir. Şekil 3.3’de fabrikanın üretim ve enerji tüketim değerleri rahatça görülebilir. Enerji tasarrufu uygulanırken bu değerler gözönüne alınır [16].



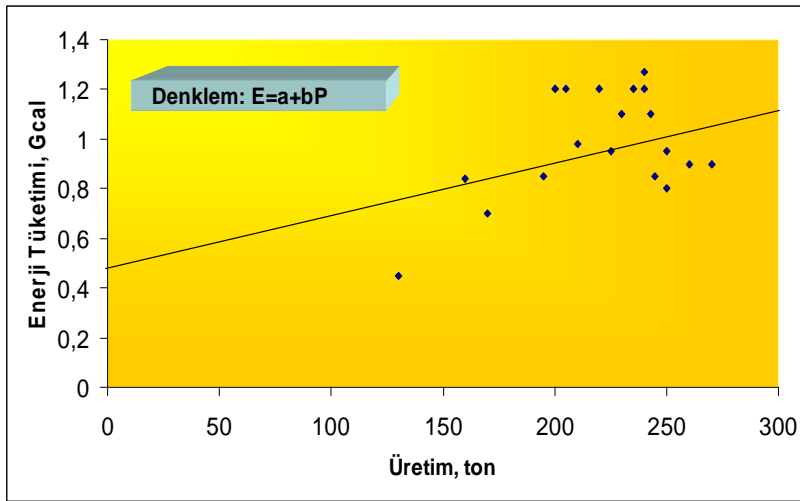
Şekil 3.3. Üretim ve Tüketim Grafiği

3.3.3.6 Hedef belirleme

Herbir bölüm için standart belirlenirken aynı anda hedef de belirlenmelidir. Bu hedef standartla aynı formda bir denklemdir. O bölümün performansındaki iyileştirmeyi tanımlar. Hedef belirlemenin rolü verimliliğin iyileştirilmesi için gerekli motivasyonu sağlamaktır.

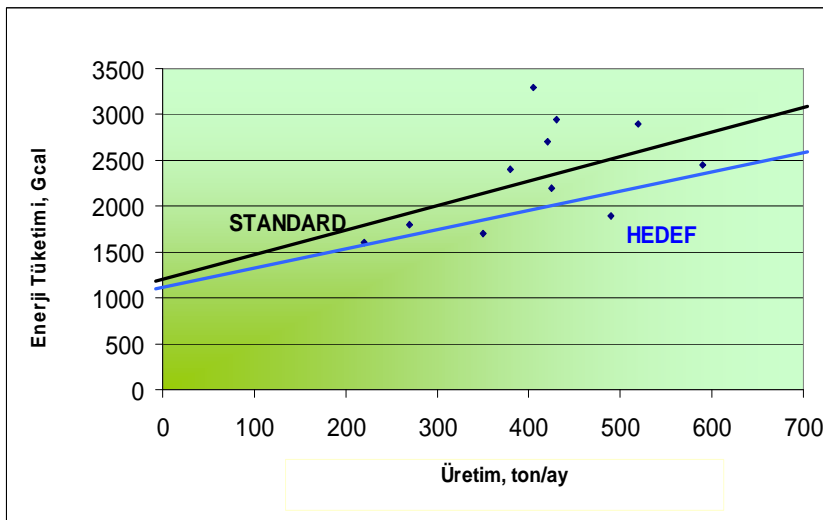
Gerçekçi hedefler dikkatlice seçilerek ve alınan sonuçlara göre zaman zaman gözden geçirilerek, gelişme ve yeni çalışmalar için motivasyon sağlanır. Herbir izleme periyodu içinde gerçek üretim değerleri veya diğer spesifik değişkenler kullanarak hedefler belirlendikçe, bu hedeften sapan iyi ve kötü performans değerleri ortaya çıkar.

Şekil 3.4' te görüldüğü gibi enerji tüketiminin üretime karşı grafiği belli bir alan içinde dağılan bir takım noktaları oluşturacaktır. Bu değerlerin incelenmesi ve aralarındaki ilişkinin bulunması sonucu elde edilen doğru, standart doğru olarak isimlendirilir.



Şekil 3.4. Enerji Tüketimi Diyagramı

Bu standart doğrunun altında kalan alan ve değerler en iyi verime sahip olan tüketimleri göstermektedir. Eğer standart doğrunun altında kalan noktalar yeniden değerlendirmeye alınıp aralarındaki ilişki bulunarak regresyon analizi ile yeni bir doğru çizilirse bu bize hedef doğrusunu verir. Şekil 3.5' te bu çizim gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Toplam Enerji Tüketimi Diyagramı

Şayet hedef denklemi elle hesap edilecekse teorik olarak daha fazla regresyon analizi yapmak gerekir.

3.3.3.7 Beklenen performans

Bazen bölüm hakkında yeterli bilgilerin bulunması halinde hedef belirlemesi, elde edilmesi mümkün performansa göre yapılabilir. Bu bir bölüm için spesifik iyileştirme tedbirleri planlandığında veya proses hakkında ayrıntılı bilgi bulunduğu hallerde uygulanır. Bu halde hedef, standart metot kullanılarak hesap edilemez. Tecrübeye ve standart eşitliğin şekline göre belirlenmelidir.

Örneğin, bir bölümdeki üretime bağlı olmayan enerji miktarının düşürülmesi için plan yapılmalıdır.

$E = a + bP$ şeklindeki denklemde a 'nın değeri düşürülmeye çalışılır. Burada a , üretime bağlı olmayan enerji miktarıdır. Böylece spesifik değişkenin değeri ne olursa olsun hedef enerji tüketimi daima standarttan sabit bir miktar daha az olur. Bu da hedef için standart doğrusuna paralel bir doğru verir.

Spesifik enerji tüketimi, birim ürün başına kullanılan enerji olarak tanımlanır. Örneğin, bir fabrikada spesifik değişken (üretim) ton ile tarif ediliyorsa

Spesifik Enerji Tüketimi = Enerji Tüketimi / Üretim

Olarak ifade edilir.

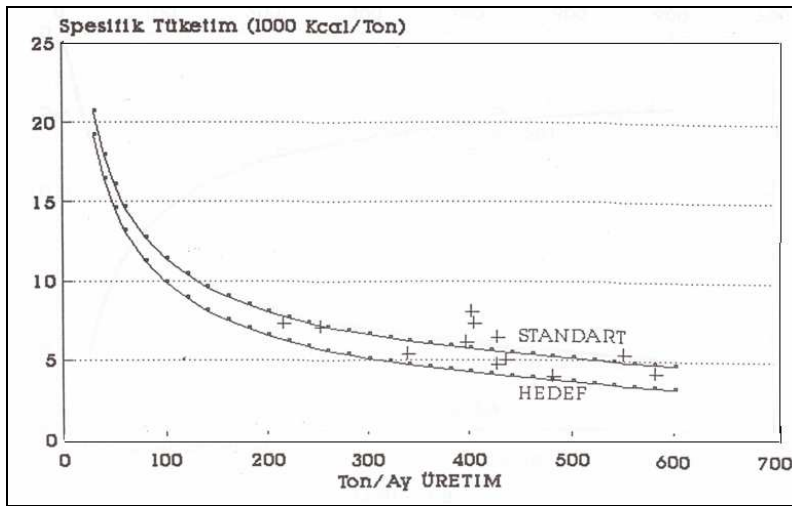
Performansın değerlendirilmesi, beklenen enerji kullanımı ile gerçek enerji tüketim değerlerinin düzenli olarak karşılaştırmakla yapılır. Bunu değerlendirmek için SET değerlerini kullanabiliriz. Bunlar özellikle çeşitli işletme koşullarının fabrika üretim performanslarına etkisini izleme açısından önemlidir.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

Rapor dokümanları üzerinde gerçek, standart ve hedef SET'ler verilir. Bunlar sırasıyla gerçek, standart ve 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.

$$SET = E/P = a+bP/P = a/P + b$$

Bu denklemde görüldüğü gibi üretim çok yüksek olduğunda a/P çok küçük olur ve SET 'in değeri b ' ye yaklaşır. Fakat üretim düşük olursa P küçüleceği için üretime bağlı olmayan enerji tüketimi " a " çok önemli olur ve SET hızla artar.

Bununla ilgili çizim Şekil 3.6' da gösterilmiştir. Eğrinin altında kalan noktaların enerji kullamındaki verimliliğin iyileştirildiğini göstermektedir. Burada hedef bu eğriyi aşağıya çekmektir.

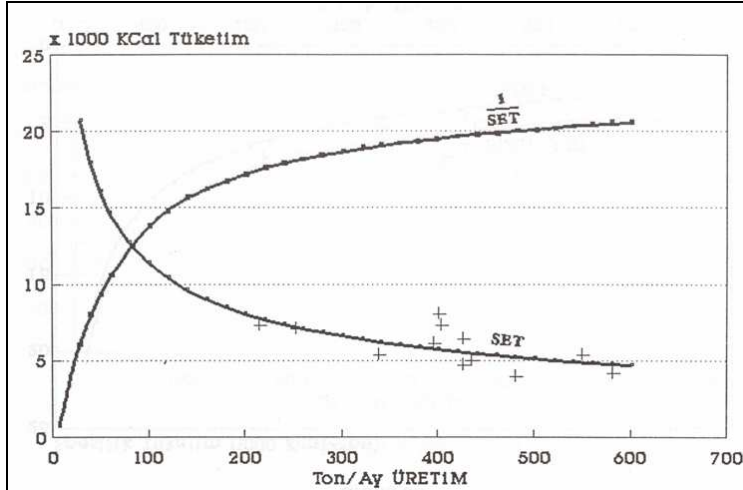


Şekil 3.6. Spesifik Tüketim Grafiği

Bazen düzgün bir SET eğrisi çizmek zor olabilir. Bu nedenle $1/SET$ i grafiğe geçirmek faydalı olabilir.

$$1/SET = P/E \text{ (Birim enerji başına üretim)}$$

Şekil 3.7' de gösterilen P/E eğrisi orjinden geçmek zorundadır.



Şekil 3.7. SET Grafiği

Üretime bağlı olmayan enerji tüketimi yüksek ise; üretim artışı ile spesifik enerji tüketimini düşürmek mümkündür. Üretime bağlı olmayan enerji miktarı; kullanılan ekipman kapasitelerine, mevcut işletme koşullarına bağlı olduğundan ve bunlar aynı olduğu için sabit kalacağı için, üretimin artması ile birim ürün başına düşen enerji tüketimi azalacaktır. Bu ise; spesifik enerji tüketiminin azalması demektir.

Spesifik enerji tüketimlerini azaltmanın ikinci bir yolu da; enerji tasarrufu sağlayacağı tedbirlerin alınması, izolasyonların tamamlanması, atık ısının değerlendirilmesi, yanma kontrolleri vb. gibi, kısacası enerji kullanımındaki verimliliğin artırılması ile mümkündür.

3.3.3.8 Rapor yazma

İzleme ve hedef oluşturma sisteminin en önemli görevi üst yönetime güvenilir ve etkili bilgi sunma olmalıdır. Enerji maliyetleri kontrol edilecekse sistemin çalışmasından sorumlu olanlar nerede ve ne zaman müdahalenin gerekli olduğunu bilmek zorundadırlar.

Yönetime verilen raporların kolayca anlaşılabilmesi için bilgiler açık ve özet bir şekilde sunulmalıdır. Belirlenen izleme periyodundan en iyi şekilde yararlanmak için, bu bilgiler zamanında ve uygun aralıklarla verilmelidir. Bu nedenle bir rapor yazma

formatı belirlenmelidir. Bu format ilk standartlar ve hedefler alındıktan hemen sonra oluşturulmalıdır.

Bu üretim prosesi ile karşılaştırıldığında oldukça basit uygulanabilir bir yöntem olması nedeniyle Enerji Yönetimi her fabrika için kaçınılmaz bir fırsat olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu fırsatın sanayi kuruluşlarınca değerlendirilmesi zorunludur.

3.3.3.9 Enerji taramaları

Enerji tasarrufunu belirlemek için enerji yöneticisinin veya enerji komitesinin elinde bulunan en önemli teknik vasıta enerji denetimleridir. Bu çalışma enerji denetimleri konusunda uzmanlaşmış devlet kuruluşları, dış danışmanlar veya kuruluşun kendi personeli tarafından yapılabilir. Enerji taramaları, Diagnostik / Planlama, Ön Enerji Taraması ve Detaylı Enerji Taraması adı altında 3 aşamada yapılır.

a) Diagnostik planlama

Fabrika tarafından doldurularak gönderilen anket formundaki bilgiler incelendikten sonra bu bilgilerin tartışılması, fabrikanın büyüklüğünün görülmesi, bölümleri hakkında görsel bir fikre sahip olunabilmesi ve çalışma yapılacak alanlarda kullanılacak gerekli taşınabilir test cihazlarının tespiti için enerji tasarrufu çalışması yapacak ekipten bir eleman gerekirse fabrikaya bir günlük bir ziyaret yapar. Bu görüşme sırasında ayrıca, enerji tasarrufu çalışması sırasında cihazların bağlanacağı yerler tespit edilir, eğer mevcut değilse bağlantı yerlerinin (baca gazı için ölçüm deliği, elektrik bağlantıları için uygun bağlantı yerleri vb.) yaptırılması fabrika yetkililerinden talep edilir. Ayrıca anket formunda anlaşılamayan yerlerle ilgili daha detaylı bilgi ve proses hakkında bilgilerin de hazırlanması istenir.

Fabrikanın çalışma programı gözden geçirilmek suretiyle yetkililer ile birlikte enerji tasarrufu çalışması için en uygun tarih belirlenir. Diagnostik sonucunda yapılacak çalışma için fabrikadaki etüt süresi, cihaz ihtiyaçları ve incelenecek fabrika bölümleri tespit edilir [16].

b) Ön enerji taraması

Küçük ve orta büyüklükteki fabrikalarda ÖET' nin tamamlanması için bir veya iki güne ihtiyaç vardır. Rafineriler veya Demir-Çelik fabrikaları gibi büyük fabrikalarda ÖET' nin bir veya iki haftalık zaman süresinde gerçekleşir.

Ön Enerji Taraması sırasında fabrikanın tüm bölümleri detaylı bir şekilde dolaşarak enerjinin boşa harcadığı kaynaklar, kötü yalıtım, buhar, su, yakıt sızıntıları ve çalışmayan tüm ekipmanlar belirlenmeye çalışılır. Gerekiyorsa bazı ölçümler alınır.

ÖET sonucunda fabrikanın enerji yönetim sistemi, enerji dönüşüm sistemleri (fırın, kazan, izolasyon, basınçlı hava ve elektrik sistemi) konusundaki enerji tasarrufu imkanları ortaya çıkartılır. Bu imkanların fizibilite teknikleri ile (özellikle büyük yatırımlı olanların) tekrar incelenmesi gereklidir. Ayrıca detaylı enerji denetimine ihtiyaç olup olmadığını, yapılacaksa hangi konuları kapsayacağı ortaya çıkarılır [16].

c) Detaylı enerji taraması

Birkaç hafta daha uzun sürebilecek bu çalışma belirlenen alanlara ölçüm cihazlarının bağlanması ve birkaç günlük (veya daha uzun süre) bir periyot boyunca ölçüm alınmasını içerir. Böylece gerçek fabrika çalışma koşullarında (muhtelif nedenlerle durmalar, arıza ve aksaklıklar vb.) sistemlerin enerji tüketimlerini belirlemek mümkün olur. Ölçümler ön enerji denetimi çalışmasına göre daha uzun ve detaylıdır. Ayrıca fabrikanın enerji tüketimi açısından daha az önem arz eden ancak iyileştirme çalışmalarının mümkün olabileceği alanlarında da bir takım araştırmalar yapmak, ölçüm almak mümkündür.

d) Fizibilite çalışması

Tipik bir fizibilite çalışması aşağıda belirtilen adımlarla ayrıntılı olarak yürütülmelidir.

- a) İncelenen her teknik seçenek ayrıntılı olarak belirtilmeli ve uygun olanlar için akış diagramları hazırlanmalıdır.
- b) Herbir seçenek için uygulama öncesinden işletmeyi tanımlayan aşağıdaki spesifik veriler belirlenmelidir.

1. Günlük, aylık ve mevsimsel değişiklikleri kapsayan araştırma alanıyla ilgili mevcut üretim düzeyleri,
2. Mevcut çalışma programları,
3. Pik talepleri kapsayan yakıt tipi ile ilgili mevcut enerji kullanımı,
4. Tarifeleri ve yakıt maliyetlerini içeren mevcut üretim masrafları,
5. Mevcut prosesle ilgili parametreler (sıcaklık, basınç),
6. İlgili ekipmanın proje uygulanmadan önceki mevcut işletme verimlilikleri.

Projenin uygulanmasından sonra fabrika işletme faaliyetlerini tanımlayacak olan aşağıdaki spesifik veriler belirlenmelidir.

1. Beklenen yeni üretim düzeyleri ve işletme programları,
2. Yakıt tipi ile ilgili gelecekteki enerji ihtiyaçları,
3. Beklenen işletme parametreleri,
4. Ekipmanların tahmin edilen faydalı kullanma süreleri

Mali analizler için gerekli ilave veriler belirlenmelidir.

1. Borçlanmayı, borçlanma sürelerini, faiz oranlarını ve gerek duyulan borçları kapsayan yatırım projeleri için şirketin kabul edebildiği şartlar,
2. Teklif edilen proje için gerekli geri dönüş süresi.

Veri toplama ve analiz programları ve sorumluluklarını gösteren bir plan hazırlanmalı ve fabrika yönetimi ile tartışmalıdır. Enerji taraması sırasında elde edilen herhangi bir verinin yeni ölçümlerde kullanılıp kullanılmayacağı kontrol edilmelidir.

Fabrika verileri toplanmalı, fabrika işletme kayıtları gözden geçirilmeli, dikkate değer değişiklikleri araştırılmalı, bir zaman periyodu içerisinde (bir hafta veya eğer uygunsa iki hafta) gerekli ölçümler yapılmalıdır. İlgili ekipmanın işletme parametreleri ve verimlilikleri kontrol edilmeli, eğer mümkünse fizibilite çalışması analizlerinde kullanılacak verileri kaydetmeden önce optimum performansa ulaşmak için işletme şartlarında gerekli değişiklikler yapılmalıdır.

Proje uygulaması ile ilgili tüm maliyetleri aşağıda belirtilen hususları da kapsayacak şekilde belirlenmelidir. (Bu aşamada +/- % 10 luk doğrulukta tahminler gereklidir).

Maliyetteki döviz unsurları ve ilgili gümrük fiyatları belirtilmelidir.

1. Ekipman dizayn masrafları
2. Mühendislik dizayn masrafları
3. İşletme ve bakım masrafları

Teklif edilen seçeneklerin uygulanması ile ilgili olarak veriler analiz edilerek enerji tasarrufu potansiyeli tahmin edilmelidir.

Maliyet analizi yapılmalıdır. Mülkiyet devlete ait kurumlarda uygulanan proje değerini ulusal ekonomi açısından değerlendirmek için ekonomik analiz yapılmalıdır.

En cazip tercihler için hassasiyet analizi yapılmalıdır. Açık ve öz bir rapor hazırlanmalıdır.

3.3.3.10 Enerji ve çevre politikaları

Kirlenmelerle ilgili dış ekonomik bozukluklara yapılan yaklaşımlara “çevre politikası” denir. Herhangi bir çevre politikasının sonuçları kısa ve uzun süreli etkileriyle ölçülür ve değerlendirilir.

Bundan sonra değişik politikaların karşılaştırması yapılır ve uygulanacak olan “özel politika” belirlenir.

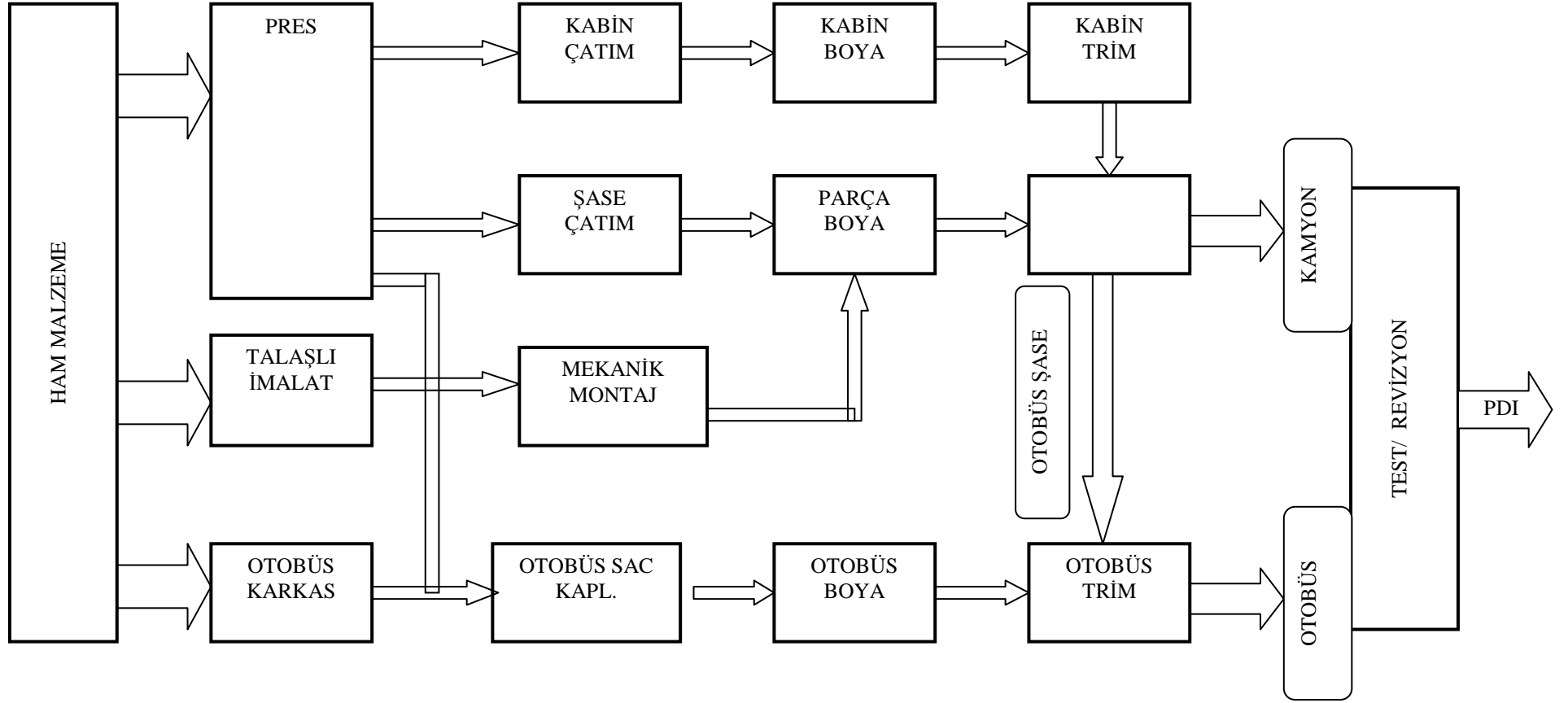
Burada belirtilen yaklaşım akla uygun gelirse de, uygulanması güçtür. Yeni çevre olayları oldukça çevresel duyarlılıklar, yeni yasal önlemler şeklinde ortaya çıkmaktadır. Çevrenin korunması, artık ulusların enerji politikalarının başlıca amacı durumuna gelmektedir.

Enerji endüstrisi için çevre konusunda kesin hedeflerin veya en azından uyulması gereken zorunlulukların belirtilmesi gerekir [16].

BÖLÜM 4. SANAYİ KURULUŞUNDA ENERJİ İNCELEMESİ

4.1 Firma Tanıtımı

Enerji analizi yapılan fabrikada kamyon ve otobüs üretimi yapılmaktadır. Hammadde ve boya ambarına gelen malzemeler pres ve sac işleme, boru hazırlama, boyahaneler ve talaşlı imalat atölyelerine gönderilir. Pres ve sac atölyesinde işlenen sac malzeme kabin punta, şasi çatım, panel hazırlama ve detay kaynak atölyelerine, boru hazırlama atölyesinde hazırlanan malzemeler de karkas çatım, sac kaplama ve parça hazırlama atölyelerine yollanır. Sac presten kabin puntaya gelen kabinlere ait işlenmiş sac malzemeler, fikstürlere yerleştirilir ve kaynak işlemleri yapıldıktan sonra kabin boyahanesine gönderilir. Kabin boyahanesinden fosfat kaplanmış ve boyanmış olarak çıkan kabinler kabin trim hattına gelir ve burada trim işleri yapılarak hafif araç montaj hattında şasenin üzerine montajı yapılır. Hammadde ambarından talaşlı imalat atölyesine yollanan malzemeler de talaşlı imalat işleminden sonra sırasıyla ısıtılma ve mekanik montaja gider. Mekanik montajda toplanan parçalar hafif araç montaja ve ağır araç montaja yollanır. Ağır araç ve hafif araç hattından çıkan araçlar test kontrole yollanır ve burada son kontrolleri yapılarak satış için parka bırakılır.



Şekil 4.1. İş Akış Şeması

4.2 Yardımcı İşletmeler

4.2.1 Kazan dairesi ve kızgın su sistemi

Fabrikada kullanılmakta olan kazanlar, alev - duman borulu, üç geçişli, silindirik izoleli, tam boy ondüle külhanlı kızgın su kazanlarıdır. Dört adet kazan bulunmaktadır. Özellikleri aşağıdadır:

a) 228 m² ısıtma yüzeyi, 6.240.000 kCal / h ısıtma kapasitesi, 8 atü işletme basıncı, 12 atü test basıncı, 150°C su çıkış sıcaklığı, 110- 120°C dönüş suyu sıcaklığı, dönel çanaklı tipte bir brülörlü 3 kazan,

b) 410 m² ısıtma yüzeyli 12.000.000 kCal/h kapasiteli ısıtma kapasitesi, 8 atü işletme basıncı, 12 atü test basıncı, 150°C su çıkış sıcaklığı, 110- 120 dönüş suyu sıcaklığı, dönel çanaklı tipte çift brülörlü 1 kazan vardır.

Kazanlar yağ yakma (fuel-oil, kalyak, motorin) ve gaz yakma (LPG, doğal gaz, bütan, propan ve metan) gibi yakıtları yakabilme özelliğine sahiptir.

Brülörler Sıvı Yakıt Yakma : Fuel-oil, pompalama ve ayar gruplarından sonra atomizasyon çanağının arka kısmına iletilir.

Gaz Yakma : Brülör üzerinde bulunan manifolddan verilir ve brülör içindeki gaz hücrelerine girer. Brülör, doğal gaz, LPG, bütan gibi gazları yakabilir. Gaz yakarken brülör motoru, çanak ve brülör pompası devre dışı kalır.

Kızgın su sistemindeki basınç azot gazı ile yükseltılarak sağlanır (buharlaşmayı engellemek için). Bir azot istasyonu ile kapalı genişleme tanklarındaki basınç 8 atü ile sabit tutulur.

Herbiri 22 m³ lük 2 adet kapalı genişleme tankı kazanlardaki ve sistemdeki basıncın devamını sağlar. Sisteme sürekli su besleyen 1 adet 20 m³ hacimli besi suyu tankı vardır (Açık genişleme tankı). Bu tanktaki su fişek ısıtıcı ve eşanjörle min. 80°C da

tutulur. Herbiri 30 m³/h debili 2 adet besi suyu pompası (biri yedek) bu tanktan sisteme su transferi sağlar. Sistemde toplam 400 m³ kızgın su dolaşmaktadır.

Kazanlarda üretilen kızgınsu ana gidiş kollektörleriyle diğer hatlara dağıtılır. Ana kollektör ile dönüş kollektörü arasında sıcaklık dengelemesi için herbiri 117 m³/h debili 2 adet resirkülasyon pompası vardır.

Ana kollektörden dağılan hatlar :

a) Üretim hacimleri ısıtma sistemi kollektörü : Sistem üzerinde herbiri 71 m³/h debili 3 adet sirkülasyon pompası vardır. Bu devreden 16 adet ısıtma santrali ve 48 adet duvar tipi ısıtma apareyi beslenir.

b) Proses devresi ısıtma sistemi kollektörü : Sistem üzerinde herbiri 71 m³/h debili 4 adet sirkülasyon pompası vardır. Bu devreden boyahaneler, yıkama makinaları, fosfatlama ünitesi, LPG buharlaştırma ünitesi, yardımcı işletmelerin ve bakım atölyelerinin ısıtmaları beslenir.

c) Otobüs binası sirkülasyon sistemi kollektörü : Sistem üzerinde herbiri 150 m³/h debili 3 adet sirkülasyon pompası vardır. Bu devreden 10 adet ısıtma santrali, otobüs boyahanesi, otobüs büro ofisleri, arıtma tesisi ve vinileks kurutma istasyonu beslenir.

4.2.2. Kompresör dairesi

Tesiste basınçlı hava önemli bir enerjidir. Montaj hatlarında kullanılan el aletleri, tezgahlar, boyahaneler gibi birçok yerde basınçlı hava kullanılmaktadır.

Basınçlı hava 2 adet 1674 m³ / h debili ve 2 adet 1080 m³ / h debili vidalı tip kompresörlerden üretilmektedir. Üretilen basınçlı hava tanklara (toplamda 13.350 lt. lik) tanklardan su tutucu filtrelere, filtrelerden hava kurutuculara (2 adet), kurutuculardan da kollektörler aracılığıyla basınçlı hava ring hatlarına gönderilir. Ana tesisat üzerinde de su tutucu tüpler vardır.

Mevcut Kompresörler ve Kapasiteleri :

- a) ZR160-1 (1674 m³/h)
- b) ZR160-2 (1674 m³/h)
- c) ZR3-ARP (1080 m³/h)
- d) ZR3-52 (1080 m³/h)

Mevcut Kompresörler Yükte ve Yüksüz Durumda Çektikleri Amper

- a) ZR160-1 (Yükte : 279 Amper, Yüksüz : 92 Amper)
- b) ZR160-2 (Yükte : 279 Amper, Yüksüz : 92 Amper)
- c) ZR3-ARP (Yükte : 188 Amper, Yüksüz : 64 Amper)
- d) ZR3-52 (Yükte : 188 Amper, Yüksüz : 64 Amper)

4.2.3. Hidrafor dairesi

Tüm su ihtiyacının karşılandığı tesistir ve hidrafor dairesinde 6 adet su deposu vardır.

- a) Birinci depo: İki kademelidir ve su savaklanır. Buraya kuyulardan gelen yaklaşık 40 Fransız sertliğindeki su doldurulur. Efektif hacim 98 m³ tür.
- b) İkinci depo: 148 m³ hacimli ve 4 nolu havuzdan aktarılan suyun 12 Fransız sertliğine düşürülerek fabrikanın kullanma suyu olarak kullandığı suyun depolandığı havuzdur.
- c) Üçüncü depo: 148 m³ hacimli ve 4 nolu havuzdan aktarılan suyun tekrar yumuşatma işleminden geçtikten 0 Fransız sertliğinde depolandığı havuzdur ve proses suyu olarak kullanılır.
- d) Dördüncü depo: 385 m³ hacimli ve Demir-Mangan (Fe-Mn) filtresinden çıkan suyun depolandığı havuzdur.
- e) Beşinci depo: 4 nolu havuzdan çıkıp 12 Fransız sertliğine düşürüldükten sonra yangın suyu olarak depolandığı yerdir.

f) Altıncı depo: İçme suyunun 20 m³ kapasiteli ve paslanmaz çelikten imal edilmiş hidrafor dairesinde bulunan silindirik deposudur. Bu depoya su ikmali fabrika dışından tankerlerle yapılmaktadır.

4.2.3.1 Su hatları

a) Kuyu suyu hattı

Fabrika sahasında açılmış olan iki adet derin kuyu derinlikleri biri 24 m. diğeri 31 m.‘ den su emmektedir. Kuyulardan dalgıç tip pompalarla su çekilmektedir. Birinci kuyuda 11 lt/s debili bir pompa ikinci kuyuda da 8 lt/s debili bir pompa vardır. Kuyular birinci depodaki seviye şamandıraları ile otomatik olarak çalışır ve durur.

b) Proses suyu hattı

30 m³ / h debili 2 adet pompa (booster tip) ve 16 m³ / h debili 2 adet de frekans konvertörlü pompa (booster tip) mevcuttur.

c) Demir – Mangan (Fe – Mn) filtre hattı

50 m³ / h debili 2 adet pompa (booster tip) kuyu havuzundan gelen suyu filtreleyerek yumuşatma ünitesine yollar ve oradan da 4 nolu havuza doldurulur.

d) Yumuşatma ünitesi

2 adet 43 m³ / h debili ve 16 m³ /h debili 1 adet pompa mevcuttur. Bu hattan proses tankına su yollanmaktadır.

e) Kullanma suyu hattı

30 m³ / h debili 2 adet pompa (booster tip) ve 16 m³ / h debili 2 adet frekans konvertörlü pompa fabrikanın ihtiyacı olan suyu hatlara yollar.

f) Yangın suyu hattı

30 m³ /h debili 2 adet ve 16 m³ / h debili pompa (booster tip) 2 adet frekans konvertörlü pompa (booster tip) fabrika yangın suyu hattını besler.

Ayrıca 1 adet 1250 m³ / h debili elektrikli motopomp ve yine 1 adet 1250 m³/h debili diesel motopomp fabrikanın acil durumunda kullanılmak üzere hazır durumda tutulmaktadır.

g) İçme suyu hattı

İki adet frekans konvertörlü 2,5 m³ / h debili pompa içme suyu hatlarına su yollamaktadır.

4.2.4. Soğutma kuleleri

Proses soğutma sularının karşılandığı tesislerdir. İki adet soğutma kulesi bulunmaktadır. Ana fabrika soğutma kulesi (soğutma kulesi 1) ve otobüs binası soğutma kulesidir (soğutma kulesi 2).

a) Soğutma Kulesi 1

Soğutma kapasitesi 1.100.000 kCal / h, 2 adet ve giriş suyu sıcaklığı 37°C , çıkış suyu sıcaklığı 29°C'dır. Bu kulenin soğutma suyu depo kapasitesi 50 m³ tür. Bu kuleden, punta kaynak makinaları ve ısıl işlemin soğutma suyunun sağlandığı pompa grubu içinde 16 m³ / h debili, 2 adet frekans konvertörlü booster tip pompa ve 2 adet 30 m³ / h kapasiteli direkt çalışan booster tip pompa vardır.

Bremze hattı ve roll test hattı soğutma suları ise ayrı bir pompa grubundan sağlanır. Bu grup içinde 9.5 m³ / h debili frekans konvertörlü 2 adet booster tip pompa ve 16 m³ / h debili 2 adet booster tip pompa vardır.

b) Soğutma Kulesi 2

Soğutma kapasitesi 940.000 kCal /h iki adet ve giriş suyu sıcaklığı 45°C, çıkış suyu sıcaklığı 30 °C'dır. Bu kulenin soğutma suyu depo kapasitesi 22,8 m³ tür.

Kompresör soğutma suyu hattında 2 adet 9.5 m³ / h debili frekans konvertörlü booster tip pompa 2 adet te 16 m³ / h debili booster tip pompa grubu vardır.

Otobüs puntaları soğutma ve pres soğutma suları hattında da 2 adet 9,5 m³/h debili frekans konvertörlü booster tip ve 2 adet te 16 m³ / h debili booster tip pompa vardır.

4.2.5 Aydınlatma

Armatürlerin fabrikadaki dağılımları şöyledir :

- a) Dahili yüksek aydınlatmalar: 400 W Metal – Halide armatür kullanılıyor.
- b) Dahili alçak aydınlatmalarda : 36 W manyetik balastlı 58 W elektronik balastlı floresan armatürleri
- c) Harici aydınlatmalarda : 250 W Civa buharlı (sokak aydınlatması), 400 W sodyum buharlı 250 W metal halide 160 W civa buharlı balastsız

4.3 Enerji Tüketimini İzleme Çalışmaları

Fabrikada, enerji tasarrufu çalışmalarının verimli şekilde yapılması için öncelikle mevcut durumda harcanan enerjinin, enerji kayıplarının tespit edilmesi ve daha sonra iyileştirme bölgelerinin belirlenmesi gereklidir. Bu çalışmaların yapılması için öncelikli olarak çalışmaları yönetecek ve yönlendirecek enerji komitesinin kurulması gereklidir. Yapılması gereken diğer çalışmalar aşağıda sıralanmıştır.

- a) Enerji bütçesi programı

Her yıl bütçe programı için sarfedilecek olan enerjilerin tüketim miktarları üretim sayılarına göre tahmin edilmeli ve bütçede her ay ne kadar enerji tüketileceğinin tahmini yapılmalıdır. Gerçekleşen aylarda da eğer bu tahminlerin dışına çıkdıysa nedeni araştırılmalıdır. (hava sıcaklık düşümleri, üretim adetlerinin azalması, vb.)

b) Enerji tüketimlerinin izlenmesi, veri toplama ve aylık bazda raporlama

Her gün düzenli olarak tüketilen enerjiler (elektrik, doğalgaz, su, basınçlı hava, vb.) ile ilgili veriler toplanmalıdır. Bu verilerin aylık olarak raporlaması yapılmalıdır.

c) Enerji tüketimlerinin izlenmesi, veri toplama ve aylık bazda raporlama

Her gün düzenli olarak tüketilen enerjiler (elektrik, doğalgaz, su, basınçlı hava, vb.) ile ilgili veriler toplanmalıdır. Bu verilerin aylık olarak raporlaması yapılmalıdır.

d) Atölyeler

Atölyelerde homojen ısı dağılımı için aylık olarak sıcaklıklar ölçülmeli ve ısıtma menfezi gerekmeyen yerlerdeki menfezler kapatılarak, diğer ısıtma yetersiz kalan bölgelerin daha fazla ısınmasının sağlanması için çalışma yapılmalıdır.

e) Kazanlar

Haftada bir gün kazan baca gazı değerleri kontrol edilmeli ve bu gaz değerlerine göre oksijen (O₂) ayarları yapılmalı, kazanların daha verimli çalışması sağlanmalıdır.

f) Hava kaçakları

Her ay düzenli olarak hava kaçak miktarı belirlenmesi yapılmalı ve bu sonuca göre kaçak önleme çalışmaları yapılmalıdır.

g) Elektrik ölçümleri

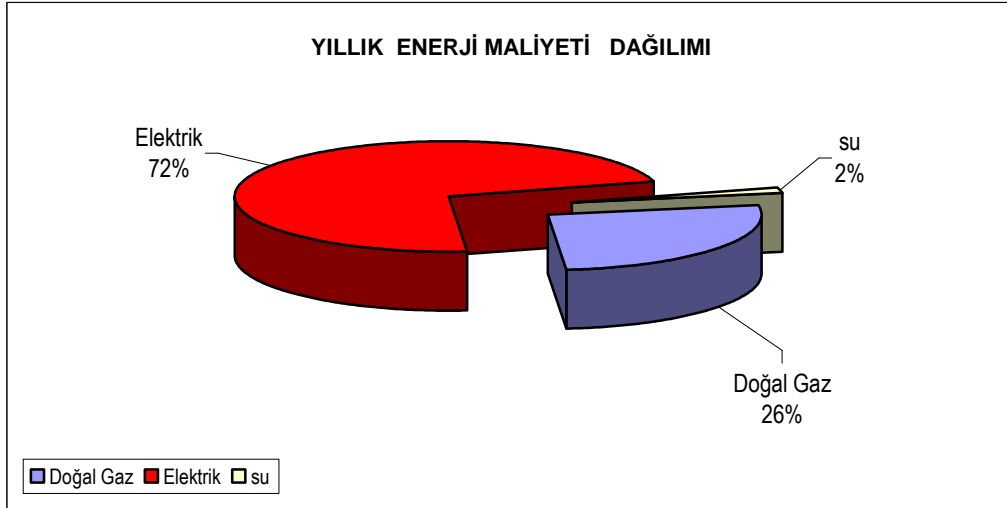
Fabrikada ana elektrik sayacı haricindeki diğer bölgelerde de elektrik sayacıyla günlük olarak ölçümler yapılmalıdır. Ayrıca boya tesisleri gibi yoğun elektrik enerjisi harcayan bölgelere sayaçlar konulmalıdır.

Tesiste, kazanlarda baca gazı analizleri, kazanlarda yüzey sıcaklık ölçümleri, boyahanelerde baca gazı analizleri, fırın yüzey sıcaklıkları ölçümleri, hava kaçakları ölçümleri, elektrik süzme sayaçları ile proseslere, aydınlatmalara ve yardımcı işletmelerde tüketilen enerjilerin bulunması, amperaj ölçümleri, dış hava sıcaklıkları (kazanlarda sıcaklık düşümleri için), doğalgaz sayaç ölçümleri, aylık bazda hava tüketim değerleri ölçümlerinin yapılması için aşağıdaki ölçüm cihazları gereklidir.

- a) Baca gazı analiz cihazı
- b) Luxmetre
- c) Termal kamera
- d) Enerji analizatörü
- e) Devirölçer
- f) Avometre
- g) Hava kaçak ses dinleme cihazı
- h) Laserli ısı ölçer
- i) Osiloskop
- j) Cos ϕ metre
- k) Ampermetre

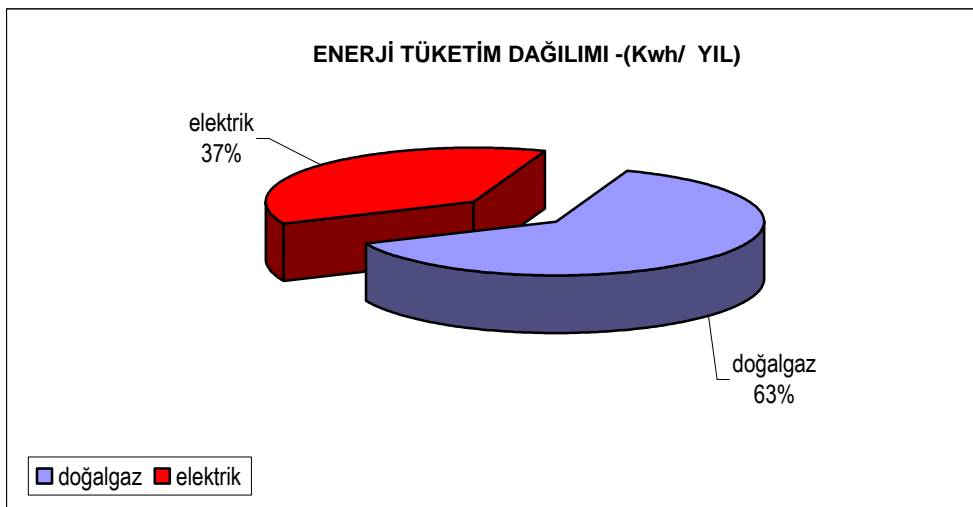
4.4. Enerji Tüketimini Azaltma Çalışmaları

Tesiste proses ve ısınma amaçlı enerji tüketiminin genel dağılımı incelendiğinde %72 elektrik, % 26 doğalgaz, %2 su olduğu görülmektedir.



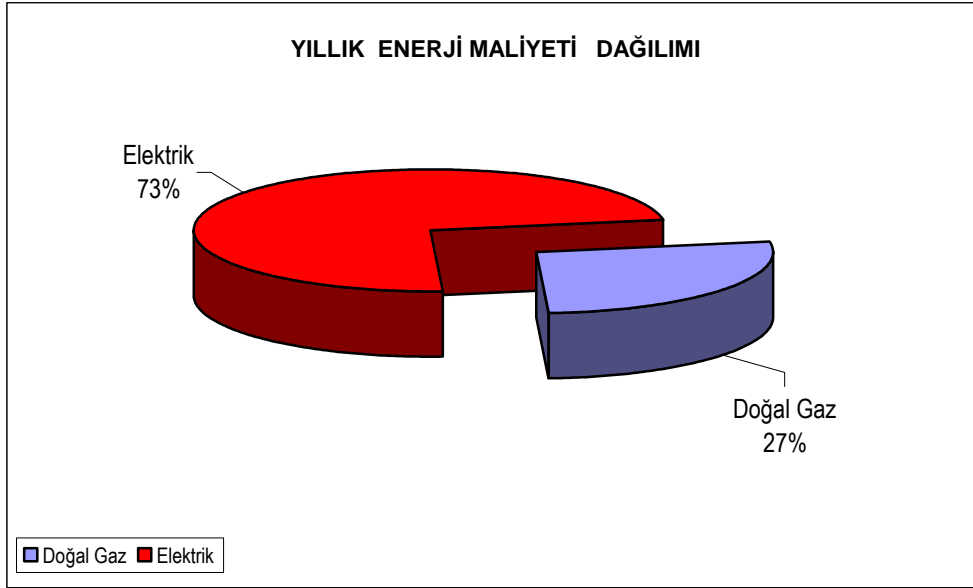
Şekil 4.2. Yıllık enerji tüketim dağılımı (doğalgaz, elektrik, su)

Enerji maliyetinde suyun çok düşük bir oranda olduğu görülmektedir. Bu sebeple elektrik ve doğalgaz karşılaştırması yapıldığında % 37 elektrik, %63 doğalgaz kullanımı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.3. Yıllık enerji tüketim dağılımı (doğalgaz, elektrik)

Tesisin enerji tüketim ve enerji maliyeti dağılımından görüleceği üzere, kwh olarak doğalgaz tüketimi yüksek olmasına karşılık, elektrik maliyeti daha yüksektir.



Şekil 4.4. Yıllık enerji maliyeti dağılımı

Elektrik ve doğalgaz işletmedeki önemli tüketim ve maliyet değerlerini oluşturduğundan dolayı bu iki parametre üzerinde yoğunlaşarak çalışma yapmamız gereklidir.

4.5 . Enerji Tasarrufu İyileştirme Projeleri

4.5.1. Kazan suyu sıcaklığının düşürülmesi projesi

a) Proje Uygulaması Öncesi Durum

Kazan suyu sıcaklığı otomasyonda sürekli olarak ortalama 150 °C' de tutulmaktaydı. Daha önce kızgın su sistemi 140/ 100 °C olarak devamlı çalışmakta idi. 4 adet kazanın kapasitesi toplam 33 Gcal/h olup, kışın ısıtma ve yaz-kış boya ve diğer proseslerde kullanılmaktadır. Yapılan ölçümlerde kışın ortam sıcaklığı 2-3 °C' de iken kazan suyunun 130-120 °C' de ve ortam sıcaklığı 5 °C' nin üstünde iken ise kazan suyunun 115-120 °C' de çalışılması ile ısıtmada konfor kaybı yaşanmadığı gözlenmiştir. Sonraki aşamada, 115-120 °C 'nin altına düşülemeyen bazı proseslerde ilave serpantin konması ile 100 °C' de çalışma sağlanmıştır.

b) Uygulama

Projenin uygulanması sırasında yapılan işler iki fazda incelenecek olursa, herbir fazı değerlendirelim.

a) Birinci faz

Kazansuyu sıcaklığı takibi otomasyondan çıkarılarak, manuel kontrole geçirilmiştir. Kış dönemi içinde fabrika binalarında çeşitli noktalarda gün içinde değişik saatlerde sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Aşağıdaki tablo ile konforu düşürmeden dış ortam sıcaklığı ile kazan suyu sıcaklığı arasındaki bağlantı kurulmuştur. Böylece ortalama 150 °C olan su sıcaklığı 122 °C ve daha sonra 110 °C' e kademeli olarak düşürülmüştür.

Tablo 4.1. Birinci faz dış hava sıcaklığına göre kazan suyu sıcaklık tablosu

DIŞ HAVA SICAKLIĞI (°C)	KALORİFER KAZANLARI (°C)	1. KIZGIN SU KAZANLARI (MANGAN FOSFAT ÇALIŞTIĞINDA) (I) (°C)	2.KIZGIN SU KAZANLARI (MANGAN FOSFAT ÇALIŞTIĞINDA) (II) (°C)
-8	80	150	135
-6	80	150	135
-4	80	145	130
-2	80	145	130
0	75	140	125
2	70	140	125
4	65	140	125
6	60	135	120
8	55	135	120
10	50	125	120
13	45	120	115
15	40	120	110
18	40	120	110
20	KAPAT	115	105

b) İkinci faz

Birinci fazda kazan suyu sıcaklığı 150°C' den 110°C' e düşürülmüştür. Ancak ısıtım işlem atölyesi ve vinileks kurutma tüneline prosesler izin vermediği için su sıcaklığı yaz-kış 110 °C' den aşağı düşürülememiştir.

Vinileks kurutma tüneli ısıtım eşanjörüne (kızgın su-hava) serpantinine ilave serpantin konularak kapasite artırılmıştır.

Aynı dönemde ısıtma işlem atölyesi mangan fosfat banyosuna da ilave serpantin konulması ile 18°C ortam sıcaklığının üstündeki durumlarda kazan suyu sıcaklığı 100 °C' e kadar düşürülmüştür.

Yukarıda anlatılan sıcaklık düşürme çalışmalarının dışında, kazanın üretim olmadığı günlerde kapatılması çalışması yapılmıştır.

Dış ortamın 20 °C' nin üstünde olduğu (ısıtma yapılmayan) dönemlerde kazan suyu sıcaklığı 110 °C' den 100 °C' e düşürülmüştür. Kataforezi fosfat tankında yapılan yeni düzenleme ile proses gereği kazanın çalıştırılmaması ve 100 °C' de çalışmanın 120 °C' e göre daha güvenli olması sebebiyle uygun zamanlarda kazan kapatılmıştır. Böylece örneğin eski durumda; 31 gün x 24 saat = 744 saat kazan çalıştırılacak iken yeni durumda, 7 tam gün kazan çalıştırılmamış ve toplam 314 saat çalıştırılmıştır. Bu bir aylık dönemde kazan 21 kez açılıp kapatılmıştır. Kazan suyu devresinde ortalama 400 ton su bulunmakta, bunun 300 tonu sirküle edilip ısıtılmaktadır. 110 °C yerine 100 °C' e ısıtılma yapıldığından 10 °C tasarruf edilmiştir. Kazan kapatıldıktan sonra tekrar çalıştırılana kadar sistem yazın 20 °C, kışın 30 °C soğumaktadır. Sistem yüksüz olarak beklemede ortalama yazın 2900 m³/gün (120 m³/saat), kışın 4500 m³/gün (187,5 m³/saat) doğalgaz tüketmektedir. Kazan verimi ekipman katalog bilgilerinden 0,90 alınmıştır.

Q₁: Soğuyan sistemi her seferinde tekrar ısıtmak için harcanan enerji

Sirküle edilen su miktarı: 300000 kg.

Kışın sirkülasyon suyu soğuma miktarı: 30 °C

Yazın sirkülasyon suyu soğuma miktarı: 20 °C

$(300000 \text{ kg} \times 0,956 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \times 30^\circ\text{C}) / 0,9 = 9.560.000 \text{ kcal (kış)}$

$(300000 \text{ kg} \times 0,956 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \times 20^\circ\text{C}) / 0,9 = 6.373.000 \text{ kcal (yaz)}$

Yazın izin dönemi düşülerek, ayda 20 kez aç-kapa yapılacağı düşünülerek harcanan doğalgaz miktarı;

$Q_{\text{doğalgaz-yaz}} = 6,5 \text{ ay} \times 20 \text{ kez/ay} \times 6.373.000 \text{ kcal} = 828.533.000 \text{ kcal} = 100.428 \text{ m}^3/\text{yaz}$

$Q_{\text{doğalgaz-kış}} = 5 \text{ ay} \times 20 \text{ kez/ay} \times 9.560.000 \text{ kcal} = 956.000.000 \text{ kcal} = 115.879 \text{ m}^3/\text{kış}$

Böylece,

$$Q_1 = 828 + 956 = 1.784 \text{ Gcal/yıl} = 216.307 \text{ m}^3/\text{yıl} \text{ doğalgaz harcanacaktır.}$$

Q_2 : Sistemin çalışmadığı sürelerden tasarruf edilen enerji

(Her ay 4 Pazar 24 saat, 4 cumartesi 16 saat ve kalan 22 işgünü de 8 saat kazan çalışmadığı düşünülürse ayda 336 saat kazan çalıştırılmamaktadır. Beklemede yakma miktarları alındığında,

$$Q_2 = (336 \text{ saat/ay} \times 6,5 \text{ ay/yıl} \times 120 \text{ m}^3/\text{saat}) + (336 \text{ saat/ay} \times 5 \text{ ay/yıl} \times 187,5 \text{ m}^3/\text{saat}) = 611.100 \text{ m}^3/\text{yıl} \text{ doğalgaz tasarruf edilir.}$$

Toplam Kazanç,

$$Q_2 - Q_1 = 611.100 - 216.307 = 394.793 \text{ m}^3/\text{yıl} \text{ doğalgaz} = 325,7 \text{ TEP}$$

$$394.793 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 8250 \text{ kcal} / \text{m}^3 = 3.257.042.250 \text{ kcal} / \text{yıl}$$

$$3.257.042.250 \text{ kcal} / \text{yıl} / 860 \text{ kcal} / \text{kwh} = 3.787.258 \text{ kwh} / \text{yıl}$$

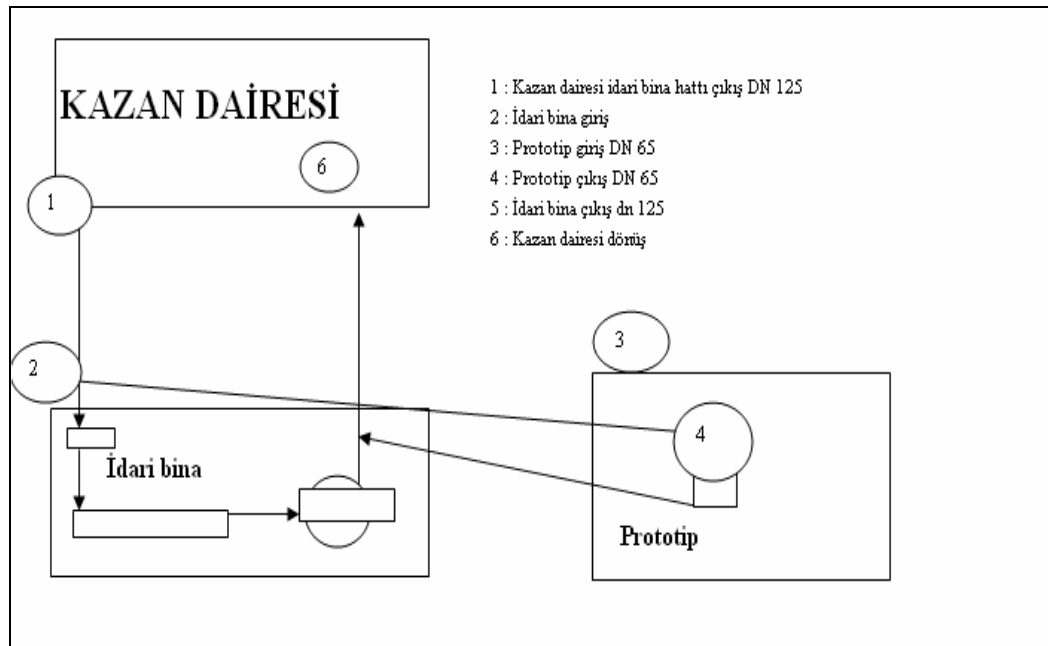
$$1 \text{ TEP (Ton Eşdeğer Petrol)} = 11630 \text{ kwh}$$

$$3.787.258 \text{ kwh} / \text{yıl} / 11630 = 325,7 \text{ TEP}$$

4.5.2. Bağımsız ısıtma

a) Proje Uygulaması Öncesi Durum

İdari bina, sosyal tesisler, yemekhane, giriş kontrol binası, prototip atölyesi, son teslim ve tesis yatırım ofisleri doğalgaz tesisatı döşenmeden önce kazan dairesinden gelen kızgınsu tesisatları ile ısıniyordu. Kazan dairesinden çıkan kızgınsu 525 m. ilerideki idari bina ve sosyal tesislere geldikten sonra ayrı bir kollektörle yaklaşık 200 m. ilerideki giriş kontrol binasına, başka bir kollektörden de yaklaşık 300 m. uzaklıktaki prototip atölyesine gidiyordu.



Şekil 4.5. Kızgınsu gidiş-dönüş hattı

b) Uygulama

İdari bina ve sosyal tesisler, giriş kontrol araç teslim ofis binası ve prototip atölyesinin kış dönemi ısıtımları için merkezi kazan kullanımından vazgeçilerek buralara özel kazan, kombi ve radyant ısıtıcılar konularak bu noktalara doğalgaz tesisatı çekilmesi sağlanmıştır. Bu yeni tesisler devreye alındıktan sonra kazan

dairelerinden buralara sirkülasyon yapan pompalar kapatılarak, gereksiz tesisatlar iptal edilmiştir.

55 m³/h debili yaklaşık 525 m. uzunluğundaki 5" kazan dairesi – idari bina gidiş dönüş hatları ve 12 m³/h debili yaklaşık 525 m. uzunluğundaki 2 ½ " kazan dairesi – prototip binası gidiş dönüş hatlarının mevsimlere bağlı kızgınsu sıcaklık kaybı aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

İdari binada banyo ve lavabolarda sıcaksu kullanıldığı için yıl boyunca sirkülasyon pompası çalışmakta, prototip atölyesinde ise sadece kışın ısıtma amaçlı kullanım olmaktadır.

Tablo 4.2. İdari bina-kazan dairesi yıllık ısı kaybı

İDARİ BİNA KAZAN DAİRESİ ARASI 5" GİDİŞ DÖNÜŞ HATLARININ ISI KAYBI						
TARİH	KAZAN-İDARİ GİDİŞ			İDARİ-KAZANA DÖNÜŞ		
	T ₁ -T ₂	Q ₁ -Q ₂ (Kcal/h)	Q ₁ -Q ₂ (Kcal/h) dönemsel	T ₅ -T ₆	Q ₅ -Q ₆ (Kcal/h)	Q ₅ -Q ₆ (Kcal)
OCAK	8	286.607	68.785.680	3	107.478	25.794.720
ŞUBAT	10	358.259	85.982.160	10	358.259	85.982.160
MART	15	537.388	128.973.120	7	250.781	60.187.440
NİSAN	7	250.781	60.187.440	4	143.303	34.392.720
MAYIS	7	250.781	60.187.440	4	143.303	34.392.720
HAZİRAN	5	179.129	42.990.960	3	107.478	25.794.720
TEMMUZ	5	179.129	42.990.960	3	107.478	25.794.720
AĞUSTOS	5	179.129	42.990.960	3	107.478	25.794.720
EYLÜL	7	250.781	60.187.440	4	143.303	34.392.720
EKİM	7	250.781	60.187.440	4	143.303	34.392.720
KASIM	8	286.607	68.785.680	3	107.478	25.794.720
ARALIK	8	286.607	68.785.680	3	107.478	25.794.720
		TOPLAM (kcal/yıl)	722.249.280		TOPLAM (kcal/yıl)	438.508.800

T_1 : Kazan dairesi idari bina hattı çıkış (DN 125) sıcaklığı

T_2 : İdari bina giriş kollektörü sıcaklığı

T_3 : Son Teslim kızgın su giriş sıcaklığı

T_5 : İdari bina kızgın su çıkış (DN 125) kollektör sıcaklığı

T_6 : Kazan dairesi dönüş hattı sıcaklığı

Not 1: $Q_1-Q_2(\text{kcal/h})= 38 \text{ m}^3/\text{h} \times 918 \text{ kg/m}^3 \times 1.027\text{kcal/kg}^\circ\text{C} \times (T_1-T_2)^\circ\text{C}$

Not 2: Q_1-Q_2 dönemsel= $(Q_1-Q_2) \times 12 \text{ saat/gün} \times \text{gün sayısı}$

Not 3: Kazan dairesindeki pompa grubu günde 12 saat çalışmaktadır, 42 m³/h lik debi basınç kayıplarından dolayı 38 m³/h alınmıştır.

Tablo 4.3. İdari bina-prototip atölyesi yıllık ısı kaybı

İDARİ BİNA- PDI ATÖLYESİ ARASI 2 1/2" GİDİŞ DÖNÜŞ HATLARININ ISI KAYBI			
TARİH	(T_2-T_3)	$Q_2-Q_3(\text{Kcal/h})$	Q_2-Q_3 dönemsel
OCAK	18	203.634	48.872.160
ŞUBAT	20	226.260	54.302.400
MART	18	203.634	48.872.160
NİSAN	15	169.695	40.726.800
KASIM	14	158.382	38.011.680
ARALIK	14	158.382	38.011.680
		TOPLAM kcal/yıl	268.796.880

T_2 : İdari bina giriş kollektörü sıcaklığı

T_3 : Son Teslim kızgın su giriş sıcaklığı

Not 1: $Q_2-Q_3(\text{kcal/h})= 12 \text{ m}^3/\text{h} \times 918 \text{ kg/m}^3 \times 1.027\text{kcal/kg}^\circ\text{C} \times (T_2-T_3)^\circ\text{C}$

Not 2: Q_2-Q_3 dönemsel= $(Q_2-Q_3) \times 12 \text{ saat/gün} \times \text{gün sayısı}$

Not 3: Kazan dairesindeki pompa grubu günde 12 saat çalışmaktadır, 13,5 m³/h lik debi basınç kayıplarından dolayı 12 m³/h alınmıştır.

NOT : İdari binaya gelen kızginsudan (140/ 100 °C) buradaki eşanjör vasıtasıyla sıcaksu (90/ 60 °C) elde ediliyordu. Elde edilen sıcak suyun bir kısmı ile yaklaşık 350 m. uzunluğundaki 1 ½ ” yeraltı gidiş dönüş hattı ile giriş kontrol binası ısıtılmakta idi.

Toplam ısı kaybı :

$$722.249.280 + 438.508.800 + 268.796.880 = 1.429.554.960 \text{ kcal/yıl}$$

$1.429.554.960 / 8250 / 0,9$ (kazan verimi) = 192.533 m³/yıl doğalgaz kazancı olmuştur.

$192.533 \times 0,825/1000 = 159$ TEP/yıl olarak hesap edilmiştir.

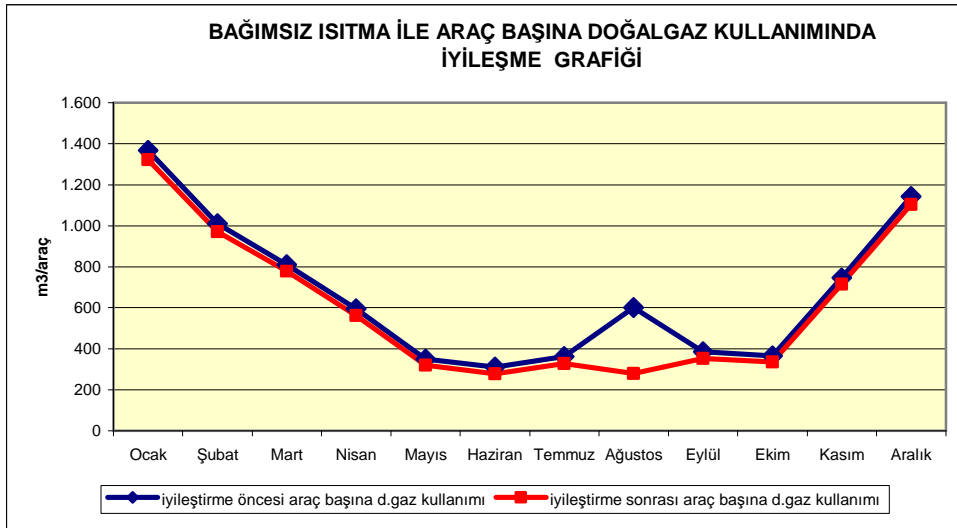
$192.533 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 8250 \text{ kcal}/\text{m}^3 = 1.588.397.250 \text{ kcal}/\text{yıl}$

$1.588.397.250 \text{ kcal}/\text{yıl} / 860 \text{ kcal}/\text{kwh} = 1.846.974 \text{ kwh}/\text{yıl}$

Yeni ısıtma sistemleri ile birlikte sirkülasyon pompaları da devreden çıkartıldı.

$(2 \text{ pompa} \times 2,2 \text{ kwh} \times 12 \text{ h/gün} \times 335 \text{ gün/yıl} = 17.688 \text{ kwh/yıl} = 1,52 \text{ TEP/yıl})$

Toplam = $1.846.974 \text{ kwh}/\text{yıl} + 17.688 \text{ kwh/yıl} = 1.864.662 \text{ kwh/yıl}$



Şekil 4.6. Bağımsız ısıtma ile araç başına doğalgaz kullanımında iyileşme grafiği

4.5.3. Vana ceketi izolasyonu projesi

Tesiste, Kazan Dairesinde ısıtılmış suyun üretim hatlarına yollanırken büyük çaplı vanalarda izolasyonu eskidiğinden ve bazılarında da izolasyon olmadığından ısı kaçakları bulunmaktadır. Bu kaçak ısının bir kısmını kazanabilmek için yapılmış bir çalışmadır ve aşağıdaki işlem basamakları izlenmiştir.

- a) Fabrika içindeki tüm hatlarda termal kamera ile ısı kaçak takibi yapılmıştır. (Şekil 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16)
- b) Vanalardaki izolasyonlarda bir kısmında sorun olduğu yani izolasyonların izolasyon işlemlerini yapmadıkları, diğer kısmında da izolasyon olmadığı için kaçakların olduğu belirlenmiştir.
- c) İzolasyonu eskiyen ve izolasyonu olmayan vanalar (vanalar, pislik tutucular ve cek vanalar) ile ilgili adetler çıkarılmıştır. Fiyatlandırmaları yapılarak ve geri dönüş süreleri hesaplanmıştır.

Alınan vana ceketleri, vana büyüklüklerine göre sıralanarak en büyük vanalardan itibaren takılmaya başlanmıştır. Vanalara takılan vana ceketlerinden sonra termal kamera ile çekimler yapılarak ısı kaçağı olup olmadığı kontrol edilmiştir ve ısı kaçağı olan yerler tespit edilerek, bu bölgelerde izolasyon yenileme ve yeni izolasyon çalışmalarına başlanmıştır.

Tablo 4.4. Isı kayıpları hesabı

Çap (mm)	Miktar (adet)	İzolasyonsuz Kayıp (W/saat)	Toplam 1 (W/saat)	İzolasyonlu Kayıp (W)	Toplam 2 (W/saat)	Vana Ceketi Birim Fiyatı (YTL)	Vana Ceketi Maliyeti (YTL)	25% İskontolu bedel (YTL)
250	18	1324,26	23836,68	109,51	1971,18	347,20	6249,60	4687,20
200	45	1122,51	50512,95	89,55	4029,75	255,20	11484,00	8613,00
150	42	907,49	38114,58	69,52	2919,84	217,80	9147,60	6860,70
125	39	800,45	31217,63	60,09	2343,32	185,90	7250,10	5437,58
100	10	688,43	6884,30	50,63	506,26	147,70	1477,00	1107,75
80	8	569,76	4558,08	41,13	329,04	108,90	871,20	653,40
65	0	507,17	0,00	36,32	0,00	101,10	0,00	0,00
40	0	360,46	0,00	25,77	0,00	71,40	0,00	0,00
32	0	326,16	0,00	23,50	0,00	63,80	0,00	0,00
25	0	275,09	0,00	20,11	0,00	57,50	0,00	0,00
20	0	232,26	0,00	17,41	0,00	51,20	0,00	0,00
15	0	194,92	0,00	15,13	0,00	45,40	0,00	0,00

155124,218		12099,39		36479,50	27359,63
------------	--	----------	--	----------	----------

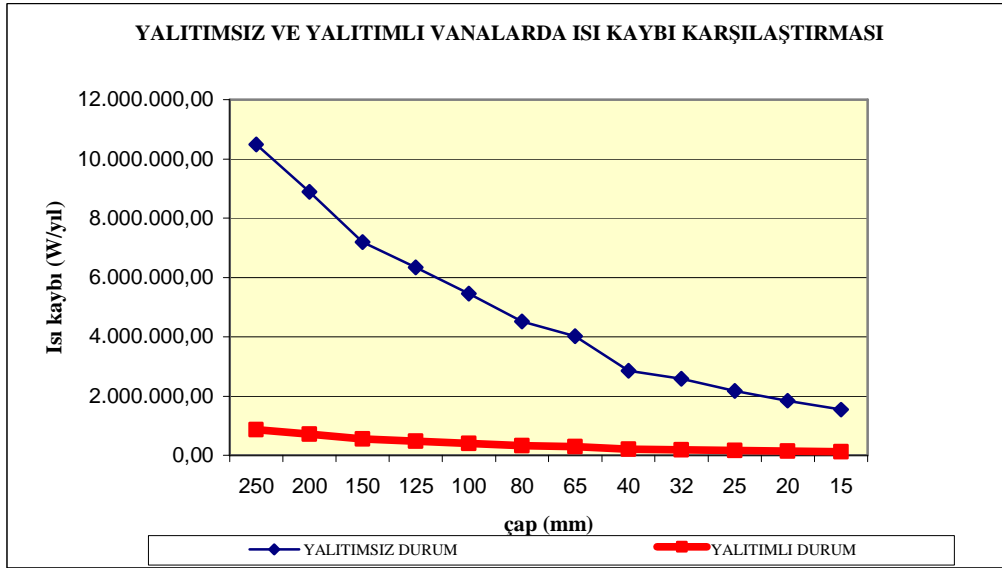
GÜNLÜK ÇALIŞMA SAATI	24	SAAT
YILLIK ÇALIŞMA GÜN SAYISI	330	GÜN
DOĞAL GAZ ISIL DEĞERİ	9.593	W / m ³
VERİM	93	%
FİYAT	0,3171	YTL / m ³
1 kW ENERJİ İÇİN GEREKLİ DOĞAL GAZ MALİYETİ	0,0359	YTL /KW

Tablo 4.5. Yalıtımsız durumda ısı kayıpları hesabı

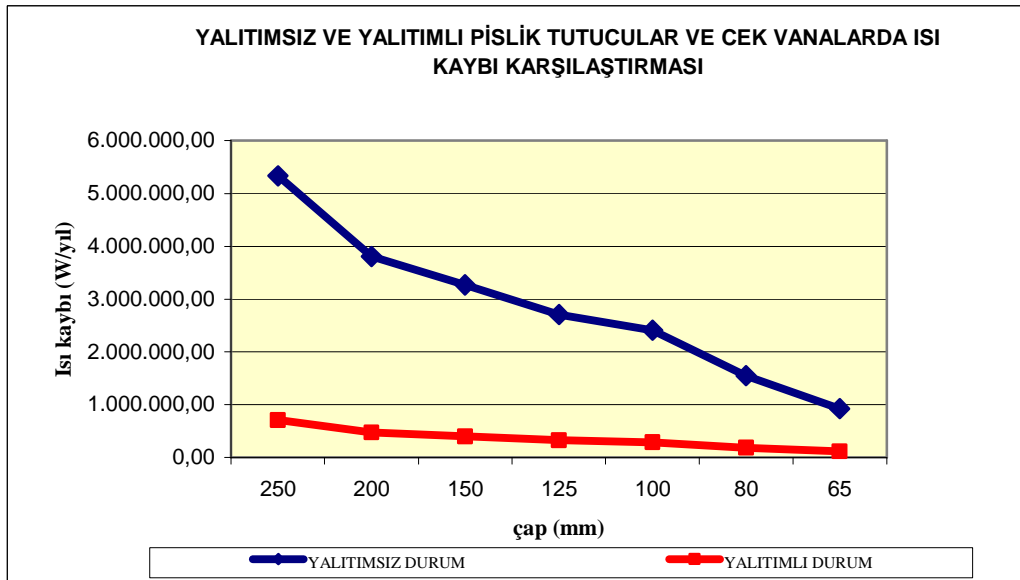
YALITIMSIZ DURUM					
Çap (mm)	Miktar (adet)	Saatteki Isı Kaybı (W / saat)	Günlük Isı Kaybı (W/ saat, 24 saat)	Yıllık Isı Kaybı (W/ yıl,330 gün)	Toplam (W/yıl)
VANALAR					
250	18	1.324,26	31.782,24	10.488.139,20	188.786.505,60
200	45	1.122,51	26.940,24	8.890.279,20	400.062.564,00
150	42	907,49	21.779,76	7.187.320,80	301.867.473,60
125	39	800,45	19.210,85	6.339.579,84	247.243.613,76
100	10	688,43	16.522,32	5.452.365,60	54.523.656,00
80	8	569,76	13.674,24	4.512.499,20	36.099.993,60
65	0	507,17	12.172,08	4.016.786,40	-
40	0	360,46	8.651,04	2.854.843,20	-
32	0	326,16	7.827,84	2.583.187,20	-
25	0	275,09	6.602,16	2.178.712,80	-
20		232,26	5.574,24	1.839.499,20	-
15		194,92	4.678,08	1.543.766,40	-
				TOPLAM	1.228.583.806,56
PİSLİK TUTUCULAR VE CEK VANALAR					
200	1	673,51	16.164,24	5.334.199,20	5.334.199,20
125	5	480,22	11.525,28	3.803.342,40	19.016.712,00
100	3	413,05	9.913,20	3.271.356,00	9.814.068,00
80	12	341,99	8.207,76	2.708.560,80	32.502.729,60
65	15	304,32	7.303,68	2.410.214,40	36.153.216,00
32		196,12	4.706,88	1.553.270,40	-
15	1	116,95	2.806,80	926.244,00	926.244,00
				TOPLAM	103.747.168,80
GENEL TOPLAM (W / YIL)					1.332.330.975,36
TOPLAM (KW / YIL)					1.332.330,98
YALITIMSIZ ENERJİ TOPLAM MALİYET (YTL)					47.876

Tablo 4.6. Yalıtımlı durumda ısı kayıpları hesabı

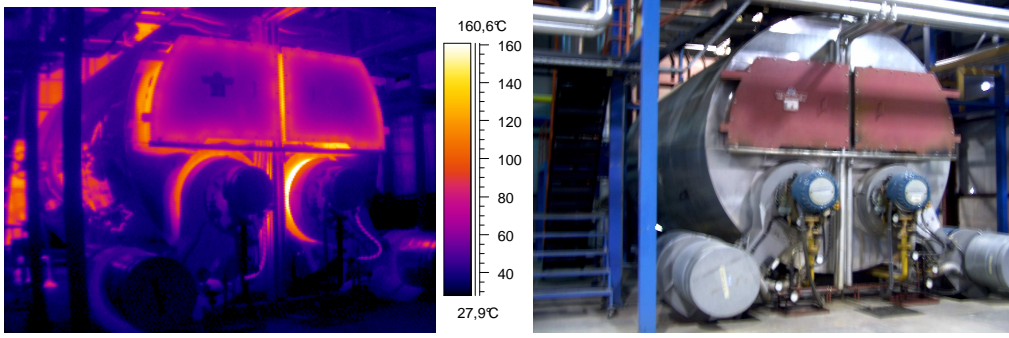
YALITIMLI DURUM					
Çap (mm)	Miktar (adet)	Saatteki Isı Kaybı (W / saat)	Günlük Isı Kaybı (W/ saat, 24 saat)	Yıllık Isı Kaybı (W/ yıl,330 gün)	Toplam (W/yıl)
VANALAR					
250	18	109,51	2.628,24	867.319,20	15.611.745,60
200	45	89,55	2.149,20	709.236,00	31.915.620,00
150	42	69,52	1.668,48	550.598,40	23.125.132,80
125	39	60,09	1.442,04	475.873,20	18.559.054,80
100	10	50,63	1.215,02	400.957,92	4.009.579,20
80	8	41,13	987,12	325.749,60	2.605.996,80
65	0	36,32	871,68	287.654,40	-
40	0	25,77	618,48	204.098,40	-
32	0	23,50	564,00	186.120,00	-
25	0	20,11	482,64	159.271,20	-
20	0	17,41	417,84	137.887,20	-
15	0	15,13	363,12	119.829,60	-
	162				
PİSLİK TUTUCULAR VE CEK VANALAR					
200	1	89,55	2.149,20	709.236,00	709.236,00
125	5	60,09	1.442,04	475.873,20	2.379.366,00
100	3	50,62	1.214,88	400.910,40	1.202.731,20
80	12	41,13	987,12	325.749,60	3.908.995,20
65	15	36,32	871,68	287.654,40	4.314.816,00
32	0	23,51	564,19	186.183,36	-
15	1	15,14	363,31	119.892,96	119.892,96
	37				
TOPLAM (W / YIL)					108.462.166,56
TOPLAM (KW / YIL)					108.462,17
YALITIMLI ENERJİ TOPLAM MALİYET					3.897
YILLIK SAĞLANAN TASARRUF (KW / YIL)					1.223.868,81
YILLIK SAĞLANAN TASARRUF (YTL / YIL)					43.979



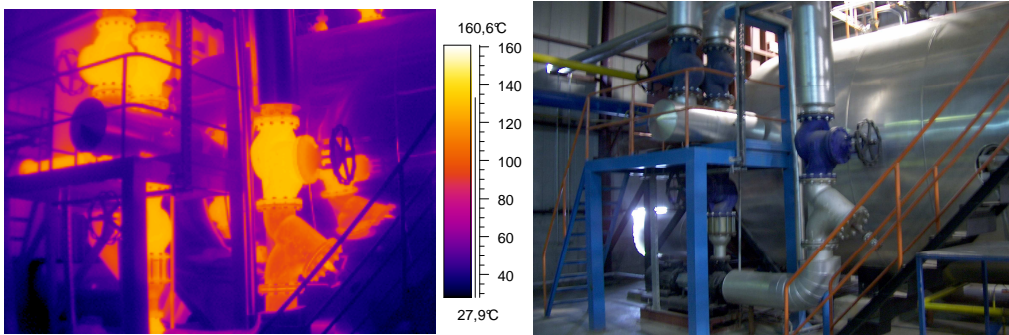
Şekil 4.7. Yalıtımsız ve yalıtımlı vanalarda ısı kaybı karşılaştırması



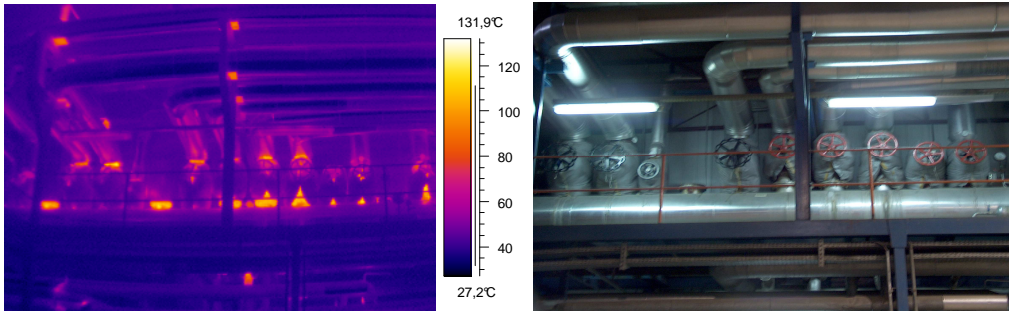
Şekil 4.8. Yalıtımsız ve yalıtımlı pislik tutucu ve çek vanalarda ısı kaybı karşılaştırması



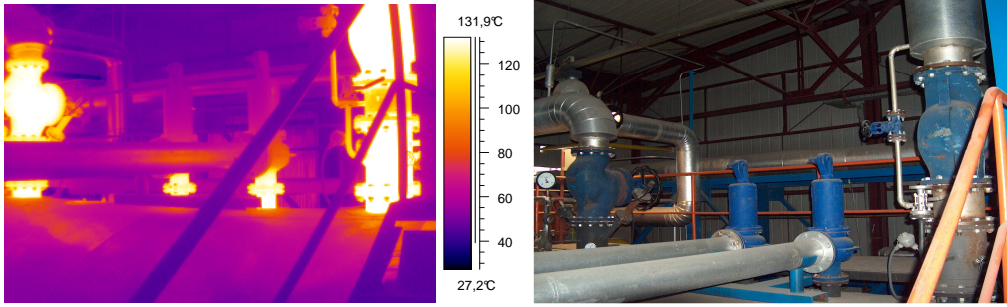
Şekil 4.9. Kazan termal kamera ve normal çekim görüntüsü



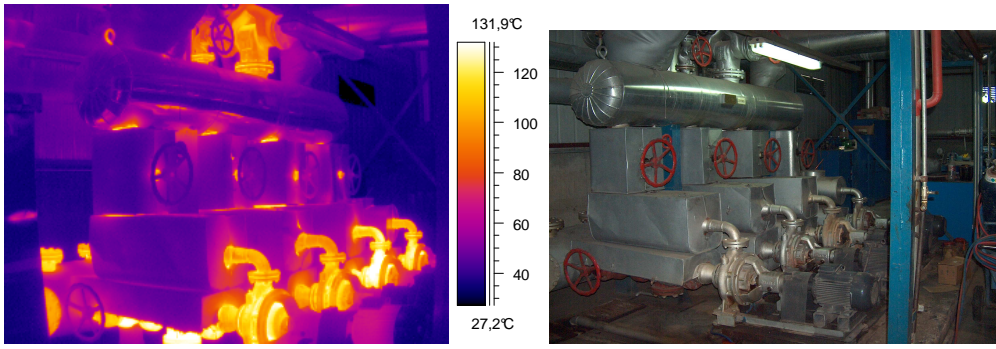
Şekil 4.10. Kazan vanaları termal kamera ve normal çekim görüntüsü



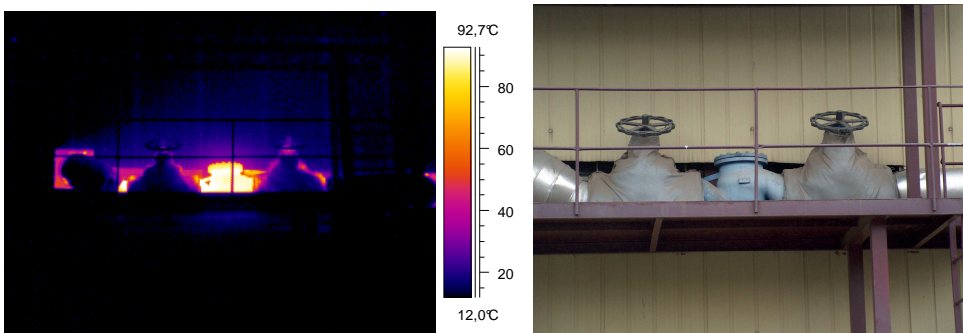
Şekil 4.11. Boru sistemi termal kamera ve normal çekim görüntüsü



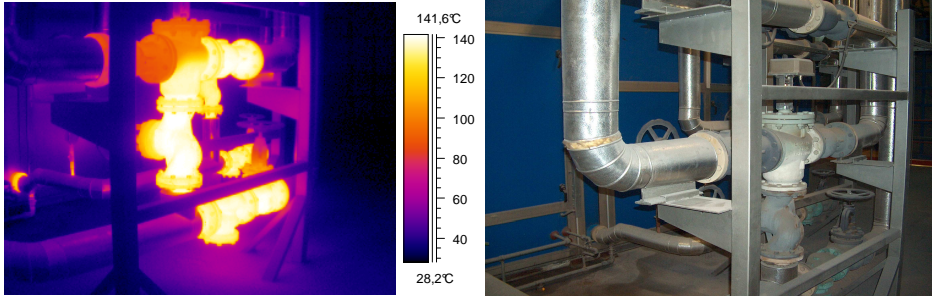
Şekil 4.12. Boru sistemi termal kamera ve normal çekim görüntüsü



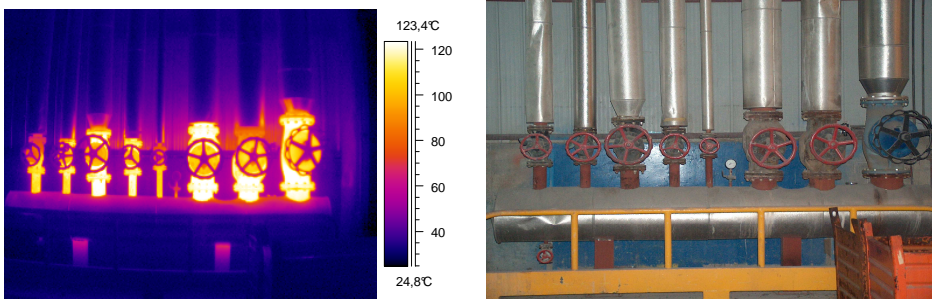
Şekil 4.13. İzolasyonlu ve izolasyonsuz boru sistemi termal kamera ve normal çekim görüntüsü



Şekil 4.14. İzolasyonlu ve izolasyonsuz vana termal kamera ve normal çekim görüntüsü



Şekil 4.15. İzolasyonlu boru ve izolasyonsuz vana termal kamera ve normal çekim görüntüsü



Şekil 4.16. İzolasyonsuz vana termal kamera ve normal çekim görüntüsü

4.5.4. Genel aydınlatma enerji tasarrufu projesi

Aydınlatmaların çektiği enerjileri azaltmak ve daha önceden enerji tasarrufu adı altında sökülmüş olan ampulleri de devreye sokarak daha az enerji çeken aydınlatma sistemine geçilmesi için yapılmış bir çalışmadır.

- a) Fabrika içinde üretimin olmadığı saatlerde ve günlerde fabrika içini nöbetçi olarak aydınlatan 400 W metal halide ampuller mevcuttur.
- b) Üretim binaları dışında ve yollarında da havanın kararmasına göre çalışan 250 W'lık dış aydınlatma ampulleri vardır. Bunlardan bir kısmı yani 2 ampulden biri kapalı, kimi yerlerde de 3 ampulden biri kapalı olarak enerji tasarrufu sağlamaya çalışılmakta, fakat karanlık bölgelerin önüne geçilememektedir.
- c) Üretim binaları içinde de üretimin olduğu sırada yanan yine yüksek aydınlatmaları 400 W'lık metal halide ampulleri mevcuttur.

İlk etap aydınlatma çözümünde,

- a) İlk olarak fabrika üretim binalarındaki 400 W'lık nöbetçi aydınlatma ampulleri sayıları belirlenerek, yıllık çektiği elektrik enerji miktarları hesaplanmıştır.
- b) Piyasa araştırması yaparak daha az güç çeken elektrik ampulleri araştırılarak, numuneler ile belli bölgelerde test için aydınlatmalar yapılmış ve aydınlatma değerleri ölçülmüştür.
- c) Ampuller takılırken eski ampuller (400 W'lık ampuller) trafoları ile beraber sökülüp yerine yeni duylar ile enerjisi düşük ışık şiddeti yüksek ampuller takılmıştır.
- d) 250 W'lık dış aydınlatma ampulleri sökülerek yerine daha az güç çeken ışık şiddeti yüksek ampullerden takılmıştır ve daha önce enerji tasarrufu sağlamak için sökülmüş olan ampuller de yenilenerek aydınlatma olmayan elektrik direkleri de aydınlatılmıştır.

Dış aydınlatmalara 65 W'lık ampul takılmıştır. İç nöbetçi aydınlatma olarak 65 W'lık ampullerden takılmıştır.

İkinci etap aydınlatma çözümünde;

a) Otobüs üretim binasındaki yüksek aydınlatmalar (400 W) yerine hatların üzerlerine alçak aydınlatmalar (2x58W) yapılmıştır. Alçak aydınlatma yapılamayan yerlere de lokal aydınlatmalar yapılarak istenen aydınlatma çözümü sağlanmıştır.

b) Alçak aydınlatmaların yapıldığı bölgedeki yüksek aydınlatma ampulleri de sökülmüştür. 400 W'lık ampuller sökülmüş, 58 W'lık ampuller takılmıştır.

c) Ayrıca forklift ve gezi yolları üzerindeki yüksek aydınlatmalar sökülmüştür.

d) Bununla birlikte fabrikanın çay molalarının olduğu saatlerde ampullerin kapatılması, ilk etapta hatlardaki enerji sorumlularına yaptırılmıştır. İkinci aşamada da bu saat aralıklarında otomatik olarak kapanması için otomasyon kurulması tavsiye edilir.

Tablo 4.7. Ana fabrika binası motor montaj hattı aydınlatma değişikliği fizibilitesi ve kazanç analizi

SIRA NO	İŞİN TANIMI	Miktar		Malzeme Birim Fiyatı (YTL)	Toplam Fiyatı (YTL)
		Adet	MT.		
1	2*58 W. ELEKTRONİK BALASTLI TMS ARMATÜR	Adet	24	32,50	780,00
2	2*58 W. ELEKTRONİK BALASTLI TMS ARMATÜR REFLEKTÖRÜ	Adet	24	9,50	228,00
3	58 W. 860 SERİSİ FLORESAN AMPUL	Adet	48	2,31	110,88
4	3*2,5 MM2 NYMY KABLO	MT.	100	0,90	89,70
				ARMATÜR DEĞİŞİKLİĞİ İÇİN HARCAMA TOPLAMI	1.208,58 YTL

ELEKTRİK SARFIYAT KAZANÇ TABLOSU				Birim Gücü kW.	Toplam Gücü kW.
1	2*58 W. ELEKTRONİK BALASTLI TMS ARMATÜR	Adet	24	0,116	2,78
2	400 W. METAL HALİD ARMATÜR	Adet	24	0,400	9,60
				BİR SAATLİK KAZANÇ	6,8 kWh
				GÜNLÜK ÇALIŞMA SAATİ	9 saat
				GÜNLÜK KAZANÇ	61,3 kWh
				AYLIK ÇALIŞMA GÜN SAYISI	22 Gün
				AYLIK KAZANÇ	1.349,6 kWh
					157 YTL
				HARCAMANIN GERİ DÖNÜŞÜ AY OLARAK	7,7 Ay
				400W. GÖRE YENİ ARMATÜR (2*58 W.) SARFIYATTA KAZANÇ	-% 71,0

Tablo 4.8. Devamı, ana fabrika binası motor montaj hattı aydınlatma değişiklik fizibilitesi ve kazanç analizi

			HARCADIğI GÜÇ (W)	İŞIK ŞİDDETİ KARŞILIğI GÜÇ (W)		E
400 W. METAL HALİD BAŞLANGIÇ DEğERİ.	32000	LÜMEN	400	400	80	lümen/w.
400 W. METAL HALİD SONRA DEğERİ	8000	LÜMEN	400	100	20	lümen/w.
TLD 860 SERİŞİ 58 W. FL. AMPUL ADET : 5200 LÜMEN	10400	LÜMEN	116	116	90	lümen/w.
KAZANÇ	% 30,0			-% 71,0		
SONUÇ : 2*58 W. ELEKTRONİK BALASTLI YENİ UYGULAMA İLE MEVCUT 400 W. METAL HALİDE GÖRE % 30 FAZLA İŞIK AKISI VE % 70 DAHA AZ ELEKTRİK SARFIYATI						

Tablo 4.9. Ana fabrika binası test kontrol hattı aydınlatma değişikliği fizibilitesi ve kazanç analizi

ÖZ	İŞİN TANIMI	Miktar		Malzeme Birim Fiyatı (YTL)	Toplam Fiyatı (YTL)	
		Adet				
1	2*58 W. ELEKTRONİK BALASTLI TMS ARMATÜR	Adet	51	32,50	1.657,50	
2	2*58 W. ELEKTRONİK BALASTLI TMS ARMATÜR REFLEKTÖRÜ	Adet	51	9,50	484,50	
3	58 W. 860 SERİSİ FLORESAN AMPUL	Adet	102	2,31	235,62	
4	3*2,5 MM2 NYMY KABLO	MT.	100	0,90	89,70	
ARMATÜR DEĞİŞİKLİĞİ İÇİN HARCAMA TOPLAMI					2.467,32 YTL	
ELEKTRİK SARFIYAT KAZANÇ TABLOSU				Birim Gücü kW.	Toplam Gücü kW.	
1	2*58 W. ELEKTRONİK BALASTLI TMS ARMATÜR	Adet	51	0,116	5,92	
2	400 W. METAL HALİD ARMATÜR	Adet	51	0,400	20,40	
BİR SAATLİK KAZANÇ					14,5 kWh	
GÜNLÜK ÇALIŞMA SAATİ					9 saat	
GÜNLÜK KAZANÇ					130,4 kWh	
AYLIK ÇALIŞMA GÜN SAYISI					22 Gün	
AYLIK KAZANÇ					2.867,8 kWh	
					333 YTL	
HARCAMANIN GERİ DÖNÜŞÜ AY OLARAK					7,4 Ay	
400W. GÖRE YENİ ARMATÜR (2*58 W.) SARFIYATTA KAZANÇ					-% 71,0	
E						
400 W. METAL HALİD BAŞLANGIÇ DEĞERİ.		32000	LÜMEN	400	400 W.	80 lümen/w
400 W. METAL HALİD YENİ DEĞERİ		9300	LÜMEN	400	225 W.	23 lümen/w
TLD 860 SERİSİ 58 W. FL. AMPUL ADET : 5200 LÜMEN		10400	LÜMEN	116	116 W.	90 lümen/w
KAZANÇ		% 11,8			-% 71,0	

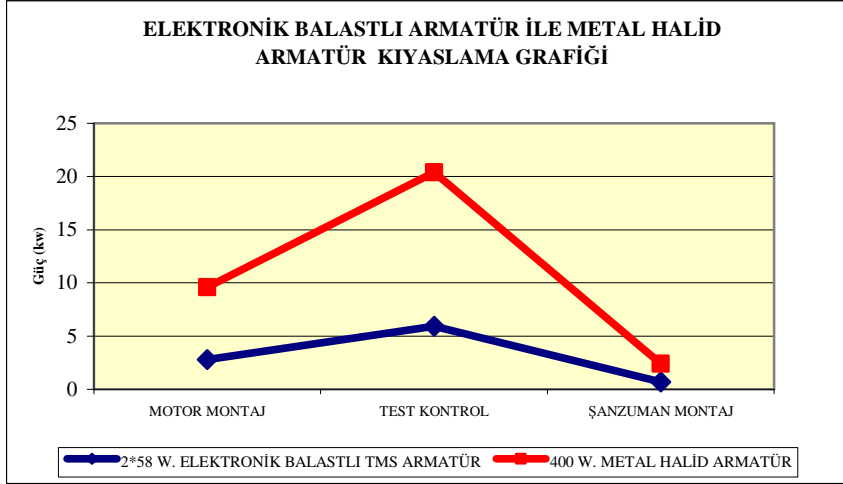
Tablo 4.10. Ana fabrika binası şanzuman montaj hattı aydınlatma değişiklik fizibilitesi ve kazanç analizi

NO	İŞİN TANIMI	Miktar		Malzeme Birim Fiyatı (YTL)	Toplam Fiyatı (YTL)
1	2*58 W. ELEKTRONİK BALASTLI TMS ARMATÜR	Adet	6	32,50	195,00
2	2*58 W. ELEKTRONİK BALASTLI TMS ARMATYÜR REFLEKTÖRÜ	Adet	6	9,50	57,00
3	58 W. 860 SERİSİ FLORESAN AMPUL	Adet	12	2,31	27,72
4	3*2,5 MM2 NYMY KABLO	MT.	50	0,90	89,70
ARMATÜR DEĞİŞİKLİĞİ İÇİN HARCAMA TOPLAMI					369,42 YTL
ELEKTRİK SARFIYAT KAZANÇ TABLOSU				Birim Gücü kW.	Toplam Gücü kW.
1	2*58 W. ELEKTRONİK BALASTLI TMS ARMATÜR	Adet	6	0,116	0,70
2	400 W. METAL HALİD ARMATÜR	Adet	6	0,400	2,40
BİR SAATLİK KAZANÇ					1,7 kWh
GÜNLÜK ÇALIŞMA SAATİ					9 saat
GÜNLÜK KAZANÇ					15,3 kWh
AYLIK ÇALIŞMA GÜN SAYISI					22 Gün
AYLIK KAZANÇ					337,4 kWh 39 YTL
HARCAMANIN GERİ DÖNÜŞÜ AY OLARAK					9,4 Ay
400W. GÖRE YENİ ARMATÜR (2*58 W.) SARFIYATTA KAZANÇ					-% 71,0

Tablo 4.11. Devamı, Ana fabrika binası şanzuman montaj hattı aydınlatma değişiklik fizibilitesi ve kazanç analizi

			HARCADIĞI GÜÇ (W)	IŞIK ŞİDDETİ KARŞILIĞI GÜÇ (W)		E
400 W. METAL HALİD BAŞLANGIÇ DEĞERİ.	32000	LÜMEN	400	400	80	lümen/w.
400 W. METAL HALİD YENİDEĞERİ	8900	LÜMEN	400	200	22	lümen/w.
TLD 860 SERİSİ 58 W. FL. AMPUL ADET : 5200 LÜMEN	10400	LÜMEN	116	116	90	lümen/w.
KAZANÇ	% 16,9			-% 71,0		

Motor montaj, şanzuman montaj ve test kontrol sahalarında metal halid armatür yerine elektronik balastlı armatür kullanılması ile elde edilen iyileştirme oranı Şekil 4.17' de gösterilmektedir.



Şekil 4.17. Elektronik balastlı armatür ile metal halid armatür kıyaslama grafiği

Genel aydınlatma enerjisi tasarrufu çalışmasında, yüksek aydınlatmadan alçak aydınlatmaya geçilerek ve düşük verimli aydınlatmalardan, yüksek verimli aydınlatma sistemine geçilmesi ile yaklaşık 4.049 kwh/ yıl enerji tasarrufu yapılmıştır

4.5.5. Boyahane pompaları hız sürücüleri projesi

Fabrikadaki, boyahane tesisinde fan ve pompa motorlarında enerji tasarrufu sağlamak, ayrıca boyahane kabinlerindeki hava hızlarını istenen değerlerde verebilmek ve boya savaklarında ideal su filmini oluşturabilmek için fan ve pompa motorlarına sürücüler gereklidir.

Boyahane spray kabinlerinde (4 adet boya spray kabini + 2 adet zımpara kabini) hava hızlarının her filtre değişiminden sonra damperlerle ayarlanması gerekmektedir.

Doğal olarak filtreler kirlenmeye başladığında tekrar damperlerin ayarlanarak istenen hava hızlarının sağlanması gerekmektedir. Bu ayar yapılmaz ise hem fazla enerji tüketilmekte, hem de fazla boya kullanılmaktadır.

Boyahane kabinlerinin normal şartlarda kapılarının kapatılması ve fabrika içi ortam ile izolasyonu gereklidir. Aynı zamanda boyahane hava dengeleri sağlanamamakta ve fabrika ortamına boya gitmesine neden olmaktadır.

Araç boya işlemlerinden sonra ikinci aracın boyanmasına kadar olan süre içinde fanlar boşa enerji harcamaktadır.

Boyahane spray kabinlerinin (4 adet) su sirkülasyon pompaları debileri yüksek olduğundan su sirkülasyon hattı üzerindeki vanalardan reglaj ayarı yapılmaktadır.

Tablo 4.12. Boyahane klima ve eksoz fanları invertör fizibilitesi

Durum	Birim	Miktar	Açıklama
Tesisin toplam aktif güç tüketimi	(kwh / gün)	13151	
Mevcut soft starter tüketimi	(kwh / gün)	8100	12 adet fanın günlük 540 dk. üzerinden ve sabit 50 Hz.' de çalışma ile tüketilen enerji miktarı (900 KW*9 saat)
Invertör kullanıldığında oluşacak tüketim	(kwh / gün)	4575	12 adet fanın kapasitelerine uygun invertör ile gün içerisinde uyku modunda (25 hz), tam kapasiteli (50 hz) kumanda edildiğinde tüketilen enerji miktarı
Sağlanan kazanç	(kwh/yıl)	853050	$8100-4575= 3525 \text{ kwh / gün} * 22 \text{ gün} = 77.550 \text{ kwh / ay} * 11 \text{ ay}$
Sağlanan kazanç	(EU)	5770	$8100 - 4575 = 3525 \text{ kwh/gün} * 22 \text{ gün} * 0,1198 \text{ YTL /kwh} = 9290 \text{ YTL} = 5770 \text{ EU}$
Yatırım maliyeti	(EU)	59888	12 adet Invertör, 6 adet hava akış sensörü, 4 adet pano soğutma grubu ve diğer tüm montaj aksesuarları bedeli
Geri dönüşüm	(ay)	10	$59.888 / 5770 = 10 \text{ ay}$

Tablo 4.13. Otobüs kızgın su sirkülasyon pompaları frekans invertörü çalışması

Pompa Durumu	saatlik tüketimi (kwh)	günlük tüketimi (kwh/gün) (12 saat-gün)	aylık tüketimi (kWh/ay) (22 gün-ay)	yıllık tüketimi (kWh/yıl) (11ay-yıl)	Enerji Kazancı (kwh/yıl)
30 kWh pompa	30,00	360,00	7920,00	87120,00	77565,84
30 kWh invertörlü pompa	3,29	39,48	868,56	9554,16	

4.5.6. Arıtma tesisi havalandırma havuzu hava temin sistemi iyileştirme projesi

Arıtma tesisinde üçer adet 150 m³' lük havalandırma havuzunun hava ihtiyacını karşılayam 4 adet blower (hava üfleme cihazı, 3 + 1 yedek) bulunmaktadır. Ancak blower arızaları ile birlikte 3 blower'in 24 saat aralıksız çalışması gereken tesis üretim durumuna veya fabrikadaki insan yoğunluğuna bağlı olarak bazen 2 blower, bazen 1 blower + basınçlı hava ile beslenmiştir.

Tesise sadece basınçlı hava verilmesinin uygunluğu araştırılmıştır. Hava ile beslemenin daha ekonomik olacağı tespit edilerek, sisteme hava vermeye başlanmıştır, 1 adet blower ise sağlam olarak yedekte bekletilmiştir. Sisteme bir adet regülatör ve sayaç takılarak hava tüketimi ölçülmüştür.

Aylık hava tüketimi = 9600 m³/ ay (merkezi kompresör dairesinden besleme)

1 m³ hava üretmek için 0,1092 kwh enerji gereklidir.

9600 m³/ ay x 12 ay = 115.200 m³/ yıl

115.200 m³/ yıl x 0,1092 kwh/m³ = 12580 kwh / yıl enerji harcanıyor.

7,5 kwh 'lık iki blower çalışması durumunda,

7,5 x 24 saat/ gün x 30 gün / ay x 12 x 2 blower = 129600 kwh / yıl

129600 – 12580 = 117020 kwh / yıl enerji tasarrufu yapılmıştır.

Yatırım masrafı bulunmamaktadır, tesis içerisindeki boru hattı çekimi için yapılan masraflar ihmal edilebilir seviyededir.

Sayaç değerlerinin okunması ile bulunan değer 132.480 kwh/ yıl' dır.

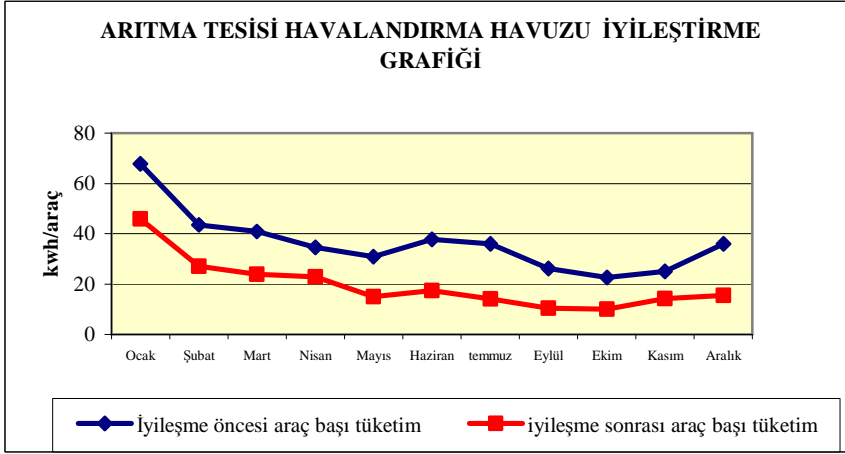
132480 – 12580 =119.900 kwh / yıl tasarruf sağlanmıştır.

Tablo 4.14. Arıtma tesisi bloweri elektrik tüketimi

Not	Tarih	Tüketim (kWh)	Eşdeğer araç	kWh/EA	ortalama	Gün sayısı	kWh/gün	ortalama	çalışma günü	kWh/gün	ortalama
	Ocak 2006	24.076	414	58		31	777		13	1.852	
	Şubat 2006	17.914	474	38	33	28	640	611	18	995	1081
	Mart 2006	19.873	556	36		31	641		20	994	
	Nisan 2006	16.570	563	29		30	552		22	753	
	Mayıs 2006	16.408	509	32		31	529		23	713	
	Haziran 2006	17.816	538	33		30	594		21	848	
	Temmuz 2006	16.918	601	28		31	546		12	1.410	
	Ağustos 2006	12.943	830	16		14	31		418	421	
	Eylül 2006	12.529	1.106	11	30		418	22	570		
	Ekim 2006	11.769	975	12	31		380	23	512		
	Kasım 2006	12.750	1.064	12	30		425	21	607		
	Aralık 2006	15.115	976	15	31		488	19	796		
	Ocak 2007	16.310	409	40	31		526	12	1.359		
	Şubat 2007	11.096	760	15	28		396	20	555		
	Mart 2007	11.604	857	14	31	374	23	505			
	Nisan 2007	10.959	818	13	30	365	20	548			
Mayıs başından itibaren blower'lar kapatıldı.	Mayıs 2007	7.978	1.051	8	7	31	257	218	21	380	331
	Haziran 2007	8.258	1.181	7		30	275		24	344	
	Temmuz 2007	6.653	1.163	6		31	215		24	277	
	Ağustos 2007	6.497	718	9		31	210		13	500	
	Eylül 2007	5.016	884	6		30	167		23	218	
	Ekim 2007	5.208	714	7		31	168		17	306	
	Kasım 2007	7.278	867	8		30	243		22	331	
	Aralık 2007	6.500	750	9		31	210		22	295	

Tablo 4.15. Arıtma tesisi blower iptali ile elde edilen elektrik tasarrufu

TASARRUF											
Aylar	Hava tüketimi (YTL)	Hava bedeli (YTL/m3)	Elektrik Tüketimi (2 blower)			TASARRUF (YTL)	Elektrik Tüketimi (1 blower)			TASARRUF	
Mayıs 2007	125	0,013	11.160	0,116	1.295	1.170	5.580	0,116	647	522	
Haziran 2007	122	0,013	10.800	0,116	1.253	1.131	5.400	0,116	626	504	
Temmuz 2007	122	0,013	11.160	0,120	1.339	1.217	5.580	0,120	670	548	
Ağustos 2007	132	0,014	11.160	0,120	1.339	1.207	5.580	0,120	670	537	
Eylül 2007	134	0,014	10.800	0,120	1.296	1.162	5.400	0,120	648	514	
Ekim 2007	136	0,014	11.160	0,121	1.350	1.214	5.580	0,121	675	539	
Kasım 2007	154	0,016	10.800	0,121	1.307	1.153	5.400	0,121	653	500	
Aralık 2007	145	0,015	11.160	0,121	1.350	1.205	5.580	0,121	675	530	
TOPLAM						9.459					4.194



Şekil 4.18. Arıtma tesisi havalandırma havuzu iyileştirme grafiği

BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji, enerji kaynaklarının hızla tükeniyor olması ve enerji maliyetinin çok yüksek olması sebebi ile günümüzde en önemli sorunlardan biri haline gelmiştir. Özellikle sanayi kuruluşlarında enerji kullanımının çok yüksek miktarlarda olması ve üretim giderlerinde önemli bir paya sahip olması sebebi ile enerji tasarrufu büyük önem taşımaktadır.

Enerji tasarrufu sağlamak için enerji yönetimi programı uygulanması gerekir. Bu çalışmada, enerjinin ne şekilde ölçüleceği, nasıl kontrol edileceği ve tasarruf yöntemleri hakkında bilgi verildikten sonra, bir sanayi kuruluşunda uygulama çalışmaları yapılmıştır.

Enerji tasarrufu iyileştirme çalışmalarından, kazan suyu sıcaklığının düşürülmesi ile dış hava sıcaklığına bağlı olarak, kazan suyu sıcaklığı değiştirilmiş, işletme içerisinde sürekli ölçümler yapılarak konfor şartlarından kaçınılmadan enerji tasarrufu sağlanmıştır. Kazan suyu sıcaklığı düşürülmesi ile yaklaşık 3.787.258 kwh/yıl enerji tasarrufu yapılmıştır.

Bağımsız ısıtma çalışması ile, fabrika içerisinde kazan dairesine uzak noktalara kızgın su iletimi için merkezi sistemden boru sistemi ile iletim yerine, lokal ısıtma sistemlerine geçilerek tasarruf sağlanmıştır. Bağımsız ısıtma projesi ile yaklaşık 1.864.662 kwh/yıl enerji tasarrufu yapılmıştır.

Kızgın su hatlarındaki ısı kayıpları tespit edilerek, gerekli yerlere izolasyon çalışması yapılarak 1.223.869 kwh / yıl enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Genel aydınlatma enerjisi tasarrufu çalışmasında, yüksek aydınlatmadan alçak aydınlatmaya geçilerek ve düşük verimli aydınlatmalardan, yüksek verimli

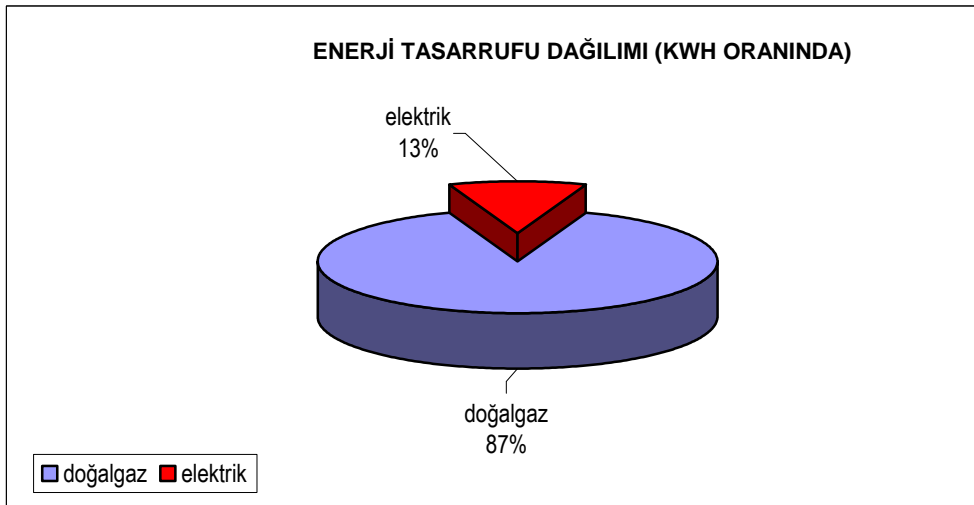
aydınlatma sistemine geçilmesi ile yaklaşık 4.049 kwh/ yıl enerji tasarrufu yapılmıştır.

Boyahane klima ve egzost fanları invertör fizibilitesi ile 853.050 kwh/ yıl enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Otobüs kızgın su sirkülasyon pompaları frekans invertörü çalışması ile yaklaşık 77.566 kwh / yıl tasarruf sağlanmıştır.

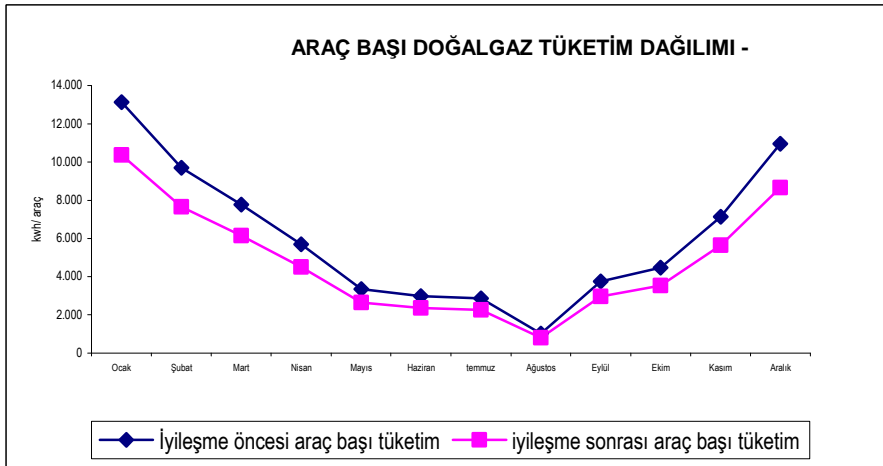
Arıtma Tesisi havalandırma havuzunun oksijen ihtiyacını karşılayan blower sistemi iptal edilerek, merkezi sistemden, kompresör dairesinden hava beslemesi yapılarak yaklaşık 119.900 kwh/ yıl enerji tasarrufu yapılmıştır.

Yapılan iyileştirme çalışmalarınının 6.875.789 kwh/ yıl (% 87) bölümü doğalgaz, 1.050.516 kwh/ yıl (%13) elektrik ile ilgili çalışmalardır.

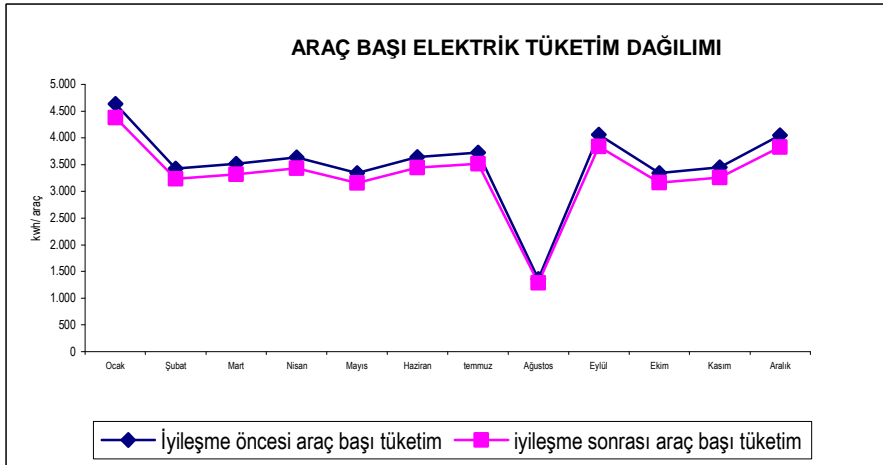


Şekil 4.19. Enerji Tasarrufu Dağılımı

Yapılan iyileştirme çalışmaları ile toplam 7.926.305 kwh/ yıl enerji tasarrufu sağlanmıştır. Yıllık yaklaşık 51.084.968 kwh/ yıl enerji tüketiminde % 15,5 iyileşme ile enerji tasarrufu sağlanmıştır. Üretilen araç başına harcanan enerji 9852 kwh / araç ' tan, 1501 kwh/ araç iyileşme ile 8351 kwh/ araç ' a düşmüştür. Doğalgaz tüketiminde % 21 iyileşme sağlanırken, elektrik tüketiminde % 5,5 iyileşme sağlanmıştır.



Şekil 4.20. Enerji tasarrufu öncesi ve sonrası araç başı doğalgaz tüketim dağılımı



Şekil 4.21. Enerji tasarrufu öncesi ve sonrası araç başı elektrik tüketim dağılımı

Yukarıda sayılan çalışmaların yanında, daha yapılabilecek pek çok çalışmanın olması enerjinin hayatımızda ne kadar fazla yeri olduğunu göstermektedir. Enerji kaynaklarının giderek tükeniyor olması ve enerji maliyetlerinin çok yüksek olması, bireylerin, sanayi tesislerinin ve tüm devlet kuruluşlarının bu yönde çalışmalar yapmasını zorunlu hale getirmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Kyushu Electric Power Co. Ltd., Energy Management in Power Plants, Jica & Kita, Japonya, 1998.
- [2] Resmi Gazete, Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğin Arttırılması İçin Alacakları Önlemler Hakkında Yönetmelik.
- [3] ÜLGEN, K., Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, Yapılarda Enerji Verimliliği ve Yönetimi.
- [4] HAĞUR, F., Sakarya Üniversitesi, İşletmelerde Üretim Yönetiminin Enerji Sarfıyatı İle İlişkinin İncelenmesi, 1999.
- [5] CONTRERAS, K.S., Yiğit, K.S. ve Veziroğlu, T.N., Spanish Energy Planning Towards a Sustainable Future, Energy Convers. Mgmt, 1997.
- [6] Kyushu Bureau of International Trade and Industry, How to be Administrative Energy Conservation in Japanese Industries, Jica & Kita, Japonya, 1998.
- [7] AY, S., Osmangazi Üniversitesi, Enerji Tasarrufu ve Bir Sanayi Kuruluşunda Uygulaması, 2003.
- [8] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi, N.N Sanayide Enerji Yönetimi Esaslari Cilt III..
- [9] TANER, T., Pamukkale Üniversitesi, Sanayide Enerji Yönetimi, 2002.
- [10] PAYNE, G.A., The Energy Managers' Handbook, The British Council, IPC Business Press Limited, 1980.
- [11] ÖZKAYAM, K., İTÜ, Aydınlatma Tekniği,
- [12] YÜCEL, F., Enerji Ekonomisi.
- [13] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi, N.N Sanayide Enerji Yönetimi Esaslari Cilt I
- [14] T.M.M.O.B, Keskin T., Enerji Tasarrufu, Çevre Ve Enerji Kongresi, Antalya.

- [15] PAYNE, G.A., The Energy Managers' Handbook, The British Council, IPC Business Press Limited.
- [16] KEDİCİ, Ö., Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi.
- [17] KARAKOÇ, T.H., Enerji Ekonomisi, Anadolu Üniversitesi, Demirdöküm Teknik Yayınları.
- [18] BAŞOL, K.B., Doğal Kaynaklar Ekonomisi.
- [19] DEMİR, A., Enerji Dünyası, Enerji Tasarruf İlkelerinin Saptanması.

ÖZGEÇMİŞ

Gönül Mumlu, 09.02.1973' de Adapazarı' nda doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Adapazarı'nda tamamladı. 1990 yılında başladığı Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümünden 1994 yılında mezun oldu. 1996 yılında Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans yapmaya başladı ve 1998 yılında mezun oldu. Şu anda Çelik Halat ve Tel San. A.Ş.' nde mühendis olarak çalışmaktadır.