

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**TEKSTİL SEKTÖRÜNDE ENERJİ TASARRUFU  
OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI VE UYGULANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ERKAN ÖZTÜRK**

**BALIKESİR, NİSAN - 2012**

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**TEKSTİL SEKTÖRÜNDE ENERJİ TASARRUFU  
OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI VE UYGULANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ERKAN ÖZTÜRK**

**BALIKESİR, NİSAN - 2012**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Erkan ÖZTÜRK tarafından hazırlanan “TEKSTİL SEKTÖRÜNDE ENERJİ TASARRUFU OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI VE UYGULANMASI” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 20 NİSAN 2012 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği ana bilim dalın da YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman

Doç. Dr. Zuhale OKTAY

Üye

Doç. Dr. Nadir İLTEN

Üye

Doç. Dr. Aytunç Ereğ

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü

Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü  
Doç. Dr. Hilmi Namlı

## ÖZET

**TEKSTİL SEKTÖRÜNDE ENERJİ TASARRUFU OLANAKLARININ  
ARAŞTIRILMASI VE UYGULANMASI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ERKAN ÖZTÜRK  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. ZUHAL OKTAY  
BALIKESİR, 2012**

Ülkemizin enerji ihtiyacının büyük bölümünün ithalat yoluyla karşılandığı bilinen bir gerçektir. Enerjinin kullanım noktalarına bakıldığında sanayi sektörleri içerisinde en yoğun kullanım oranı olarak, tekstil sektörü ilk sıralardadır. Özellikle 1990-2000 yılları arasında, oluşturulan teşvik ve desteklerle çok hızlı bir büyüme süreci yaşayan tekstil sektörü özellikle bazı illerde yoğunlaşmıştır. Bu hızlı ve kontrolsüz büyüme beraberinde enerji harcımı açısından verimsizliği de getirmiştir.

Yapılan çalışmada, tekstil üretim hatları ve makinalarının enerji harcamaları incelenerek enerji tasarrufu yapılabilecek alanlar tespit edilmiştir. Makina ve proses bazında teorik hesaplar yapılarak, geri kazanılabilecek enerji miktarı hesaplanmıştır. Yapılacak çalışmalar değerlendirilirken bütçesi ve amortisman süresi dikkate alınarak seçim yapılmıştır. Yapılan enerji tasarrufu çalışmaları sonucunda ciddi düzeyde enerji kazanımı sağlanmıştır.

Bu çalışma, uzun yıllar Türkiye' nin önde gelen en büyük entegre tekstil tesisi için enerji tasarrufu olanakları araştırılmış ve aynı zamanda uygulanmış olması nedeniyle önem taşımaktadır.

Örnek alınan bir fabrikadan yola çıkılarak yapılan bu çalışma tekstil sektöründe çalışan diğer mühendis ve teknik elemanlar için de bir yol gösterici olması beklenmektedir.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** enerji geri kazanımı, tekstil ve enerji , enerji tasarrufu.

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION OF ENERGY SAVING OPPORTUNITIES IN THE TEXTILE SECTOR AND AN APPLICATION**

**MSC THESIS**

**ERKAN ÖZTÜRK**

**BALIKESİR UNIVERSITY, INSTITUTE OF SCIENCE  
MECHANICAL ENGINEERING**

**SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. ZUHAL OKTAY  
BALIKESİR, 2012**

A large part of our country's energy needs supplied by imports is known fact. Textiles sector is the most energy consumption intense industrial sector. Textiles sector by encourages and supports is very fast developments in some provinces between 1990 and 2000.

This fast and uncontrolled development causes inefficient energy consumption. This study, textile production lines and machines energy expenditure was determined by examining, areas for energy savings. The amount of recoverable energy was calculated by theoretical calculations for each machine and process. Evaluation of studies were selected taking into studies' budget and amortization periods. As a result, energy savings studies achieved a serious level in energy recovery.

This study, researched the possibilities for energy savings for the largest and leading integrated textile plant in Turkey for many years. As the same time important they were applied studies.

This study conducted on the basis of a sample factory will be guide for engineers and technical staff working in the textile sector.

**KEYWORDS** : energy recovery, textile and energy, energy savings.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b>	i
<b>ABSTRACT</b>	ii
<b>İÇİNDEKİLER</b>	iii
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	vi
<b>TABLO LİSTESİ</b>	vii
<b>SEMBOL LİSTESİ</b>	viii
<b>KISALTMALAR</b>	ix
<b>ÖNSÖZ</b>	x
<b>1. GİRİŞ</b>	1
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI</b>	3
<b>3. TEKSTİL SEKTÖRÜ VE ENERJİ TARAMASI</b>	14
<b>3.1</b> Tekstil Sektörüne Genel Bakış	14
<b>3.2</b> Türkiye’de Tekstil Sektörü	15
<b>3.3</b> Türkiye Tekstil Sanayinde Enerji Verimliliği	16
<b>3.4</b> Tekstil Sektöründe Proses	17
<b>3.5</b> Tekstil Sektöründe Enerji Tüketim Karakteristiği	17
<b>3.6</b> Tekstil Sektöründe Elektrik Enerjisinin Kullanımı	18
<b>3.6.1</b> Üretim İşlemi	18
<b>3.6.2</b> Aydınlatma	18
<b>3.6.3</b> HVAC Sistemleri	19
<b>3.7</b> Enerji Kayıplarının Belirlenmesi	19
<b>3.7.1</b> Sıcak Su ve Isı Geri Kazanım Sistemlerinde Enerji Kayıpları	19
<b>3.7.2</b> Kaçaklar ve Eksik Bakım Sonucu Enerji Kayıpları	20
<b>3.7.3</b> Makinelerde ve Borularda Yalıtım Sorunları	21
<b>3.7.4</b> Kazan Yalıtımı ve Kontrol Sistemi	21
<b>3.7.5</b> Yakma Kontrol Sistemleri	22
<b>3.7.6</b> Boyama ve Kurutma Prosesi	22
<b>3.8</b> Enerji Yönetimi	22
<b>3.8.1</b> Enerji Yönetimi ve Aşamaları	23
<b>3.8.2</b> Enerji Yönetimi Programında Yatırımdan Elde Edilecek Kazanımlar	24
<b>3.8.3</b> Enerji Yönetimi Ve Tasarrufu Çalışmalarında Dikkat Edilecek Hususlar	25
<b>3.9</b> Kazan ve Su	25

3.9.1	Buhar Kazanı Tanımı	25
3.9.2	Kazan Suyu Şartlandırması	26
3.9.3	Kazan Besleme Suyu	26
3.9.4	Ön Şartlandırma ve Su Yumuşatma	26
3.9.5	Buhar Kazanlarında Su Oluşması Ve Buhar ile Birlikte Su Sürüklenmesi ve Önlenmesi	27
3.9.6	Isı Transfer Yüzeylerinde Biriken Kirecin Yakıt Sarfıyatı ve Dolayısıyla Enerji Maliyeti Üzerindeki Etkisi	29
3.9.7	Buhar Kazanlarında Köpürme ve Blöf	30
3.9.8	Düzenli Blöfün Faydaları	31
3.10	Planlı Bakım	32
4.	<b>YÖNTEM</b>	34
4.1	İzolasyon Çalışmaları	38
4.2	Kondensat Geri Dönüş Miktarlarının Artırılması	43
4.3	Buhar Kazanları Blöf Suları Isılarının Değerlendirilmesi	47
4.4	Flaş Buharın Değerlendirilmesi Çalışması	49
4.5	Akışkan Kazanlarda Boru Değişimi	52
4.6	Su Tüketimlerinin Makina Bazında Ölçülerek Kontrolü ve Soğutma Sularının Geri Dönüşünün Sağlanması	53
4.7	Kostik Geri Kazanım Ünitesinden Sıcak Su Kazanımı	55
4.8	Ram Makinalarının Kızgın Yağlı Isıtma Sisteminden Doğrudan Doğal Gazlı Isıtma Sistemine Dönüştürülmesi	57
4.9	Hava Kompresörlerinin Soğutma Havaalarının İşletmede Isıtma Amaçlı Kullanımı	59
4.10	Hava Fanlarında Kasnak Tadilatı Çalışması	59
4.11	Kojenerasyon Buhar Kazanları Sistem Randımanı Artırma Çalışması	60
4.12	Kostik Geri Kazanım Çalışması	62
5.	<b>UYGULAMA</b>	63
5.1	İzolasyon Çalışmaları	63
5.2	Kondensat Geri Dönüş Miktarlarının Artırılması	64
5.3	Buhar Kazanları Blöf Suları Isılarının Değerlendirilmesi	67
5.4	Flaş Buharın Değerlendirilmesi Çalışması	69
5.4.1	Doğal Gaz Tasarruf Hesabı	70
5.4.2	Su ve Elektrik Tasarrufu Hesabı	71
5.5	Akışkan Kazanlarda Boru Değişimi	72
5.6	Su Tüketimlerinin Makina Bazında Ölçülerek Kontrolü ve Soğutma Sularının Geri Dönüşünün Sağlanması	73

<b>5.7</b>	Kostik Geri Kazanım Ünitesinden Sıcak Su kazanımı	75
<b>5.7.1</b>	Enerji Tasarrufu Hesabı	76
<b>5.7.2</b>	Yumuşak Su Tasarruf Hesabı	77
<b>5.8</b>	Ram Makinalarının Kızgın Yağlı Isıtma Sisteminden Doğrudan Doğal Gazlı Isıtma Sistemine Dönüştürülmesi	78
<b>5.8.1</b>	Kazan Sistemi Kaybından Kaynaklanan Tasarruf Hesabı	79
<b>5.8.2</b>	Pompa ve Fan Kaybı Tasarruf Hesabı	80
<b>5.8.3</b>	Termik Yağ Tasarruf Hesabı	80
<b>5.8.4</b>	İzolasyon Kayıpları İle İlgili Tasarruf Hesabı	80
<b>5.8.5</b>	Kızgın Yağ Kazanlarının Duruş ve Kalkış Nedeniyle Ön Isıtma Kayıpları Hesabı	81
<b>5.9</b>	Hava Kompresörlerinin Soğutma Havaalarının İşletmede Isıtma Amaçlı Kullanımı	82
<b>5.10</b>	Hava Fanlarında Kasnak Tadilatı Çalışması	83
<b>5.11</b>	Kojenerasyon Buhar Kazanları Sistem Randımanı Artırma Çalışması	85
<b>5.12</b>	Kostik Geri Kazanım Çalışması	88
<b>6.</b>	<b>SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>	90
<b>7.</b>	<b>KAYNAKLAR</b>	98



## ŞEKİL LİSTESİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
<b>Şekil 4.1</b> : Yalıtılmış Boruda Isı Kayıpları (Yıllık Ton Buhar Olarak İfade Edilmiştir).....	39
<b>Şekil 4.2</b> : Çıplak Borudan Isı Kaybı.....	40
<b>Şekil 4.3</b> : Kondens Geri Dönüşünün Arttırılması İle Yakılan Yakıttan Tasarruf Miktarı (%).....	45
<b>Şekil 4.4</b> : Blöf Oranına Bağlı Olarak Tasarruf Faktörünün Değişimi.....	48
<b>Şekil 4.5</b> : Flaş Buhar Basıncına Bağlı Olarak Kondenstop Basıncının Bulunması.....	51
<b>Şekil 5.1</b> : Buhar Tesisatlarında Boru ve Vana izolasyonu.....	63
<b>Şekil 5.2</b> : Ara Kondens Toplama Tankı ve Hatları.....	65
<b>Şekil 5.3</b> : Blöf Suyu Eşanjörü.....	68
<b>Şekil 5.4</b> : Flash Buhar Tankı.....	70
<b>Şekil 5.5</b> : Su Sayacı Uygulaması.....	74
<b>Şekil 5.6</b> : Kostik Geri Kazanım Ünitesi.....	76
<b>Şekil 5.7</b> : Ramöz Makinası Doğalgaz Dönüşümü.....	78
<b>Şekil 5.8</b> : Kojenerasyon Ekonomizer Tesisi.....	85
<b>Şekil 5.9</b> : Kostik Geri Kazanım Tesisi.....	89
<b>Şekil 6.1</b> : Uygulamalara Göre Toplam Tasarruf Değeri (TEP/Yıl).....	94
<b>Şekil 6.2</b> : Uygulamalara Göre Yatırım Bedeli (\$).....	95
<b>Şekil 6.3</b> : Uygulamalara Göre Tasarrufun Parasal Karşılığı (\$).....	95
<b>Şekil 6.4</b> : Uygulamalara Göre Geri Ödeme Süresi (Yıl).....	96

## TABLO LİSTESİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
<b>Tablo 4.1</b> : Çıplak Borudan Yayılan Isı Miktarı.....	40
<b>Tablo 4.2</b> : Boru İzolasyonlarının Dış Yüzey Alanı.....	41
<b>Tablo 4.3</b> : Flanş ve Vanalardan Isı Kaybı İçin Eşdeğer Boru Uzunluğu.....	42

## SEMBOL LİSTESİ

<b>P</b>	: Basınç	kPa
<b>T</b>	: Sıcaklık	0°C veya K
<b>H</b>	: Entalpi	kJ/kg
<b>S</b>	: Entropi	kJ/kgK
<b>E</b>	: Enerji	kJ
<b>M</b>	: Akışkan Debisi	kg/s
<b>W</b>	: İş	kW
<b>Cf</b>	: Özgül Isı Kapasitesi	kJ/ kg K
<b>Q<sub>kon</sub></b>	: Kondens ısısı	kcal
<b>H<sub>u</sub></b>	: Alt ısı değer	kcal/kg
<b>H</b>	: Verim	%
<b>η<sub>k</sub></b>	: Kazan verimi	%
<b>BI</b>	: Çalışma öncesi buhar üretimi	ton/yıl
<b>B2</b>	: Çalışma sonrası buhar üretimi	ton/yıl
<b>KI</b>	: Çalışma öncesi kondens miktarı	ton/yıl
<b>K2</b>	: Çalışma sonrası kondens miktarı	ton/yıl
<b>KTI</b>	: Çalışma öncesi kömür tüketimi	ton/yıl
<b>KT2</b>	: Çalışma sonrası kömür tüketimi	ton/yıl
<b>QD</b>	: Doğalgaz enerjisi	m <sup>3</sup> /Yıl
<b>ET</b>	: Elektrik tasarrufu	kWh / yıl
<b>ED</b>	: Enerji değeri	kcal/yıl
<b>FB</b>	: Flaş buhar ısısı	kcal /yıl
<b>M<sub>TOP</sub></b>	: Kazanılan toplam su miktarı	ton/yıl
<b>Q<sub>KOMP</sub></b>	: Kompresör ısısı	kcal / yıl
<b>KE</b>	: Kondens enerjisi	kcal / kg
<b>KK</b>	: Kondens kazanımı	%
<b>KT</b>	: Kömür tüketimi	ton/yıl
<b>ET<sub>net</sub></b>	: Net enerji tasarrufu	kWh / yıl
<b>PD</b>	: Parasal değer	\$/yıl
<b>ST</b>	: Su tüketimi	ton/yıl
<b>TET</b>	: Toplam enerji tasarrufu	kWh / yıl
<b>TT</b>	: Tuz tasarrufu	kg/yıl
<b>TPD</b>	: Tuzun parasal değeri	\$/kg
<b>B</b>	: Üretilen buhar	ton/yıl
<b>YM</b>	: Yatırım maliyeti	\$/ yıl
<b>YAS</b>	: Yatırım amortisman süresi	yıl

## **KISALTMALAR**

- OECD** : Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü  
**GSMH** : Gayri Safi Milli Hasıla  
**HVAC** : Isıtma, Havalandırma ve Soğutma  
**TEP** : Ton Eşdeğer Petrol  
**TPK** : Toplam Parasal Kazancı  
**TK** : Toplam Kazanç  
**QE** : Eşanjör Enerjisi  
**OG** : Orta Gerilim  
**AG** : Alçak Gerilim  
**EM** : Elektrik Motoru  
**SOĞ.** : Soğutma  
**AB** : Avrupa Birliği  
**DTÖ** : Dünya Ticaret Örgütü

## ÖNSÖZ

Tez çalışmam sırasında bilgi ve tecrübesi ile bana yol gösteren çok değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Zuhâl OKTAY'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tezimin hazırlanması sırasında değerli görüşlerinden yararlandığım jüri üyelerimden Doç. Dr. Nadir İlten ve Doç. Dr. Aytunç Ereğ'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında maddi ve manevi olarak sürekli destek olan aileme de ayrıca sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## 1.GİRİŞ

Ülkemizin enerji ihtiyacının büyük bölümünün ithal edilerek karşılandığı bilinmektedir. İthal enerji girdileri döviz parametreleri ile ilgili olduğu için çoğu zaman maliyet analizlerinde planlama problemleri de yaşanmaktadır. Sektörler bazında enerji verileri, rekabeti direkt etkileyen en önemli unsurdur. Sektörlerdeki gelişim incelendiğinde; enerjiyi kontrol altına alan ve verimli kullananların büyüdüğü ve avantajlı durumda oldukları görülmektedir.

Tekstil sektörü; enerji tüketimi, istihdam ve yarattığı katma değer açısından ülkemiz için çok önemli sektörlerden biridir. Ulusal ve uluslararası piyasalarda rekabet edebilmenin en önemli yöntemleri minimum maliyet, süreklilik, kaliteli ürün ve termin başarısıdır. Tekstil sektörü; makine çeşitliliği, proses çeşitliliği açısından birbirine bağlı bir zincir üretim mantığında çalışmaktadır. Entegre tesislerin faaliyet gösterdiği gibi bölünmüş işler yapan (pamuk, iplik, tahar, haşıl, dokuma, boyahane, konfeksiyon) tesislerde ülkemizin çeşitli şehirlerinde mevcuttur. Ancak bu üretim zincir halinde olduğundan, maliyetler bütün tesisleri etkileyecek niteliktedir. Dolayısıyla sektörel bazda enerji verimliliği çok önemli bir konu olarak görülmelidir.

Bu çalışma, uzun yıllar Türkiye nin önde gelen en büyük entegre tekstil tesisi için enerji tasarrufu olanakları araştırılmış ve aynı zamanda uygulanmış olması nedeniyle önem taşımaktadır. Sektör çalışma yapısı itibariyle; temelde moda ve talep kavramına paralel olarak çalıştığından, üretimin zamanında yapılması öncelikli konudur. Bu sektörde enerji tasarrufu ve uygulama çalışmalarına başlarken yapılacak olan çalışmanın üretimi etkilemeden yapılması, çalışmanın amortisman süresi, süreci etkileyen önemli konulardır. Teknik detayların iyi analiz edilmesi, yapılacak çalışma da teknik bir sorun olması halinde, makinanın önceki çalışma düzenine dönebilme durumu gözönüne alınması gereken konulardır. Bütün çalışmalar içerisinde üst yönetimin desteğinin alınması önemlidir.

Enerji tasarrufu çalışmasına başlanmasına karar verildiğinde; öncelikli olarak tesisin tasarruf yapılabilcek alanlarının belirlenmesi gerekmektedir. Hemen hemen her tekstil tesisinde; aydınlatma, elektrik motorları, buhar, kazan ve boru tesisatı kondensat flaş buhar, hava ve kompresör tesisatı, klima ve havalandırma sistemi ısıtma, soğutma sistemleri, kojenerasyon tesisi, izolasyon ve buhar kapanları öncelikli konulardır. Ayrıca makine bakım sisteminin çalışır halde olması, tesisin enerji harcamını etkileyen faktörlerden biridir.

Yapılan bu tez çalışmasında yukarıda bahsedilen konularla ilgili olarak teknik bilgiler verilmiştir. Yapılacak enerji verimliliğini artırma çalışmalarında teorik bilgi edinilmesi, tesisin mevcut durumunun belirlenmesi, enerji harcayan makinaların gleriyle birlikte saptanması, yol haritasının oluşturulması açısından ilk çalışmalardır.

Tekstil sektörü hammaddesi itibariyle yangına müsait durumdadır. Yapılacak çalışmalarda bu durumun göz önünde bulundurularak gerekli tedbirlerin alınması önemlidir.

Bu çalışmada, pratik uygulamalarda ihtiyaç duyulabilecek bilgilere yer verilmiştir. Uygulama bölümünde, yapılmış olunan enerji tasarrufu çalışmasında, elde edilen kazanımlar anlatılmıştır.

Sonuç bölümünde ise yapılan tasarruf çalışmasının sonuçları değerlendirilerek, tecrübelerden yola çıkarak pratik tasarruf nerileri sunulmuştur.

## 2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, literatürde sanayi kuruluşlarındaki enerji tasarrufu ile ilgili çalışmalar incelenmiştir.

Bildir ve arkadaşları [1] bir çimento değirmeninde birim çimento başına harcanan enerjinin düşürülmesi için değirmenin modelleme ve simülasyon teknikleri kullanılarak optimizasyonu yapılması noktasında çalışma yürütmüşlerdir. Optimizasyon öncesinde 4 Nolu Çimento Değirmeni 160 t/h 42,5 üretim kapasiteli ve 29 kWh/t (Ana tahrik motoru bazında) spesifik enerji tüketimine sahip olduğunu ortaya koyan proje ekibi, belirli dönemlerde alınan verilerin değerlendirilmesinden sonra harcanan enerjinin azaltılmasına yönelik alternatifler simülasyon yardımıyla belirlemişlerdir. Yapılan optimizasyon çalışmalarından sonra değirmen kapasitesi 190 t/h'e çıkartılarak, spesifik enerji tüketimi de 25 kWh/t'lara düşürülmüştür. Kapasite artışından dolayı değirmen çalışma zamanları düzenlenerek değirmen puant saatlerinde durdurulmuştur. Ayrıca katkılı çimento tiplerinde de kapasite artışı ve enerji tasarrufu sağlamışlardır.

Bayer [2] bir çimento üretim tesisinde klinker üretiminde enerjinin verimli kullanılması üzerine bir analiz yapmıştır. Yapılan çalışmada klinker üretiminde işlem noktalarında oluşan enerji tüketimleri tespit edilmiştir. Bu veriler ışığında klinker üretiminin birim enerji sarfiyatı belirlenerek, enerji tasarrufu çalışması yapılmıştır. Bu çalışmalar ikinci kez kırılan kilin hammadde kırıcı çıkışına by-pass edilmesi projesi, farin değirmenlerinde seperatör tadilatı ve yeni farin sevk hattının kurulması kömür değirmeninde filtre alanının ve fan kapasitesinin % 20 büyütülmesi, 20 baca gazı fanının daha verimli fan ile değişimi, klinker soğutmada 1c fanına frekans konvertörü uygulaması ve iki adet soğutma fanı kasnak değiştirilerek hızlarının % 10 düşürülmesi çalışmalarıdır. Bu projelerin uygulanması sonucunda klinker üretiminde elektrik enerjisinde 4.81 kWh/t klinker tasarruf ve günlük klinker üretiminde 150 ton /gün klinker kapasite yükselmesinin sağlandığı belirtilmiştir.



Bayır ve arkadaşları [3] bir kağıt üretim tesisinde kağıt makinasında brülör değişimi ve proses optimizasyonu sonucu elde edilen enerji tasarrufunu açıklamışlardır. Yapılan çalışmada teknolojisi eskimiş olan brülörlerin yeni brülörlerle değiştirilmesi sonucu oluşan sistem verimi, enerji tasarrufu hesaplanmıştır. Yine aynı zamanda brülör ile kurutma silindiri arasındaki kurutma yükü dengesi optimize edilerek maliyet ve verim açısından buhar kullanımının artırıldığı doğal gaz kullanımının azaltıldığı belirtilmiştir. Bu çalışmaların sonucunda; alev arızaları ve buna bağlı üretim kesintileri ortadan kaldırıldığı, yanma verimi iyileştirildiği elektrik enerjisinde tasarruf sağlandığı kurutma enerjisinde (doğal gaz + buhar) tasarruf sağlandığı makinanın kurutma kapasitesi limiti (hız ve tonaj artışı) yükseltildiği açıklanarak, yapılan proje çalışmasının, çevresel etkileri de; (verimli yanma) Arızaların azalması üretim kapasitesi artırılması teknik destek temini bakım kolaylığı kalite sürekliliği gibi konularda da kazanç elde edildiği bildirilmiştir. Bu çalışma sonucunda yıllık bazda 503.834 TL/yıl tasarruf sağlandığı belirtilmiştir.

Koldaş ve Adaklı [4] bir otomotiv tesisinde bina otomasyon sistemi konusunda merkezi bir yaklaşımın avantajlarını açıklamışlardır. Bu çalışmada ısıtma ve havalandırma sistemleri ile aydınlatmaların merkezi bir scada yardımıyla üretim planına uygun programlarla otomatik olarak çalıştırılması ve durdurulması üzerinde durularak saptanan avantajların üretim olmadığı zaman gereksiz aydınlatmaların ve ısıtma-havalandırma sisteminin kapatılması yoluyla etkin enerji tasarrufu sağlamak olarak açıklanmıştır. Proje sonunda elde edilen enerji tasarrufu , aydınlatma sisteminden 739 TEP, ısıtma havalandırma sisteminden 312 TEP, ısıtma havalandırma doğal gaz tasarrufundan 1.399 TEP olmak üzere toplam enerji tasarrufunun 2.450 TEP olduğu ifade edilmiştir. Projenin maliyeti 1.200.000 USD olduğu, kendini geri ödeme süresinin 2 yıl olduğu belirtilmiştir.

Bingöl [5] bir taş yünü üretim tesislerinde elyaflama prosesinde kullanılan elyaflama makinası üzerinde çalışma yapmıştır. Bu çalışma da makinanın dudak aralıklarından geçen orta basınç kompresör havasını sağlayan kompresörlerde bir enerji tasarrufu sağlayabilmek amacı ile, lisansör firma tarafından daha önce belirlenmiş olan makine dudak aralığının 0,2 mm daha fazla açılmasıyla sonuç alındığı ifade

edilmektedir. Yapılan deneme sonucunda kaliteli elyaf daha önceki duruma göre ortalama 1 bar daha düşük basınçlı orta basınç havası ile elde edilmiştir. Bu düşüş ile kompresörlerde tüketilen enerji miktarı % 8,93 oranında azaldığının tespit edildiği bildirilmiştir. Bu çalışma sonucunda enerji tasarrufu ile birlikte tam kapasitede çalışan orta basınç kompresörlerin kapasite artışları için ek bir kapasite oluşmasını da beraberinde getirdiği anlatılmıştır. Proje sonrasında 69,103 TEP / yıl enerji tasarrufu sağlandığı belirtilmiştir.

Duman ve arkadaşları [6] bir beyaz eşya üretim tesisininin kompresör dairesinde çeşitli enerji tasarrufu uygulamalarını anlatmışlardır. Yapılan enerji tasarrufu büro aydınlatmalarından enerji tasarrufu çalışmaları, işletme enerji içi aydınlatmalardan tasarrufu çalışmaları, dizel jeneratörün değiştirilmesi sonucu elde edilen tasarruf çalışması, soğutma suyu kule motorlarının termostat ile çalıştırılması manyetik tavlama fırını modernizasyonu çalışması, motorların düşük güçlü motorlar ile değiştirilmesi, soğutma kulelerinin birleştirilmesi, motorların verimli motorlar ile değiştirilmesi, yüksek verimli tel emaye fırını kullanılması , invertör kullanılması ile enerji tasarrufu çalışması, kompanzasyon sisteminin iyileştirilmesi ile elde edilen enerji tasarrufu çalışması, enerji izleme sistemi kurulması başlıkları altında açıklamışlardır. Yapılan enerji tasarrufu çalışması sonucunda toplam 826 TEP/yıl olarak tasarruf sağlandığı belirtilmiştir.

Brisa [7] lastik üretim tesisinde yapılan enerji verimliliği çalışmasında projenin amacının makinenin verimliliğini % 20 artırarak enerjinin daha etkin kullanılmasını sağlamak, mamulün ton başına olan enerji tüketimini % 10 azaltma olarak açıklamışlardır. Makine verimliliğini artırmanın yolu ise 4 M de yani makine, malzeme, metot, İnsan da sağlanacak gelişmeler olarak değerlendirmişlerdir. Yapılan uygulama çalışmasında makine üzerinde verimliliği artırma ve tadilat süreçlerinin yaşanması sonucu, makinada verim artışının gerçekleştiği ve beraberinde enerji tasarrufu sağlandığı belirtilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda 300 TEP/yıl enerji tasarrufu sağlandığı hesaplanmıştır.

Gökaltay [8] bir çimento fabrikasında yaptığı çalışmada, çimento değirmeni öğütme sisteminde yapılan optimizasyon sonucunda hem öğütme kapasitesinin arttığını

ve hem de daha ekonomik bir öğütme sistemine kavuşulduğu bildirmiştir.

Gür [9] bir çimento üretim tesisi bünyesinde yaptığı çalışma çimento değirmenlerinde enerji tasarrufu sağlanması ve bakım maliyetlerinin azaltılması üzerinedir. Bu çalışmada paralel çalışan presvals ve yüksek verimli seperatörler içeren, kombi öğütme sistemli iki değirmen ünitesinde faydalı bir model geliştirildiği ifade edilmiştir. Yatırım sonucunda ekipmanlardan kaynaklanan mekanik ve elektrik arıza duruşlarının da ortadan kaldırıldığı gibi su tasarrufu sağlandığı da ifade edilmiştir.

Gökaltay [10] bir çimento üretim tesisinde, döner fırından katkı değirmenine sıcak gaz alımı ve atık ısı işletme iyileştirilmesi alanında proje geliştirmiştir. Uygulanan proje temelde döner fırın soğutmasından atılan ısının geri kazanılması esasına dayanmaktadır. Projenin atık ısı kullanımı yanında özellikle işletme iyileştirilmesi yönünde pek çok ilave getirisinin olduğu açıklanmaktadır. Multisiklon sisteminin eski olup pahalı bakım giderleri bulunduğu, hat üzerindeki yetersiz emiş soğutmadan gerektiği gibi hava çekemediği bunun sonucu olarak fırın kafasında oluşan artı basınç çevre kirliliğine ve fırının kontrolünün zorlaşmasına neden olmakta olduğundan hareketle, bu çalışmanın yapıldığı açıklanmıştır. Artı basınç nedeni ile fırın soğutmasına yeterli hava basılamamakta dolayısıyla etkin bir klinker soğutması sağlanamadığı tespiti yapılmıştır. Toplam yatırım miktarının 350.789 \$ olduğu, toplam enerji tasarruf miktarı 6489 TEP olduğu belirtilmiştir.

Demirel [11] bir demir çelik tesisinde yaptığı çalışma da, enerji yönetim modeli ile oluşturulan açık alan taranmasıyla tasarruf bilincinin tüm sahaya yayılması sonucu oluşan enerji tasarrufunu aktarmaktadır. Enerji yönetim modelinin uygulanmasıyla üretkenliğin arttığı, maliyetlerin düştüğü, sera gazlarının olumsuz etkileri azaltıldığı anlatılmaktadır. Bu çalışma da yönetim modelinin faaliyetleri ise şöyle sıralanmıştır: Enerji üretim ve tüketimlerini takip ederek raporlamak, yıllık ve uzun dönemli enerji hedef ve stratejilerini belirlemek, enerji yönetim merkezi ile yan ürün yakıtların maksimum kullanımını sağlayarak birincil enerji kullanımını azaltmak, bağlı kuruluşlarda enerji etütleri yapmak,yeni yatırım projelerinde enerji projeksiyonlarını belirlemek, personeli enerji verimliliği konusunda bilinçlendirmek, enerji kayıp ve

kaçaklarını tespit etmek, kurumsal sosyal sorumluluk kapsamında, üniversite ve diğer kuruluşlarla bilgi paylaşımında bulunmayı amaçlamışlardır. Atık enerjilerin geri dönüşümlerinin sağlanması, yenilenemeyen küresel kaynakların korunması için önlem alınması, sürdürülebilir bir kalkınma için yardımcı kaynakların optimum bir biçimde kullanılması olarak açıklamaktadır.

Bildir [12] bir çimento tesisinde ısı geri kazanım (reküperatör) sisteminin devreye alınmasıyla elde edilen enerji kazanımını hesaplamıştır. Reküperatör sisteminin devreye alınmasından sonra yılda ortalama 700 ton kömür tasarrufu (4.200.000.000 kcal/yıl) sağlandığı, ayrıca eleman tasarrufu sağlandığı da açıklanmıştır.

Bildir [13] bir çimento tesisinin kompresör dairesinde yapılan kolektör sistemi ile basınçlı hava tanklarda toplanarak ünitelere buradan dağılımının sağlandığı, böylece 6-7 adet kompresör sürekli devrede tutularak diğer kompresörler yedek olarak bırakıldığı, modifikasyondan sonra yılda ortalama 990.000 kWh enerji tasarrufu sağlandığı hesaplanmıştır.

Uslu [14] bir otomobil fabrikasında, son kat kabinindeki hava balans ayarının elektronik sürücülerle yapılması sonucunda kazanılan enerji miktarını ortaya koymuştur. Bu çalışmada; son kat kabini hava balansı elle kumanda edilen damperlerle yapılmakta olduğu, bu işlemin fazladan enerji ve boya tüketimine neden olduğu tespiti yapılmıştır. Kabinde hava debisinin kontrol altında tutulamaması boya kalite sonuçlarını olumsuz yönde etkilediğini de saptamışlardır. Yapılan çalışma sonucunda enerji tasarrufu sağlandığı gibi kalite sonuçlarında da iyileşme olduğu ifade edilmiştir.

Akdoğan [15] bir silah fabrikasında yaptığı çalışmada, ısı santralinde sağlanan kömür ve elektrik tasarrufu konusunu açıklamaktadır. Uygulaması yapılan projede her bir kazan için mevcut durumdaki 2 adet basınç şalterine ilaveten yeni bir basınç şalteri bağlanarak, basınç 5-7 atü arasında çalışmasının sağlandığı, basıncın 7 atüye çıkması durumun da tüm sistemin motorlarının ve baca gazı aspiratörü kırıcı motorunun durdurulduğu belirtilmiştir. Baca gazı için kazan çıkışına motorlu vana bağlanarak, motorlu vana by-pas sistemini tam açtığında, diğer motorların durdurulması öngörülmüştür. 2 barlık düşüşte % 12' lere varan tasarruf oranının gerçekleştiğinin

görüldüğü hesabı yapılmıştır. Ayrıca elektrik ve kömürden tasarruf yapıldığında belirtilmiştir.

Erdem [16] bir döküm tesisinde alüminyum bekletme ocaklarında yaptığı elektrik tasarrufu projesini açıklamaktadır. Bu çalışmada alüminyum enjeksiyon presinde kullanılmakta olan 350 kg'lık potalı tip bekletme ocağı yerine daha az elektrik harcayan bekletme ocağı kullanılması yönünde karar alındığı ifade edilmektedir. Buna bağlı olarak mevcut bekletme ocaklarının harcadığı elektrik enerjisi ölçülerek alternatif tip ocak arayışına başlandığı, mevcut potalı ocakların elektrik tüketiminin yüksek olmasının yanında bakım dezavantajları tespit edilmiş ve ortadan kaldırılması sonucunda enerji tasarrufu sağlandığı açıklanmıştır.

Çetin [17] bir döküm tesisinde merkezi sistem hidrolik ünitesi konulu bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma da alçak basınç döküm makinaları için münferit olarak bulunan ve yağ kaybı yüksek olan hidrolik ünite, tek bir merkezi sistem altında toplanmıştır. Bu projede sırasıyla, mevcut döküm tezgahlarındaki enerji tüketimleri ve diğer kayıplar nedenleri ile tespit edilerek, bu alandaki yeni teknolojiler araştırılmış, basınç-enerji tüketimi-ürün kalitesi arasındaki bağlantı incelenmiş ve çalışmalara başlandığı ifade edilmektedir. Yapılan çalışma sonucunda yıllık yağ tüketim oranında büyük oranda kazanç sağlandığı pompa ve motorlara ait bakım duruşları yıllık 9500 saatten 1000 saate indiği, motor yanma sorunları ortadan kalktığı ve yıllık 1 milyon kapasiteye göre 5 milyon saniye toplam üretimde kazanç sağlandığı belirtilmiştir.

Karaduran [18] bir demir çelik tesisinde mevcut kömür enjeksiyon bölümü için yüksek fırın baca gazı borusunun izolasyonunun yapılması konusunda çalışma yapmıştır. Bu çalışmada yüksek fırınlara kömür enjeksiyonu için öğütülmüş kömür hazırlayan tesiste, kömürün kurutulması için kullanılan yüksek fırın gazına ilave olarak yüksek fırın baca atık gazının tesise gelen borularındaki yalıtım aşınmalarının giderilmesinin amaçlandığı belirtilmektedir. İzolasyon sonucu, soba baca atık gazı sıcaklığındaki 5 °C ısı yükselmesi sonucu 100 m<sup>3</sup>/saat yüksek fırın gazı tasarruf edildiği belirtilmiştir. Projenin uygulanması sonucunda yıllık bazda 11.855 USD/yıl miktarında tasarruf sağlandığı açıklanmıştır.

Yüce [19] bir demir çelik tesisinde eksik izolasyonların tamamlanması ve eskimiş izolasyonların tamiratının yapılması konusunda çalışma yapmıştır. Bu çalışma da eksik buhar boru izolasyonları tespit edilerek, oluşan enerji kayıplarının hesaplandığı belirtilmiştir. İzolasyon sonrası durum tespiti yapılarak elde edilen kazanımın hesaplandığı ve 17.397.360 kg yıllık buhar tasarrufu sağlandığı ifade edilmiştir.

Usanmaz [20] bir demir çelik tesisi için atölyelerde şeffaf aydınlatma yapılması konusun da çalışma yapmıştır.Yapılan uygulamada, atölyelerin çatılarında izolasyon olmayan yerlere izolasyonlu panel sacları döşendiği, bu arada 1/10 oranında da aralara şeffaf malzeme konulduğu belirtilmiştir. Tavan kaplaması izolasyonlu olan yerlerde ise sadece aralardan 1/10 oranında tavan açılarak buralara şeffaf malzeme yerleştirildiği açıklanmaktadır. Bu çalışma sonucunda aydınlatmalarda gündüz elektrik harcamasının azaldığı ve elektrik tasarrufu yapıldığı açıklanmıştır.

Baki [21] bir demir çelik tesisinde soğutma kulelerinin modernizasyonu ile elde edilen enerji tasarrufunu çalışmasını yürütmüştür. Çalışma sonucun da daha düşük enerji tüketen fan tahrik sistemi ile istenilen proses suyunun teminin sağlanması ve enerji tüketiminde % 50'lere varan tasarruf hedeflenmiştir. Uygulama sonucunda gerçekleşen miktarın % 57,4 olduğu ve beklentilerin üzerinde bir yararın sağlandığı belirtilmektedir. Soğutma kulelerinin ekonomik ömrünü dolduran ekipmanlarının yenilenmesi ile de bakım ihtiyacının azaldığı, korozyona dayanıklı ekipmanlar kullanılarak hizmet ömrünün artmasının beklendiği ifade edilmektedir. Elde edilen enerji kazanımının 447 TEP/yıl Olduğu belirtilmiştir.

Kürümoğlu [22] bir otomobil fabrikasında, endüstriyel bina kapılarında hava perdesi ile ısı kaybının önlenmesi ile elde edilen enerji tasarrufunu konusunda çalışma yapmıştır. Yapılan çalışmada; enerji kaybının, toplam enerji kaybı içerisinde % 4'lere varan miktarlara ulaştığının görüldüğü, atölyenin ısıtılması probleminin de bu kapılardaki kayıp önlenirse halledilebileceği sonucuna varıldığı ifade edilmiştir. Atölyede bulunan ısıtma santrallerinden bir tanesinin sadece hava perdesi amaçlı çalıştırılmasıyla, otomatik kapılara yakın bir alana taşınarak, santral altına bir konstrüktif yapı inşa edildiği, santralin kapılarla olan ilişkisi havalandırma kanalları ile

sağlandığı ve sistemin devreye alınarak % 4'lük bir enerji tasarrufu sağlandığı belirtilmiştir.

Güven [23] bir tekstil tesisinde atık su ısısının geri kazanılması ile elde edilen enerji tasarrufunu konusunda çalışma yapmıştır. Bu çalışma ile, kanallara dökülen elyafları arıtmaya gitmeden önce ısı geri kazanım sistemi girişinde tutulduğu için atık su kanallarının ve arıtma eleklerinin tıkanmalarının önlenmiş olduğu, işletmedeki yemekhanenin ve duşların sıcak su termosifonla sağlar iken yapılan çalışma sonucu sıcak su deposundan sağlayarak elektrikten tasarrufu sağlandığı açıklanmıştır. İşletmede kullanılan kuru bölüm makinalarının (ram, kurutma vb.) fular kısmında su ile kumaşa verilen kimyasalları ısıtmak için buhar kullanıldığı, yapılan çalışma sonucu elde edilen sıcak su kullanılarak buhardan tasarruf sağlandığı toplam da elde edilen tasarrufun 1.390 TEP olduğu açıklanmıştır.

Selekoğlu [24] bir çimento üretim tesisinde basınçlı hava sistemi konusunda kompresörlerde frekans konvertör uygulaması konulu çalışma yapmıştır. Basınçlı hava üreten mevcut kompresörlerin elektrik motorlarının kontrolünde, frekans konvertör kullanımı ile ilgili ilk uygulama sonucunda kompresörde % 27,9 oranında bir tasarruf gerçekleştiğinin görüldüğü belirtilmiştir.

Tunçbilek [25] bir çimento üretim tesisinde farin değirmeni fanı modifikasyonu konulu bir çalışma yapmıştır. Çalışma sonucun da elektrik enerjisi tasarrufu ve dolayısıyla maliyet düşüşü beklenmiş ve 2.651.578 kW/yıl olarak elektrik enerjisi tasarrufu sağlandığı belirtilmiştir.

Saygılı [26] bir kord bezi üretim tesisinde terbiye motor sürücü ve PLC modernizasyonu konulu çalışma yapmıştır. Mevcut motor ve sürücüler sökülmüş yerine tesis edilen donanım ve plc bağlantıları tamamlandıktan sonra üçüncü hafta yapılan deneme üretimleri ve testleri olumlu sonuçlanınca standart üretime geçildiği belirtilmiştir. Projeden % 15 enerji tasarrufu ve 90 m/dak dan 100 m/dak 'ya üretim hız artışı hedeflendiği, proje sonrası hedeflere ulaşıldığının görüldüğü ve üretim kapasitesinde % 10 artış elde edildiği belirtilmiştir.,

Çivici [27] bir otomotiv tesisinde proses iyileştirmesi değişikliği konulu bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada kazan suyu sıcaklığının, otomasyonda sürekli olup ortalama 150 °C’de tutulmakta olduğu, yapılan proses değişikliği ile kazan suyu sıcaklığının 120 °C ye düşürülmesi sonucunda herhangi bir konfor kaybının yaşanmadığı gözlemlendiği belirtilmiştir. Bu ısı düşümü sonucunda toplamda 688 TEP/yıl enerji tasarrufu sağlandığı açıklanmıştır.

Tüzen [28] bir ilaç üretim tesisinde havalandırma sistemleri resirkülasyonu konulu çalışma yapmıştır. Projenin hesapları yapılarak havalandırma sisteminin mevcut durumunun tespit edildiği belirtilmiştir. Tespit sonrası klima santrali taze havası emişi ile egzoz ünitesi hava atışı arasındaki bağlantı için yeni kanalların yapılması gerektiği ifade edilmiştir. Bu proje ile iklimlendirilmiş havanın tekrar kullanımı sağlanarak enerji tasarrufu hedeflenmiştir. Gerçekleşen enerji tasarruf miktarının 2.352.630.600 kcal /yıl olduğu açıklanmıştır.

Terzi [29] yalıtım malzemeleri üreten bir tesiste kazan yanma veriminin artırılması konulu bir çalışma yapmıştır. Uygulanan projede amaçlanan kazan yanma veriminin artırılması olduğu, kazanlarda kullanılan yakma sistemi manuel bir düzenle sağlanmakta iken, özellikle brülör sistemlerinde son zamanlarda ki gelişmelerin yanma verimini artırmakta ve emisyon değerlerini düşürülmekte olduğu tespiti yapılmıştır. Tercih edilen yeni nesil brülörlerde yanma otomasyonla kontrol edilmekte ve brülör hava yakıt ayarının baca gazından atılan O<sub>2</sub> miktarına göre yapılması sonunda enerji tasarrufu yapıldığı belirtilmiştir.

Demirsoy [30] bir cam yünü üretim tesisin de imalat hattında üretilen şilte tipi ürünlerin ambalajlanması sırasında, ürünün naylon ile sarılması sonrası, naylonun kenarlarının buruşturulması için kullanılan rezistansların iş yapmadığı sürelerde enerjisinin kesilerek enerji tasarrufu sağlanması konusun da çalışma yapmıştır. İmalat hattı üzerinde gerekli proseslerden geçirilerek paketlenmeye hazır hale gelen camyünü şilte, hat sonunda paketleme makinasına giren ürünün ilk aşamada belirli bir sıkıştırma oranı ve belirli bir çapta rulo şeklinde sarıldığı, Sarma zamanı sonunda ürüne ambalaj naylonu verildiği ve belirli uzunlukta otomatik olarak kesilen ve tutkallanan naylon,



sıkıştırılmış olarak sarılmış olan ürünü paketlerken ürünün üzerindeki naylonun yanları açık vaziyette olup yanlardan ısıtma suretiyle buruşturularak paketleme işleminin tamamlandığı buruşturma işlemi için naylon sarılmış ürün beşik şeklindeki rulolu konveyör üzerinde kendi etrafında döndürülürken rezistanslarla ısıtılmış hava üflenmesi sonucu işlemin tamamlandığı anlatılmaktadır. Buruşturma işlemi sırasında kullanılan ısıtıcı rezistansların buruşturma süresiyle, bir sonraki ürünün sarılarak naylonlanması ve buruşturma işlemine hazır hale gelmesi için geçen süre arasında belirli bir zaman farkının olduğu ve buruşturma işlemi sonunda rezistansların, bir sonraki ürün buruşturma işlemi için beşiğe düşünceye kadar geçen sürede gereksiz çalışmakta olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışma ile otomatik olarak çalışan sistem üzerinde yazılım değişikliği ile rezistansların buruşturma işlemi sırasında enerjilenip, bekleme zamanında enerjilerinin kesilerek enerji tasarrufu sağlandığı ifade edilmiştir.

Ak [31] bir cam yünü üretim tesisin de izocam sanayinde enerji verimliliği konulu bir çalışma yapmıştır. Yapılan çalışma öncesinde elde edilen veriler de; elastomerik kauçuk köpük prosesinde kullanılan kızgın yağ kazanı doğalgaz sarfiyatı ortalamasının 4-5 kWh/kg civarında olduğu kızgın yağ kazanı, kızgın yağ boru tesisatı ve fırında yapılan termal kamera çekimlerinde ciddi anlamda kayıplara sebep olan, iyileştirmeye açık bölgeler olduğunun tespit edildiği ifade edilmiştir. Bu bölgelerde yalıtım iyileştirmesi yapılarak enerji tasarrufu sağlandığı, proses gereği ürünün pişirilmesinde kullanılan sıcak hava fırınının şartlarının gözden geçirildiği, fırını ısıtmada kullanılan kızgın yağ kazanının çalışma aralığı incelenerek gerekli revizyon yapılmasıyla set değerleri ortalamasının 265 °C'den 240 °C'ye çekilmesi sonucu kazanın gaz tüketiminin aşağı çekilmiş olduğu ve enerji tasarrufu sağlandığı ifade edilmektedir.

Alpayım [32] bir demir çelik üretim tesisin de aktif, endüktif reaktif ve kapasitif reaktif enerjinin sürekli izlenerek, reaktif oranlarının değişen enerji tarifeleri yönetmeliğine göre istenilen bantta kalmasını sağlama çalışması yapmıştır. Bu sayede hem enterkonnekte sistemin reaktif enerji bandından enerji çekilmeyerek ülke ekonomisine katkıda bulunulmuş hem de işletme de temiz ve kaliteli enerji kullanma imkanı olduğu ifade edilmektedir. Yapılan bu çalışma sonucun da parasal tasarrufun sağlandığı açıklanmıştır.

Çetin [33] bir döküm tesisin de ; aydınlatma giderlerini düşürmek amacıyla, 400 watt civalı armatürler yerine 2 x20 watt flüoresan armatürler ile değiştirilmesi konusunda çalışma yapmıştır. Bu çalışma da gereksiz armatürlerin söküldüğü, sökülen armatürlerin makine üzerlerine asma şeklin de monte edildiği, makinalara monte edilen armatürlere birer adet on/off anahtarı konularak yemek arası arıza-parça bekleme gibi zamanlarda kapatılmasının sağlandığı, civa buharlı armatürlerin işletme den tamamen alınması sonucun da enerji tasarrufu elde edildiği ifade edilmiştir.

Mollamehmetoğlu [34] bir otomobil üretim tesisin de ısıtma apareylerinin merkezi kontrolünün sağlanması konusunda ki çalışmasın da; tesisin ısıtılmasın da kullanılan 583 ısıtma apareyi ile 41 adet radyanısıtma sistemi kumandalarının bağımsız çalışma durumundan termik santrale toplayıp ısıtma ihtiyacı olduğunda ( ısıtma kızgın su verildiğinde ) çalıştırılmasını sağlamıştır. Bu çalışma sonucun da açık unutulup ısıtma görevi yapmadığı halde elektrik harcamının önüne geçildiği ve enerji tasarrufu sağlandığı ifade edilmiştir.

Gökkuş ve arkadaşları [35] bir çimento üretim tesisinde enerji nakil hattı ve OG dağıtım tesisatının tadilatı ile ilgili çalışma yapmışlardır. Bu çalışma da tesisin elektrik besleme hattının 2 km uzaklıkta olduğundan oluşan hat kayıplarının giderilmesi amacıyla yapılan tadilat sonucu elde edilen enerji kazanımı anlatılmaktadır.

### **3. TEKSTİL SEKTÖRÜ VE ENERJİ TARAMASI**

Bu bölümde tekstil sektörünün genel durumu dünya ve Türkiye ölçeğinde incelenmiş ve sektördeki enerji yoğunluk değerleri ile verimlilik olasılıkları irdelenmeye çalışılmıştır.

#### **3.1 Tekstil Sektörüne Genel Bakış**

Tekstil ve hazır giyim / konfeksiyon sanayi sağladığı istihdam imkanı, üretim sürecinde yarattığı katma değer ve uluslararası ticaretteki ağırlığı nedeniyle ekonomik kalkınma sürecinde ülkemiz için önemli rol oynayan bir sanayi dalıdır. Gelişmiş ülkelerin 18. yüzyılda gerçekleştirdikleri sanayileşme sürecine damgasını vuran tekstil ve daha sonra hazır giyim sanayi, günümüzde de gelişmekte olan ülkelerin kalkınmalarında benzer bir rol oynamaktadır. Tekstil, gelişmiş pazar ekonomilerinde yaratılan katma değer sıralamalarında da, bu ülkelerin yüksek teknoloji sektörlerinin ağırlığına rağmen, ilk sıralarda yer almaktadır [36].

Tekstil ve hazır giyim ticareti, uluslararası ticaretteki global kısıtlamalara rağmen, üretimin önünde gelişmektedir. Dünya tekstil üretimi 1980–1999 döneminde yaklaşık %15 artarken, ticareti %150'nin üzerinde artış göstermiştir [37]. 2005 ve sonrasında DTÖ (Dünya Ticaret Örgütü) düzenlemelerinin hayata geçmesiyle, dünya tekstil ticareti de artmıştır. Bloklar içi (AB, NAFTA, Uzakdoğu) tercihli ticaret giderek daha fazla ağırlık kazanmakta, bu da bloklar arası ticaret ve özellikle bloklar dışında kalan ekonomiler için yeni ve büyük boyutlu bir rekabet engeli yaratmaktadır.

Diğer bir önemli husus, işgücü maliyetlerinin düşük olduğu gelişmekte olan ülkelerin, tekstil ve hazır giyim üretim ve ticaretindeki paylarını, gelişmiş ülkelere oranla giderek artırmalarıdır. 1980–2000 yılları arasında tekstil üretimi Asya kıtasında yaklaşık %100, Amerika kıtasında % 75 kadar artmış, Avrupa'da ise % 33 kadar gerilemiştir. 1980'de tekstil üretiminin yaklaşık yarısını gerçekleştiren Avrupa'nın payı bugün % 30 dolaylarına düşmüş, aynı dönemde Asya ülkelerinin payı ise % 25'ten %

35–40 seviyelerine yükselmiştir. Amerika kıtası, dünya tekstil üretimindeki payını son çeyrek yüzyılda % 20'lerden % 25–30 dolaylarına yükseltmeyi başarmıştır [37]. Önümüzdeki yıllarda Çin dahil asya ülkelerinin paylarının diğer bölgeler aleyhine artmaya devam edeceği beklenmektedir [38].

### 3.2 Türkiye’de Tekstil sektörü

Türk tekstil sektörü teknoloji düzeyi, ekonomik etkinliği ve sosyal etkileşimi itibariyle ülkenin önde gelen sosyo-ekonomik faaliyet alanlarından biridir. Sektörün bu konumunu önümüzdeki yirmi yıl boyunca koruması, hatta geliştirmesi beklenmektedir. Tekstil sektörümüzün ürün kalitesi ve üretim teknolojisi çağdaş dünya standartlarındadır. Üretimnin yaklaşık  $\frac{3}{4}$ ' ü on yaşından daha genç makine ve teçhizatla gerçekleştirilmektedir.

Üretim kapasitesi açısından Türkiye, kurulu kapasite iş sayısı itibariyle dünyada altıncı, rotor sayısında ise dördüncü sıradadır ve iş sayısında dünya kapasitesinin % 3.4'üne, rotor sayısında ise % 5.5'ine sahiptir. Avrupa Birliği'nde kurulu pamuk tipi kısa elyaf kapasitesinin yaklaşık yarısı Türkiye'dedir. Türkiye'de kurulu kapasite tek başına AB kurulu kapasitesine denktir. Dokuma ve örgü kumaş üretiminde, yaşlı mekikli tezgahlar dikkate alınmasa dahi, kurulu dokuma kapasitesi AB toplamının  $\frac{1}{4}$  'ü kadardır ve Avrupa'daki en büyük yuvarlak örme kapasitesine sahiptir. Kumaş işleme (terbiye) kapasitesi, kurulu ham bez üretim kapasitesini (dokuma ve örgü) rahatlıkla işleyecek seviyededir. Terbiye (boya, baskı, apre) sanayimiz gerek boyutu ve teknoloji düzeyi, gerekse ürün kalitesi açısından AB kurulu kapasitesine en azından eşit düzeydedir [38]. Tekstil sektörü ülkede yaratılan katma değer (GSMH) 1/10'undan, ülke ihracatının 1/3'ünden fazlasını gerçekleştirmektedir [39]. Tekstil ve hazır giyim sektörünün imalat sanayi içindeki katma değer payı 1/6'dır. Özellikle giyim alt sektörünün emek yoğun karakteri nedeniyle, tekstil sektörü toplam yaklaşık yan sanayi ağı ile birlikte iki milyona yaklaşan çalışanıyla önemli bir sosyal işleve sahiptir [38,39].

Tekstil ve hazır giyim sektörü yüksek ihracat performans ve potansiyeline sahiptir, dünya tekstil ihracatındaki payı % 2.7, hazır giyimdeki payı % 3.4

dolaylarındadır. Sınır, bavul ve turist ticareti ayrı tutulduğunda dahi, 15 milyar \$ civarındaki tekstil ve hazır giyim ihracatıyla Türkiye, tekstilde Avrupa'nın birinci, dünyanın ondördüncü, hazır giyim ürünlerinde de Avrupa'nın ikinci, dünyanın yedinci büyük tedarikçisidir [39]. Sektördeki beklentiler, artık bu sektör ürünlerinin ülke için bir marka olması, bir imaj yaratmasıdır. Tekstil sektörünün bugünkü konumunu daha da güçlendirerek sürdürebilmesi ise, teknolojisini çağın önünde tutabilecek düzeyde geliştirmesine, bilgi yoğunluğu ve katma değeri yüksek ürünlere yönelmesine bağlıdır. Bunun için, tekstil sektörünün faaliyet gösterdiği iplik, örme, dokuma, tekstil terbiyesi ve konfeksiyon alanlarında teknoloji geliştirme ve arge çalışmalarına önem vermesi ve kaynak ayırması gerekmektedir.

### **3.3 Türkiye Tekstil Sanayinde Enerji Verimliliği**

Tekstil sektörü kriz yılları da dahil ihracatı sürekli artan bir sektör olması nedeniyle Türk sanayisinde büyük öneme sahiptir. Tekstil sanayisi incelendiğinde enerji kullanım miktarlarının inişli çıkışlı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte bu sektörde enerji tüketiminin genel bir artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Bunu destekleyici olarak, 2001 yılı krizinde bile tekstil enerji tüketimi açısından 1999 değerine yakın seviyelerde gerçekleşmiştir [40]. Tekstil sanayinde satıştan elde edilen gelirin dalgalı olduğu görülmektedir, ancak elde edilen bu değer hep % 10'un üstünde olmuştur.

2001 yılında yapılan bir çalışma neticesinde tekstil sektöründe enerji yoğunluğu 0.121 TEP/Bin\$ olarak hesaplanmıştır. 1995–2001 süresince tekstil sanayindeki enerji yoğunluğu sürekli bir artış eğiliminde olmuştur. Buna rağmen 0.121 değerinin Türkiye sanayi ortalamasının (0.212 TEP/Bin\$) altında olduğu görülmüştür [41].

Tekstil alt sektörlerdeki enerji yoğunluklarına bakılırsa, ayakkabı sanayinin 0.02 TEP/Bin\$, deri sanayinin 0.033 TEP/Bin\$, giyim eşyası sanayinin 0.04 TEP/Bin\$ olurken, dokuma sanayinde bu değer 0.174 TEP/Bin\$ olduğu görülür. Görüldüğü gibi dokuma sanayinde enerji yoğunluğu diğer alt sektörlerle göre oldukça yüksektir, ancak bu değer yine Türkiye sanayi ortalamasının altındadır.

Tekstil sektöründe en çok kullanılan enerji türünün elektrik olduğu görülmektedir. 2001 yılı verileri ile tekstil sektöründe elektrik kullanımının payı % 29 olmuştur.

Benzin, motorin, taşkömürü, LPG tüketiminin çok az paya sahip olduğu ve payın yıllar itibariyle değişmediği görülmüştür. Doğalgaz tüketimi tekstil sanayinde önemli bir yer tutar, elektrikten sonra ikinci tüketim değeriyle (2001, % 27) öne çıkmaktadır.

### **3.4 Tekstil Sektöründe Proses**

Tekstil’de ilk işlem ham elyafın üretilmesinden geçer. Tekstilde kullanılan elyaf doğal kaynaklardan (yün, pamuk, vb.) selüloz malzemelerden veya tamamen sentetik (polyester, naylon) malzemelerden elde edilebilir. Ham, doğal veya üretilmiş elyaf taşındıktan sonra giysi üretimi için dört ana işlemden geçer [38]

- İplik üretimi
- Kumaş üretimi
- Kumaş işleme
- Giysi/Elbise üretimi

Son ürün olarak elde edilen giysiden başka, depolanmak üzere iplik ve kilim/halı prosesin farklı kademelerinden elde edilebilir.

### **3.5 Tekstil Sektöründe Enerji Tüketim Karakteristiği**

Bir tekstil fabrikasında kullanılan enerjinin büyük bir bölümü elektrik enerjisidir. Elektrik enerjisi işlemlerde kullanılan makinelerin beslemelerinde, soğutma ve sıcaklık kontrol sistemlerinde, aydınlatma, ofis ekipmanlarında, vb. kullanılmaktadır. Bunların dışında petrol, LPG, kömür veya doğalgaz buhar jeneratörlerinde yakıt olarak kullanılmaktadır. Türkiye’deki endüstride tüketilen enerjinin alt sektörlere göre dağılımına bakılırsa, tekstil sektörü toplam tüketilen enerjinin % 6-7’lik kısmını oluşturmaktadır. Buna göre tekstil sektörü demir/çelik (% 35) ve çimento sektöründen (% 20) sonra üçüncü sırayı almaktadır [42]. Endüstrideki tüketilen enerjinin içinde tekstil bu önemli yeri ile potansiyel enerji tasarrufuna ve yeni yöntemlere acil olarak

ihtiyaç duymaktadır. Tekstil başlığı altında; iplik üretimi, dokumacılık, giysi/elbise üretimi, eğirme prosesi, boyama, kurutma, apre ve örgü işlemleri en büyük enerji tüketimi ile dikkat çeken proseslerdir.

### **3.6. Tekstil Sektöründe Elektrik Enerjisinin Kullanımı**

Tekstil sektöründe elektrik enerjisi ağırlıklı olarak üretimde, HVAC sistemlerinde ve aydınlatmada kullanılmaktadır. Bir tekstil fabrikasında tüketilen elektrik enerjisi toplam enerji tüketiminin yaklaşık % 75'ini oluşturmaktadır. Özellikle ısıtma, soğutma, havalandırma ve duman emici fanlarda tüketilen elektrik enerjisinde çok önemli enerji tasarruf potansiyeli bulunmaktadır.

#### **3.6.1 Üretim İşlemi**

Tekstil endüstrisinde üretim proseslerinde çok sayıda elektrik motorları kullanılır. Çoğunluğu küçük güçlerde olmasına rağmen, motor güç aralıkları geniştir. Bazı klasik proses makinelerinde tek motor kullanılırken, yeni daha teknolojik makinelerde kontrol kartının kumanda ettiği birden fazla motor kullanılmaktadır. Elektrik motorları genellikle % 50–100 yük arasında çalışmak üzere tasarlanmışlardır. Buna rağmen en yüksek verim % 75 yük civarında elde edilir. Bu seviyeden sonra, yani % 50 seviyelerinin altında motor verimi hızlı bir şekilde azalmaya başlar. Tekstil sektörü için proseslerde kullanılan elektrik motorlarının genellikle değişken yüklerde çalışmaları gerektiğinden, iki hızlı motorlar veya hız kontrol cihazlarının kullanımı enerji tasarrufu açısından önemlidir. Sanayideki çoğu motor, tekstil sektöründe de olduğu gibi ihtiyaca göre büyük boyutlandırıldığından, çoğu motor % 50 verimin altında çalışmaktadır [37].

#### **3.6.2 Aydınlatma**

Ülkemizde net bir ölçüm sonucu olmamakla beraber, tüketilen elektrik enerjisinin % 20'si aydınlatma amacıyla kullanılmaktadır. Bu nedenle aydınlatmada gerçekleştirilecek enerji verimliliği önemlidir. Endüstride tüketilen elektrik enerjisinin içinde aydınlatmanın payı değişmekle beraber % 10 civarındadır. Ancak bu değerler

sektörlerlere göre değişmektedir. Tekstil sektöründe bu değer % 5–10 arasında olduğu düşünülmektedir [43]. Dünya genelinde bu oran % 5 ila % 25 arasında değiştiği bilinmektedir [42]. Küçük bir yüzde gibi görülen aydınlatma maliyetinde gerçekleştirilen verimlilik, uzun saatler boyunca çalışan tesislerde küçümsenmeyecek boyutlara ulaşabilir. Aydınlatmada verimliliğin, lamba söndürerek değil, görme yeteneği ve görsel konfordan ödün vermeden, gerekli minimum düzeyde aydınlık düzeylerinin yaratılması ile sağlanabileceği unutulmamalıdır. İyi ve kaliteli aydınlatma ile çalışanların görme yetenekleri iyileştirilerek, iş hacmi ve verimi artırılır. Çalışma konforu ve iş potansiyelinin artmasıyla elde edilecek tasarruf elektrik enerjisine ödenen miktardaki azalmadan çok daha önemlidir.

### **3.6.3 HVAC Sistemleri**

HVAC (Isıtma, havalandırma ve soğutma) sistemleri tekstil prosesinin en önemli bölümlerinden biridir. HVAC ile fabrika içinde proses ve insanların konforu için kullanılacak havanın koşullandırılması, taşınması ve gerekli sıcaklık, nem ve hava kalitesi değerlerinin ayarlanmasından bahsedilir. Tekstil endüstrisi için dokuma prosesinde sıcaklık değerlerinin yaklaşık 30 °C, nemin ise % 60–70 civarında olması istenir [44].

## **3.7 Enerji Kayıplarının Belirlenmesi**

Bu bölümde tekstil fabrikalarında yapılabilecek bazı enerji verimliliği konularına dikkat çekilecektir.

### **3.7.1 Sıcak Su ve Isı Geri Kazanım Sistemlerinde Enerji Kayıpları**

Tekstil sektöründe ısı geri kazanım sistemlerinin kullanımı, sıcak su ve buhar sistemlerine olan ihtiyacın azaltılması bakımından enerji verimliliğine katkıda bulunur. Bu nedenle enerji kayıplarının düşürülmesi ve kaybedilen enerjinin geri kazanılması çok önemlidir. Tekstil sektöründe bilindiği gibi ısıtma prosesi ciddi bir atık enerji oluşmasına neden olur. Isı enerjisi atık sıcak su sistemlerinde bir ısı değiştiricisi



kullanılarak elde edilebilir. Sonuç olarak atık ısı geri kazanım cihazları enerji tüketiminin azaltılmasına yardımcı olabilir ve bu enerjinin başka proseslerde kullanılması ile verimlilik artırılabilir.

Buhar kondens borularından sıcak ve temiz su buharları geçer. Bu akış boyler sistemlerinde giriş suyu veya boyama prosesinde boya havuzlarında hazırlık için kullanılabilir. Bu potansiyel yöntemler su tüketimini azaltırken, aynı zamanda atık su miktarını da azaltırlar ve bu şekilde enerji tasarrufu sağlanır. Kurutma prosesi tekstil sektöründe genellikle en çok enerji tüketen prosestir. Kurutma prosesinde kullanılan çeşitli kurutucular büyük oranlarda sıcak ve nemli hava üflerler.

Isı geri kazanım sistemlerinde minimum % 5 buhar oranı olan kazanlar bu tip uygulamalar için uygundur [43]. Daha yüksek enerji tasarrufu için yüksek basınçlı kazanlar kullanılmalıdır. Genellikle atık ısı sistemlerinde sıcaklıklar 60–70 °C civarındadır.

### **3.7.2 Kaçaklar ve Eksik Bakım Sonucu Enerji Kayıpları**

Birçok tekstil firmasında genellikle boru hatları ve donanımların yerleşimi düzgün olmadığından, buhar ve sıcak su sistemlerinde kaçaklar oluşmaktadır. Kaçak miktarının ve bunun sonucunda gerçekleşen kaçak maliyetini belirlemek zor da olsa, kesin olan bir şey varsa o da sıcak su ve buhar kaçakları sonucunda ciddi bir enerji kaybı gerçekleşmektedir. Borulama sistemleri ve yalıtım genellikle standart ile açıklanmış olmasada, bu tip sorunların en büyük nedeni proses sırasında makinelerin durdurulmaması gerektiğinden gerekli bakımın yapılamamasıdır.

Genellikle tekstil fabrikalarında buhar ihtiyacı tam olarak hesaplanmadığından, fabrika genişletilme süresince daha fazla buhar ihtiyacı varsa ilk işlem yeni kazanların ve boylerlerin eklenmesidir. Oysa bunun yerine buhar ihtiyacının iyi belirlenmesi gerekir. Fazla ve gereksiz buhar kullanımının en önemli sebebi gerekli sıcaklığa ulaştıktan sonra banyolara hala buhar basılmasıdır. Genellikle fabrikalardaki buhar kapanları tam olarak çalışmadığından, yoğunlaşma sonucunda buhar dışarı rahatlıkla çıkabilmektedir. Bilindiği gibi buhar borulama sistemi içerisinde yüksek basınçla

hareket eder. Bu nedenle zarar görmüş vanalar ve borular kaçaklar için elverişli yerlerdir. Yukarıda bahsedilen tüm sorunlar buhar ve sıcak su kaçaklarına sebep olmaktadır ve bunların engellenmesi tesislere önemli enerji tasarrufu olarak geri dönecektir [37].

### **3.7.3 Makinelerde ve Borularda Yalıtım Sorunları**

Tekstil sektöründe daha önceden de bahsedildiği gibi buhar ihtiyacı ve kullanımı diğer sektörlerle göre oldukça yüksek olup, oldukça önemlidir. Isı yayılımı sonucunda buhar taşıma sistemlerinden ve basınç düşümlerinden kaynaklanan buhar kayıpları tesislerde ciddi sorun oluşturur. Kazanların duvarları, yakma hücreleri ve borular yalıtım malzemeleri ile yalıtılmalıdır. Uzun mesafeli buhar iletiminde borulama sistemlerinde yüksek basınçlı ve küçük çaplı sistemler yerine, düşük basınçlı ve daha geniş çaplı sistemler tercih edilmelidir. Bununla birlikte boruların kıvrımlarında basınç kayıpları yüksek olduğundan, kıvrımların veya dönemeçlerin çaplarının genişletilmesi bu kayıpları azaltmaktadır. Özellikle Türkiye'deki tekstil tesislerine bakıldığında, buhar ve sıcak su sistemlerindeki yalıtım seviyelerinin düzgün olmadığı görülür. Bunun en önemli nedeni yırtılan yalıtım malzemelerinin bakım yetersizliği veya yanlış bakımıdır [37].

Çevreye ısı kaybı genellikle makinelerden dışarıya ısı iletimi ile olur. Yıkama ve kurutma prosesinde ve özellikle haşıl sökme işleminde, ağartma, jigler makineleri genellikle yeterli yalıtılmadığından ısı kayıpları yüksektir. Bilindiği üzere ısı yayılımının miktarı makinenin içindeki sıcak yüzey ile dışarıdaki soğuk yüzey arasındaki farkın fonksiyonudur. Düzgün seçilmiş ve uygulanmış yalıtım ısı transferini engelleyerek ısıtma prosesinde daha az buhar ve yakıt kullanılmasını sağlar [45].

### **3.7.4 Kazan Yalıtımı ve Kontrol Sistemi**

Kazanların ısı yalıtımı güvenlik, enerji tasarrufu ve performans kriterleri açısından önemlidir. Bir kazanın yalıtımı için seçilecek malzeme, kazanın yaşına ve tasarımına göre farklılıklar gösterecektir. Kazan üstündeki yalıtım zamanla yüksek sıcaklığa ve aşınmaya maruz kalacağından periyodik bakımı ve tamiri çok önemlidir.

Kazan kontrol sistemleri kazanı korumalı ve düzgün çalışmasını sağlamalıdır. Bu sistemler yakma kontrol sistemlerini, alev güvenlik sistemini, su seviye ve yakıt kontrol proseslerini içermeli ve enerjinin daha verimli kullanılmasını denetlemelidir. Buhar akışını gösteren cihazlar kazanın veriminin ve performansının hesaplanmasında faydalı olabilir, ayrıca sistem tarafından talep edilen buharın ölçülmesinde bu cihazlar kullanılabilir [45].

### **3.7.5 Yakma Kontrol Sistemleri**

Kazanın yakma işleminde optimum hava ile beslenmesi ısı kayıplarının önüne geçilmesi ve yakma veriminin artırılması açısından çok önemlidir. Endüstriyel kazanlarda belirli bir yakıt miktarı için yeterli havanın sağlanması fanlarla sağlanır. Damperler, giriş vanaları veya ilerleyen teknoloji ile birlikte hız kontrol cihazları havanın kontrolünde sıklıkla kullanılır. Hava yakıt karışımının sağlanması için yakma kontrol sistemleri kullanılarak, güvenli ve verimli yakma sağlanır. Yakma sıcaklığı ve baca gazı oksijen (veya karbondioksit) konsantrasyonu yakma verimini gösteren ilk verilerdir. Pratikte yakma koşulları mükemmel değildir ve ilave hava katkısı yakıtın yakılması için gereklidir. Bu nedenle doğru karışımın bulunması için baca gazı ve karbondioksit seviyelerinin yoğunluğunun incelenmesi gerekir [45].

### **3.7.6 Boyama ve Kurutma Prosesi**

Tekstil endüstrisinde boyama ve kurutma, ısıtma için en fazla enerji tüketen iki prosestir. Genellikle fuel-oil veya LPG kullanılır. Boyama prosesi için 80 °C’de sıcak su kullanılırken, kurutma prosesi yüksek seviyede buhar kullanır. Kurutma işleminde tekstil parçaları sıcak yüzeyli bir silindir üzerinden geçirilir ve kazandan sağlanan sıcak su kazana gönderilir [40].

## **3.8 Enerji Yönetimi**

Kuruluşlar olanaklarını genişletmek için gereken sermayeyi bulmak amacıyla daha fazla kâra ihtiyaç duyabilirler. Bu amaçla toplam maliyetleri düşürmenin yararlı bir

yol olduğu bilinmektedir, Ancak bunu üretim kaybı olmadan başarmak için neler yapılması gerektiği ve de kısa vadede yararlı olacak bir çözümün sonradan zararı dokunabileceği olasılığı mevcuttur.

Oysa, ekipmanların çalıştırılması, binaların ısıtılması ve aydınlatılması, malların taşınması gibi alanlarda tüketilen enerji, üretim kaybına yol açmadan, hatta üretimi artırarak toplam maliyetlerin düşürülebileceği bir çalışma alanıdır.

Enerji yönetimi, kuruluşların günlük çalışması sonucu ortaya çıkan enerji maliyetlerinin sistemli bir biçimde denetlenmesi demektir. Bu denetim daha az yakıt ve elektrik enerjisi kullanarak aynı miktarda mal üretimini, ya da aynı düzeyde hizmet verilmesini sağlar. Enerji yönetimi, personel, finans, pazarlama ve üretim yönetiminde kullanılan tekniklerin enerjiye uygulanmasıdır.

Sorunun en önemli yanı, kullanılan kömür, petrol ve elektrikten kaynaklanan enerji maliyetlerinin yönetilebilir olduğunu ve bu maliyetlerin kesinlikle azaltılabileceğini düşünmektir.

Birçok kuruluş, çalışmalarında harcadığı enerji miktarını bilmediği gibi, enerji maliyetlerini düşürecek tedbirleri de dikkate almaz. Kuruluşların özelliklerine bağlı olsa da, birçok kuruluşta hiç yatırım yapmadan, ya da çok az yatırımla % 5-10 kadar enerji tasarrufu sağlanabileceği, bu alanda çalışanların paylaştıkları genel bir görüştür. Söz konusu bu miktar, fabrika modernizasyonu, kapasite ya da kar artırmak için kullanılacakken kuruluşun enerji için boşa sarf ettiği paradır [46].

### **3.8.1 Enerji Yönetimi ve Aşamaları**

- Üst yönetimin desteğinin sağlanması.
- Enerji yöneticisi ve enerji tasarrufu komitesi tayin edilerek göreve başlaması.
- Enerji kullanımı ve geçmiş kayıtların gözden geçirilmesi.
- Enerji taramalarının yapılması.
- Enerji tasarrufu yapılabilecek alanların belirlenmesi, kaçakların tespiti.
- Öncelikle hiç yatırım yapılmadan uygulanacak tasarruf önlemlerinin

uygulanması.

- Eğitim, personel bilinçlendirme ve iletişim çalışmalarının başlatılması,
- Orta ve uzun vade de kendini geri ödeyen uygulamalar için yapılabilirlik etütleri yapılması.
- Ayrıntılı mühendislik etütleri ve ekonomik analizlerin yapılması.
- Yıllık tasarruf hedeflerinin belirlenmesi ve yakından izlenmesi.
- Özgül tüketim miktarı'nın belirlenmesi ve sürekli izlenmesi,
- Kuruluşun "enerji profili" nin çıkarılması, işletme ve bakım prosedürlerinin yeniden oluşturulması ve "enerji dosyası" nin tamamlanması [47].

### **3.8.2 Enerji Yönetimi Programında YatırımdanElde Edilecek Kazanımlar**

- Enerji tüketiminin izlenmesi.
- İşletme koşullarının yakından izlenmesi ve denetimi.
- Bakımın iyileştirilmesi, öngörülen bakım prosedürlerinin tam olarak uygulanmasının denetimi.
- Kaçakların önlenmesi.
- İşletme hatalarının düzeltilmesi ve tasarruflu işletmecilik konularında personelin eğitilmesi.
- Personelde tasarruf bilincinin yaratılması ve çalışmalara katılımın sağlanması için duyuru, gösteri, poster ve ödüllendirme gibi ilgi uyandırıcı ve özendirici çalışmalar yapılması.
- Enerjinin satın alınması, planlanması ve üretimi üzerinde çalışan personele enerji tasarrufu konusunda özgün önerilerde bulunulması.
- Üretim bölümlerinde "Üretimin devamlılığı için her şey mubahtır" gibi yanlış düşüncelere son verilmesi.
- Şirketteki birimler arasında koordinasyonun sağlanması.
- Dünyada aynı sektörde gerçekleşmiş ve kararlı duruma gelmiş "özgl enerji tüketimi" miktarlarını kuruluşumuzdaki ile karşılaştırarak, gerçekçi hedefler belirlemek ve uygulamak için üst yönetimin desteğinin sağlanması.
- Yakıt ve elektrik fiyatlarının takip edilmesi, tasarruf imkanı yaratan elektrik

tarifelerinin firma bünyesine uygun olup, olmadığının araştırılması, teşvik uygulamaları hakkında bilgi sahibi olunması.

- Yeni yatırım veya tesisat sırasında enerji tüketimi en az olan makine, tesis ve ekipmanlara öncelik tanınması [47].

### **3.8.3 Enerji Yönetimi ve Tasarrufu Çalışmalarında Dikkat Edilecek Hususlar**

- Genel müdürden başlayarak, her çalışana enerji ekonomisinin gereği anlatılmalı ve konuya inanmaları ve sahip çıkmaları sağlanmalıdır.
- Her türlü enerji kullanımı hassas olarak ölçülmeli ve kaydedilmelidir. Ölçüm sonuçları dikkatle incelenmeli ve enerji kullanımının azaltılabileceği / en iyilenebileceği noktalar saptanmalıdır.
- Daha yeni ve uygun teknikler araştırılarak verim artırılmalıdır.
- Her yenilik ve değişikliğin enerji kullanımındaki etkileri izlenmelidir.
- Enerji yönetimi çalışmalarından amaç, enerjinin daha ucuz kaynaklar ve / veya daha verimli üretim yöntemleri ile ikamesi, yani kullanılan enerjinin kapital, bilgi, malzeme ve işçilik gibi daha ucuz hale gelmiş kaynaklardan yararlanılarak minimuma indirgenmesidir. Bu da ancak dikkatli ve sürekli bir çalışma ile sağlanabilir [47].

## **3.9 Kazan ve Su**

Tekstil sektörün de buhar sistemi, enerji maliyetleri açısından ilk sırada incelenmesi gereken bölümdür. Enerji geri kazanım çalışmaların da buhar sistemi ilk sıralarda olduğundan bu kısım da buhar ve kazan sistemleri ile ilgili teorik bilgilere yer verilmiştir.

### **3.9.1 Buhar Kazanı Tanımı**

Buhar kazanının amacı; ısıtma, elektrik üreten türbinlerin çevrimi, sterilizasyon, sıcak su gibi amaçlarla prosesin çeşitli aşamalarında kullanılmak üzere buhar üretmektir.

Kazan sistemleri şekil ve boyut olarak farklılık gösterebilir de tipik olarak bir buhar kazanı ve yumuşatma cihazı, degazör ve kondens adı verilen yardımcı sistemlerden oluşur [48].

### **3.9.2 Kazan Suyu Şartlandırması**

Buhar kazanlarının çalışma prensibi, bir yakıt etkisiyle ısı enerjisi elde edip, kazan suyunun buharlaştırılmasıdır. Dolayısıyla, kazan veriminin ve servis ömrünün belirleyicisi kazana beslenen suyun fiziksel ve kimyasal özellikleridir. Düzenli bakım ve kontrol, kazan sistemlerinin yüksek performansta çalışmalarını sağlar. Giderilmesi gereken yaygın problemler, safsızlıklar, korozyon, depozitler, sürüklenme ve köpürmedir. Bu problemlerin tümü kazan besleme suyunun özelliğinden kaynaklanır. Kazan suyunun istenen özelliklere getirilmesi için bir dizi fiziksel ve kimyasal işlemler gerekmektedir. Ön şartlandırmayı takiben yapılan kazan içi kimyasal şartlandırma ile kazan besleme suyunun bu tür problemlere yol açması önlenir.

Uygun bir kazan şartlandırması enerji ve su tasarrufu sağlar, yardımcı ünitelerin maliyetini düşürür, kazanların servis ömrünü artırır, duruş zamanını kısaltır, bakım maliyetlerini düşürür [49].

### **3.9.3 Kazan Besleme Suyu**

Blöf ve buharlaşma ile kaybolan suyu telafi etmek için kazana eklenen sudur. Birçok durumda kondens sisteminden kazana geri döndürülen yoğunlaşmış buhar, besleme suyunun büyük kısmını oluşturur. Besleme suyu saflığı, safsızlıkların miktarı ve yapısı ile ilgilidir. Besleme suyu saflığı gereksinimleri, kazan basıncına, kazan tasarımına ve uygulamalara bağlıdır ve çok çeşitli farklılıklar gösterebilir.

### **3.9.4 Ön Şartlandırma ve Su Yumuşatma**

Ön şartlandırma yöntemleri, besleme suyunu kazana girmeden önce sisteme hazırlamak için kullanılır. Kullanımı en yaygın kazan dışı ön şartlandırma işlemi

yumuşatmadır. Birçok işletmede ham su olarak sertliği oldukça yüksek olan kuyu suları kullanılmaktadır. Bu kadar yüksek sertliğin ve bazı diğer safsızlıkların kazan içi kimyasal şartlandırma ile tamamen giderilmesi mümkün değildir. Bu nedenle, su kazana beslenmeden önce bir yumuşatma devresinden geçirilerek fazla sertliği alınmalıdır. En çok kullanılan yumuşatma yöntemi, iyon değiştirme ile suyun sertliğinin giderilerek yumuşak su haline getirilmesidir [49].

### **3.9.5 Buhar Kazanlarında Su Oluşması ve Buhar İle Birlikte Su Sürüklenmesi ve Önlenmesi**

Kazan suyunda katı madde konsantrasyonu izin verilen sınırın üzerine çıktığında (İletkenlik değeri izin verilen sınırın üzerine çıktığında), kazan buharlaşma yüzeyinde yoğun köpük oluşur. Kazandan çekilen buharla birlikte bu köpük de beraberine su damlacıklarını da alarak sürüklenirler. İşletmenin, kazan buhar üretim kapasitesinin üzerinde ani buhar çekişleri sırasında da tesisata su sürüklenmesi olayı yaşanabilir. Bu suretle buhar kalitesi bozulur. Ayrıca, buhar dağıtım boruları ve makine girişlerinde de su oluşması nedeni ile proseste istenen sonuçlar oluşmamakta veya işlem süreleri artmaktadır. Su sürüklenmesi ve su oluşmasının önlenmesi için aşağıdaki çalışmalar yapılır.

- Kazan besi suyu katı madde konsantrasyonu önerilen seviyelere düşürülür. Bunun için ham su, ters osmos, dealkalize veya demineralize tesisinden geçirilir.
- Tesiste kondens suyu dönüşünün maksimize edilmesi için bütün teknikler uygulanır. Kanala atılan kondensin kazanılması için tesis eksikleri tamamlanır. Kondens geri dönüş sistemindeki kaçaklar önlenir.
- Buhar kazanında otomatik veya elle satıh blöfü yapılarak, kazan suyu katı madde konsantrasyonu istenen seviyeye düşürülür.
- Ek olarak köpük önleyici uygun kazan kimyasalları dozajı yapılır.
- Kazan buhar çıkışına (kazan içinde) su tutucu plakalar konulur. Kazan dışında separatörlü - çarpma plakalı veya santrifuj su tutucuları yerleştirilir.
- Ana dağıtım kollektörü altından suyu tahliye etmek için yeterli ölçüde



kondenstop postası (kondenstop, filtre, kesme ve by-pass vanalarından oluşan sistem) tesis edilir.

- Ana dağıtım borularının gerekli yerlerinden toplanan suyu almak için yeterli ölçüde kondenstop postaları tesis edilir ve dönüş kondens borusuna bağlantı yapılır.
- Ana dağıtım borusunun en son noktasından da aynı şekilde kondenstop postası ile dönüş borusuna bağlantı yapılır.
- Ana dağıtım boruları gidiş yönünde uygun eğimde yükselerek, kondens dönüş boruları dönüş yönünde uygun eğimde alçalarak tesis edilir. Ana buhar dağıtım borularının yükselerek giderken aniden alçalması gereken noktalarda, dönüş kondens hattına kondenstop postası ile bağlantı yapılır.
- Kazanlar en verimli olarak % 80 yükte çalıştırılırlar. Ancak bazı durumlarda (8 saatte 1 saat süre ile) % 110 yükte (geçici maksimum kapasite) çalışmasına izin verilir. Böyle durumlarda buharla birlikte su damlacıklarının da kazanı terk ederek işletmeye gitmesi olasıdır.
- Bunu önlemenin yolu, kazan ideal çalışma yükünün % 80 olarak uygulanması ve yük aşımalarına çok gerek olmadıkça gidilmemesidir.
- Tesisatta yalıtım eksikleri veya yalıtımsız ekipmanlar su oluşmasına yol açar. Kazan, boru, vana ve proses kaplarının gerektiği şekilde ve uygun konstrüksiyonda (yalıtım kalınlığı, yalıtım malzemesi, ısı ileten köprüler v.b.) yalıtılmak gereklidir. Ters durumda ısı kaybı nedeni ile soğumalar ve bölgesel yoğuşmalar oluşabilecektir.
- Her ne sebeple olursa olsun, borularda oluşan suyun proses kabının girişine konulacak bir kondenstop postası ile alınarak dönüş kondens hattına verilmesi gereklidir.
- Buhar elde edildiği yerden uzakta kullanılıyorsa, yoldaki kayıplar göz önüne alınarak kazan işletme basıncı yeterli miktarda yüksek tutulmalıdır. Böylece kullanma ortamındaki istenen basınç ve sıcaklık sağlanmış olur.
- Bazı durumlarda uzak ortamlara yüksek basınçta sevk edilen buhar, kullanılacağı makinenin girişinde istenen basınca, basınç düşürücü vana ile düşürülür. Böylece elde edilen buhar, önceden daha düşük basınçta, ama ventil giriş basıncındaki

ısıda olacağından kızgın (kuru) buhar halindedir.

- Proseste kesinlikle kuru buhar istendiğinde, makine girişlerine su tutucu elemanlar konulması yararlı olabilir.
- Buhar taşıyan boruların çapları, gereksiz yere büyük seçilmiş ise buhar gidiş hızında düşmeler olacak ve buhar soğuyacaktır. Bu durumlarda da hatlarda su oluşabilir. Boru çapları uygun ölçüye gelecek şekilde tesisat yenilenmesi yapılmalıdır.
- Belirli bir süre çalıştırılmayan makine veya proses kaplarının buhar giriş vanaları kapalıdır ve iniş hattı alt noktasındaki by-pass vanası açılıp su tahliye edildikten sonra makineye buhar verilmesi gerekir.
- Makine veya proses kabı çıkışındaki kondens toplara sürekli ve periyodik olarak bakım uygulamalı, işlemeyenler çalışır hale getirilmelidir. Boşaltma yapmayan kondens toplar sistemde su birikmesine sebep olur ve sisteme buhar giremez. Böyle durumlarda işletme elemanı bakım grubuna haber vermez ve suyu by-pass'tan boşaltma yolunu seçer ve bu vanayı sürekli açık tutarsa, büyük buhar kaybına sebep olabilir. İşletme ve bakım elemanları böyle çalışma yapılmaması yolunda aydınlatılmalı ve uyarılmalıdır.
- Ani buhar çekişlerinde kullanılmak üzere buhar akümülatörü tesis edilir. Bu suretle, yedekte daima büyük buhar çekişlerini karşılayabilecek buhar rezervi bulundurulmuş olunur [49].

### **3.9.6 Isı Transfer Yüzeylerinde Biriken Kirecin Yakıt Sarfiyatı ve Dolayısıyla Enerji Maliyeti Üzerindeki Etkisi**

Suyun içindeki mineraller ısı transfer yüzeylerinde çökerek kışır oluşturmaktadır. Kışır kalınlığı belli boyutlara ulaştığında önce yakıt sarfiyatı artmakta sonra metal deformasyonu daha sonra da delinme ve patlama gibi tehlikeli boyutlara ulaşmaktadır. Yapılan incelemelerde kışırın yapısı ve özelliğine göre;

<b>Kışır Kalınlığı (mm)</b>	<b>Yakıt Kaybı (%)</b>
0,50	0,6
0,80	0,9
1,20	16,0
1,50	15,0
1,80	13,0
3,85	15,7
6,00	25,0
6,00	35,0
6,00	50,0
13,00	60,0

Buhar kazanlarında 2 mm kışır kalınlığından sonra yavaş yavaş termal gerilmelerle konstrüksiyon zorlanmakta, aynalar ve borular arasında gevşemeler meydana gelmektedir. Çünkü metali örten kışır tabakasının ısı iletkenliği ve gerilmesi metalden farklıdır. Bu nedenle kazanda ayna-boru bağlantılarında sızdırmalar başlayacaktır. Kışır kalınlığı arttıkça sızdıran boru sayısı da doğal olarak artacaktır [49]. Kışır kalınlığı 4 mm ye ulaştığında metalin kristal yapısı bozulacağından ve sertleşme meydana geleceğinden kazan sistemi güvenilir olmaktan çıkacaktır. Külhan çökmesi, boru patlaması, ayna çatlakları gibi tehlikeler her an beklenecektir. Ayrıca kışır sebebi ile boru çeperinin daralması, hacim küçülmesi, verim düşüşü, tahliye pompalarının zorlanması gibi problemler de meydana çıkacaktır. Bütün bu problemlerden kurtulmanın yolu, buhar kazanlarında, eşanjörlerde, boylerlerde kimyasal su şartlandırması uygulanarak kışır oluşumuna engel olmaktır. Buhar ve ısıtma kazanlarında oluşan kışır-kireç tabakasının metale zarar vermeden temizlenmesi ve nötralize edilmesi gerekir [49].

### **3.9.7 Buhar Kazanlarında Köpürme ve Blöf**

Buhar kazanlarında yağ, organik maddeler, silis, tuzlar, toplam çözülmüş maddeler ve kazan suyunun toplam alkalitesi kazan içindeki yüksek basınç ve sıcaklıkla etkileştiğinde köpürmeye neden olur. Kazanlarda köpüklenmeyi ve su sürüklenmesini önlemek için düzenli blöf sisteminin çalışır halde olması ve su şartlandırma kimyasallarının özel köpük kesiciler içermesi gerekir. Kazan suyunun

köpürmesinin önlenmemesi, köpük nedeniyle kazanın susuz kalarak yanmasına neden olur. Kazan suyunda oluşan köpüklenme ise suyun sisteme sürüklenmesine neden olur. Kazan suyu sürüklenmesi, kazan suyu katılarıyla buharın kirlenmesidir [49].

Blöf, kazan suyu içinde buharlaşma sonucu konsantrasyonu artan çözünmüş ya da askıda kalmış katı madde miktarını, kazan için belirlenen limitlere çekebilmek amacıyla kazan suyunun bir kısmının sistemden atılması işlemidir. Kazana besleme suyu ile gelen katı asıtlılar ve çözünmüş katı maddeler buhara geçemeyeceğinden kazan suyunda kalır ve zamanla derişimi artar. Eğer blöf ile kazan suyu ayarlanmazsa buhar kalitesi bozulur ve kısa zaman sonra kazan çalışmaz hale gelir.

Kazan suyundaki katı asıtlılı ve çözünmüş madde konsantrasyonunun kazana zarar vermesini engellemek amacıyla kazan suyundaki bazı parametrelere sınır değerler konulmuştur ve blöfler bu sınır değerlere göre yapılır. Kazan suyu sınır değerleri kazan ve sistem türü ile özellikle kazanın çalışma basıncına bağlıdır. Yapılan blöf ile kazan suyunda ki safsızlıklar kazan dışına atılarak istenen sınır değerlerin altına düşürülür [49].

### **3.9.8 Düzenli Blöfün Faydaları**

İşletmelerde kullanılan suyun değerleri ve kazanın tipi, çalışma basıncı dikkate alınarak belirlenen blöfler düzenli yapıldığı takdirde;

- Daha saf ve temiz buhar elde edilir.
- Kazan dibinde birikinti oluşması ve birikintinin neden olacağı korozyon ve ısı kaybı önlenir.
- Kazan suyunun köpürmesi ve buhar hattına taşınması engellenir.
- Kazan suyundaki çözünmüş katı madde ve askıdaki madde miktarı kontrol altına alınmış olur.
- Kazanda özellikle seviye göstergesinin bulunduğu bölgenin çamurdan dolayı tıkanarak göstergenin devre dışı kalması ve kazanın susuz kalma ihtimali önlenir [49].

### **3.10 Planlı Bakım**

Tekstil tesislerin de enerji geri kazanımı çalışmalarının amacına ulaşabilmesi, yapılacak çalışmaların sürekli ve kalıcı olması planlı bakım çalışmalarının gerçekleşmesiyle mümkün olmaktadır. Bu yüzden işletmelerde, bakım departmanının planlı bakımı gerçekleştirebilmesi için bir sistem kurulmalıdır. Böylece üretim ekipman arızaları ile engellenmeyecektir. Bu “planlı bakım” olarak adlandırılır. Periyodik denetlemelerle bakım için zamanlama önceden belirtilir.

Buna ek olarak, planlama departmanları, üretim mühendisliği gibi, “bakım önleme sistemi” ni tanıtmak için çalışmaldırlar. Ekipmanın kurulmasından sonra erken safhalarda sağlam üretim operasyonunu gerçekleştirmesini sağlamalı, bakım gerektirmeyecek ekipmanı tasarlamak kadar iyi çalışmalarda bulunmalıdırlar. Operatörler otonom bakımın yerine getirilmesinden sorumludurlar. Operatörler, ekipmanın fiziksel kontrolünü gerçekleştirmeli, günlük kontrollerini yapmalı, ilgili bölümlere destek sağlamalıdır [50].

#### ***Otonom Bakıma Destek***

Bu aşamada planlı bakım ekibi tarafından operatör seviyesini yükseltmek amacıyla yoğun biçimde teknik ve ekipman bazlı eğitimler verilir ve nokta dersleriyle eğitimler desteklenir.

#### ***"0" Arıza Faaliyetleri***

Arıza kayıp ve nedenlerini tespit etmek amacıyla arıza formları oluşturulur. Toplanan veriler arıza analizleri yapılarak kayıplar tespit edilir. Tespit edilen arıza kaybı yaşanan noktalara “o” arıza kaizenleri planlanır ve gerçekleştirilir.

### ***Yağların Denetlenmesi***

Yağların denetlenmesi işletmenin kategorisine ve ekipman parkına göre kritik öneme sahip olabildiği gibi geri planda da kalabilir. Bu aşamada yapılması gereken yağ çeşitleri analiz edildikten sonra çeşitliliği azaltmaya yönelik çalışmalar yapmak ve bir yağlama sistemi oluşturulmasıdır. Ayrıca bazı basit yağlama faaliyetleri bu aşamada otonomculara devredilir.

### ***Yedek Parça Yönetimi***

Bir işletmede yedek parça maliyetleri çok ciddi rakamlara ulaşabilir. Bu aşamada yedek parça yönetimine çalışılmalıdır. Yapılması gereken, sabit periyot da, sabit miktarda, “o” stok miktarıyla çalışacak bir sistem geliştirmektir. Ayrıca standart yedek parça listesi bu adımda çıkarılmalıdır.

### ***Bakım/Enerji Maliyetinin Yönetilmesi***

Bakım ve enerji maliyetleri de ciddi işletme giderlerindedir. Bu aşamada bu kayıp kalemlerindeki kaçakları önlemeye ve azaltmaya yönelik çalışmalar yapılır.

### ***Önleyici Bakım Faaliyetlerine Destek***

Bu aşamada planlı bakımcılar günlük ve zaman odaklı bakım faaliyetleri için çalışırlar. Ekipmanın arızaya geçmesini engelleyecek sistemleri kurmalıdırlar.

### ***Kestirimci Bakımda Gereklili Donanımları Elde Etmek***

Bu aşamada planlı bakımcılar vibrasyon analizleri, ses seviye analizleri, yağ analizleri, sıcaklık takipleri ve basınç takipleri gibi faaliyetleri gerçekleştirirler. Amaç makine elemanlarındaki aksaklıkları tespit ederek arızaları önlemektir [50].

## 4. YÖNTEM

Öncelikle izlenecek yöntem için tesislerde ön enerji taramasının yapılması ve firmanın enerji profilinin açığa çıkarılması gerekir. Enerji profilinin belirlenmesi için aşağıdaki adımlar sırası ile uygulanır [51].

- Tarife'nin incelenmesi, doğru seçim yapılmış mıdır?
- Vardiyalı çalışma varsa, güç dağılımı puvant tarife bazında uygun mudur?
- Son bir yıllık faturaların incelenmesi, bir anormallik var mıdır?
- Orta gerilimprojesi dağılım yönünden uygun mudur?
- Trafo merkezlerinin etüdü, kaçak vs. yönünden sağlıklı mıdır?
- Trafo randımanlarının kontrol edilmesi uygun mudur?
- Kompanzasyon sisteminin etüdü, nasıl izlendiği? Uygun mudur?
- Alçak gerilim ana pano ve diğer alçak gerilim panolarının etüdü, normal midir?
- Alçak gerilim ana kablolarının incelenmesi (akım taşıma kapasitesi yönünden) uygun mudur?
- Güç kablolarının etüdü, güzergahı, akım taşıma kapasitesi yönünden uygun mudur?
- Elektrik enerjisi ile tahrik edilen iş makinalarının (durumu, randımanları, bakımları) demode olup olmadıkları yönünden uygun mudur?
- Motorların güçlerinin iş makinalarına göre orantısı uygun mudur?
- Motorların sık durup kalkma yönünden etüdü yapılmış mıdır?
- Motorların demaraj akımları yönünden etüdü yapılmış mıdır?
- Motor yol vermelerinde yeni yöntemler denenmekte midir?
- Motor ısınmaları ve devirlerinin sürekli kontrolü yapılıyor mu?
- İzolasyonu düşük, eski ve kaçak yapacak ekipmanlar var mıdır?
- Elektrik tesisatı koruyucu ekipmanlarının seçilmesi doğru mudur?

- Topraklama tesisatı uygun mudur?
- Puvant tarife uygulaması varsa, elektrik motorlarının tümünün bu tarife dilimlerine göre etüdü yapılmış mıdır?
- Yukarıdaki konu bazı önemli makinaları çalıştıranların yönünden de etüd edilmiş midir?
- Birim üretim başına tüketilen elektrik enerjisi kontrolü yapılmış mıdır?
- Güç yönünden elektrik projelendirilmesi uygun mudur?
- Besleme noktaları yük merkezlerinden mi geçiyor?
- Geniş alanlı bir tesis ise, yük merkezlerinde orta gerilim ile mi ulaşılmıştır?
- Merkezi veya çeşitli kompanzasyon etüdü yapılmış mıdır?
- Kumanda sisteminin etüdü, gereksiz tekrarlar var mıdır?
- Montaj, bakım işletme kolaylığı sağlıyor mu?
- Fabrikanın elektrik yönünden "enerji yöneticisi" var mıdır?
- Birim üretim başına elektrik enerjisi tüketimi, günlük, haftalık, aylık üretim raporlarına geçirilip sürekli inceleniyor mu?
- Elektrik faturalarının en küçük detayına kadar incelenmesi yapılıyor mu?
- Elektrik enerjisi tasarrufu ile ilgili personel eğitilip konuya inandırılmaları sağlanıyor mu?
- Motor - İş makinası bağlantıları (kayış-kaplin vs.) inceleniyor mu?
- Motorlar ve motor miline bağlı diğer organlar mekanik yönden sürekli inceleniyor mu?
- Elektrik motorlarının periyodik bakımları yapılıyor mu?
- Yeni alınan makinalar veya yeni elektrik projelendirilmesinde enerji tasarrufu ön plana alınıyor mu?
- Elektrik bakım ve işletme elemanları, sayı ve eğitim yönünden yeterli mi?
- Selektivite etüdü yapılıyor mu? Üretim kesintisi de bir enerji kaybı sayıldığına göre bu konuda çalışmalar yapılmakta mıdır?
- Yukarıdaki soru ile ilgili olarak üç faz koruma, termistör koruma ve diğer röleler kullanılıyor mu?
- Elektrik tarifeleri konusundaki çalışmaları takip ediliyor mu?



- Üretimin kalkınmada öncelikli bölgelere kaydırılması etüd ediliyor mu?
- Sonucu elektrik enerjisine dönüşen görünen ve görünmeyen birtakım savurganlıkların önlenmesi için çalışma yapılıyor mu?
- Elektrik enerjisi savurganlığına yol açan eskiden yapılmış yanlış projelendirilmelerin düzeltilmesi için çalışma yapılıyor mu?
- Projelendirme yapılırken aydınlatma tesisatında doğal aydınlatmadan max. yararlanma olanakları araştırılmış mıdır?
- Ünitelerin özelliklerine uygun aydınlatma seviyesi seçilmiş midir?
- Aydınlatma seviyeleri konusunda bugün bir araştırma yapılıyor mu?
- Aydınlatma armatürlerinin seçimi ilk bakışta doğru mudur?
- Aydınlatma cihazlarının veya arızalarının değiştirilmesi yönünden veya bakımamacıyla tesisata kolayca ulaşılıyor mu?
- Ampul ömürleri yönünden seçimde hiç araştırma yapılmış mı?
- Aydınlatma armatürlerine kumanda bilinçle projelendirilmiş midir?
- Gece vardiyası çalışmaları yapılırken, çalışma yapılmayan bölümler için söndürme önlemi alınıyor mu?
- Gece temizliği sırasında ışıklandırma bölgesel olarak sağlanıyor mu?
- Doğal aydınlatmadan yararlanabilmek için çalışma yapılıyor mu?
- Doğal aydınlatmadan yararlanabilmek için iş saatlerindedeki ışıklik konusu hiç gündeme getirilmiş midir?
- Eskiyen ve arızalanan aydınlatma cihazlarının değiştirilmesi konusuna önem veriliyor mu?
- Aydınlatma tesisatını kullanan kişilerin eğitilmelerine önem veriliyor mu? özen gösteriliyor mu?
- Elektrik enerjisi yerine atık enerjilerden yararlanılması hiç etüd edilmiş midir?
- Bazı bölümlerin genel aydınlatma yerine bölüm bölüm aydınlatma midir?
- Duvar, taban, tavan ve makina renklerinin ışığı yansıtacak renklerden seçilmesine önem veriliyor mu?
- Aydınlatma armatür ve malzemelerinin standardı olan malzemelerden seçilmesine özen gösteriliyor mu?

- Akkor lambaların floresan lambalarla değiştirilmesi veya koruması olan armatürler konusunda bir çalışma yapılmış mıdır?
- Aydınlatma tesisatının bir bakım programı var mıdır?
- Dekoratif aydınlatma varsa, endüstride bunların daha sade armatürlerle değiştirilmesi düşünülüyor mu?
- Elektrik enerjisi savurganlığından dolayı yollardan sebep olan konular etüd ediliyor mu?
- Enerji giderleri önceden bütçelenip kontrol için muhasebede ayrı bir fasılda toplanıyor mu?
- Elektrik enerjisi konusu dışında herhangi bir enerji ekonomisi grubu ve enerji sorumlusu var mıdır?
- Benzer sanayi kuruluşları ile birim üretim başına tüketilen elektrik enerjisi yönünden veya makinalarının arttırılması etüd ediliyor mu?
- Birim üretim başına elektrik enerjisini azaltmak için, üretim ekipman veya makinalarının arttırılması etüd ediliyor mu?
- Özellikle ısı kayıplarının elektriğe dönüşeceği düşünülerek bu konuda özel önlemler alınıyor mu?
- Bakım, revizyon, yıllık tatil günlerinin (elektrik enerjisi) uygun zamanlara getirilmesi düşünülüyor mu?
- Elektrikli büro makinalarının kontrol altına alınarak tasarruf yönünden iyi düşünülmüş müdür?
- Dış aydınlatmanın yakılıp söndürülme zamanları tasarruf yönünden iyi düşünülmüş müdür?
- İş makinalarının boşa çalışma sürelerinin kısaltılması konusunda bir çalışma yapılmış mıdır?
- Enerji tüketimini azaltacak ve proses hızlandıracak çalışmalar yapıyor mu?

Tesiste yapılan ön etüdüler sonrasında enerji kazanımı olabilecek bölümler saptanarak bunlara ait kullanılacak enerji tasarruf metotları kısaca verilmiştir.

#### 4.1 İzolasyon Çalışmaları

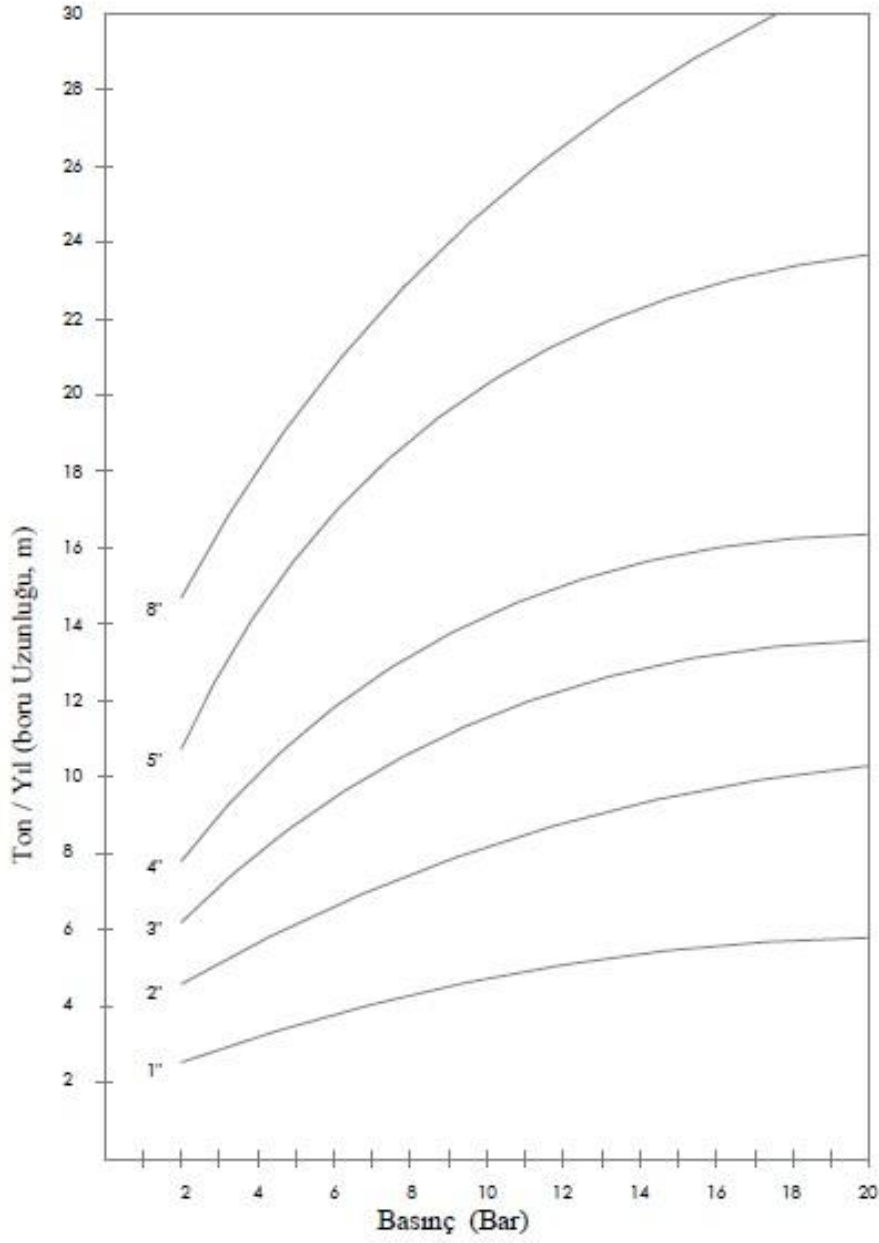
Yetersiz derecede yalıtılmış buhar boruları sürekli olarak enerji, dolayısıyla da para sarfiyatının kaynağı durumundadır. İyi şekilde yalıtılmış bir buhar borusu yalıtımsız bir buhar borusu ile karşılaştırıldığında yalıtılmış borudan olan kayıplar aynı boyuttaki yalıtımsız bir boruda olan kayıpların % 15-20'si kadardır [52].

Aşağıdaki grafikte nominal boru çapı ve belirtilen basınca göre yalıtımsız bir borudan olan ısı kayıpları yaklaşık olarak gösterilmiştir.

Aşağıdaki kabuller yapılmıştır .

1. Ortam sıcaklığı 15°C dir .
2. Rüzgar hızı 2 m/s nin altındadır.
3. Kayıplar 1 metre uzunluğunda boru için hesaplanmıştır.
4. Boru hattının çalışma saati 8760 saat/yıl alınmıştır .

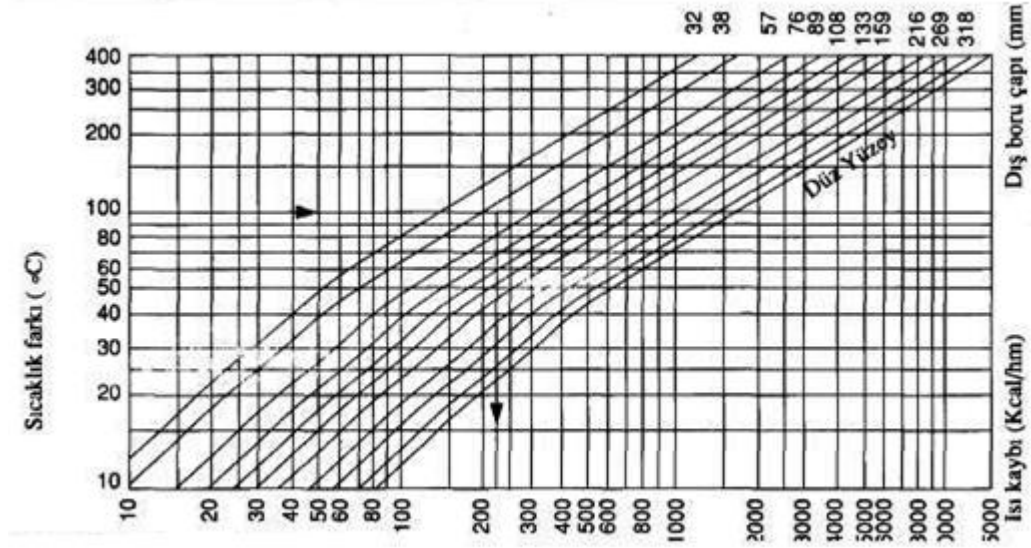
Yalıtılmış Boruda Isı Kayıpları  
(Yıllık Ton Buhar olarak ifade edilmiştir)



Şekil 4.1:Yalıtılmış Boruda Isı Kayıpları (Yıllık Ton Buhar Olarak İfade Edilmiştir)[52]

**Tablo 4.1:**Çıplak Borudan Yayılan Isı Miktarı [52]

Boru		Dış çap mm	Isı kaybı W/m 90/70 °C su Oda sıcak. 0.1 Atü buhar Oda sıcak.			
DN	İnç		10	20	10	20
15	1/2	21.3	73	60	99	86
20	3/4	26.9	90	73	121	105
25	1	33.7	106	87	143	124
32	1 1/4	42.4	131	108	180	156
40	1 1/2	48.3	148	121	201	173
50	2	60.3	180	148	244	212
65	1 1/2	76.1	221	181	299	260
80	3	88.9	250	207	341	295
100	4	114.3	314	261	430	372



**Şekil 4.2:** Çıplak Borudan Isı Kaybı [52]

**Tablo 4.2:** Boru İzolasyonlarının Dış Yüzey Alanı [52]

Anma Çapı NW		İç Çap mm	Dış Çap mm	İzolasyon Kalınlığı (mm)				
İnç	mm			15	20	25	30	40
3/8"	-	12.25	16.75	0.148	0.178	0.210	-	-
1/2"	15	15.75	21.25	0.161	0.192	0.224	0.255	0.318
3/4"	20	21.25	26.75	0.178	0.210	0.241	0.272	0.335
1"	25	27	33.5	0.199	0.231	0.262	0.294	0.356
1 1/4"	32	35.75	42.25	0.227	0.258	0.290	0.321	0.384
1 1/2"	40	40	44.5	0.235	0.267	0.298	0.329	0.492
		46.5	51	0.254	0.286	0.317	0.349	0.412
		51.5	57	0.273	0.305	0.336	0.369	0.430
2"	50	57.5	63.5	0.295	0.327	0.358	0.390	0.452
		64	70	0.314	0.346	0.377	0.408	0.471
		70	76	0.333	0.364	0.396	0.427	0.490
2 1/2"	65	76.5	83	0.335	0.386	0.418	0.449	0.512
		82.5	89	0.374	0.405	0.437	0.468	0.531
3"	80	88.5	95	0.393	0.424	0.456	0.487	0.550
		94.5	102	0.415	0.446	0.478	0.509	0.572
		100.5	108	0.343	0.465	0.496	0.528	0.591
4"	100	113	121	0.474	0.506	0.537	0.569	0.631
		125	133	0.512	0.544	0.575	0.606	0.669
6"	150	150	159	0.594	0.625	0.657	0.668	0.751
8"	200	203	216	0.773	0.804	0.836	0.867	0.930

Bu tablo izolasyonlu borulara kaplanacak alüminyum veya galvaniz sacın miktarını hesaplamak için kullanılabilir. (Daire ve bindirmeleri ekleyiniz.)

Bu proje de tesisler de iki ayrı sıcaklık değeri olan buhar ve kondens hatları için armatürlerin farklı olan yıllık çalışma saatleri esas alınarak ısı kaybı hesaplamaları yapılmıştır.

Sayısı ve çalışma sıcaklıkları bilinen Armatür ve flanşların izolasyon sonrası yıllık çalışma süresi esas alınarak kazanılan ısı hesaplanmıştır. Armatür ve flanşların ısı kaybı değeri vana ve armatürlerin değişik akışkan sıcaklıklarına karşılık izolesiz boru eşdeğer uzunluğu (Tablo 4.3) esas alınarak hesaplanmıştır [45].

**Tablo 4.3:** Flanş ve Vanalardan Isı Kaybı İçin Eşdeğer Boru Uzunluğu [45]

Cinsi	DN	Buhar Sıcaklığı (°C)		
		50	100	300
Flanş	25	0.2m	0.4m	1.0m
	100	0.5m	1.0m	2.5m
	300	1.5m	3.0m	7.0m
Vana	25	0.5m	1.0m	2.5m
	100	1.2m	2.5m	7.0m
	300	3.0m	6.0m	12.0m
Askı ve mesnet		% 15	% 15	% 15

Q flanş ısı kaybı (175 ° C deki) .....kcal/yıl (Tablo 4.3)

Q armatür ısı kaybı (175 ° C deki) .....kcal/yıl (Tablo 4.3)

Q flanş ısı kaybı (110 ° C deki) .....kcal/yıl (Tablo 4.3)

Q armatür ısı kaybı (110 ° C deki) .....kcal/yıl (Tablo 4.3)

Tesisatlarda eksik borulardan oluşan kayıp kcal/yıl hesaplanıp bütün kayıplar toplanarak yıllık çalışma saatiyle çarpılarak toplam ısı kayıp bulunur.

Bu enerjinin , buhar kazanı randımanı % 80, ve doğal gaz kalori değeri 8.250 kcal / m<sup>3</sup> alınarak doğalgaz karşılığı :

$$m_{\text{Doğalgaz}} = Q / H_U \times \eta \quad (4.1)$$

formülü ile bulunmuştur.

**TEP karşılığı:**  $m_{\text{Doğalgaz}} (m^3 / \text{yıl}) \times H_U / 10\,000\,000$  formülünden hesaplanır.

$$\text{Parasal Değer (P}_D) = m_{\text{Doğalgaz}} (m^3 / \text{yıl}) \times 0.37 \$ / m^3 \quad (4.2)$$

İle hesaplanır.

Yatırımın maliyeti (Y<sub>M</sub>) ( \$ / yıl) ve yatırımın toplam kazancı bilindiğine göre bu verilerle yatırımın amortisman süresi (YAS) :

$$Y_{AS} = Y_M / T_{PK} \quad (4.3)$$

formülü ile bulunmuştur.

#### 4.2 Kondensat Geri Dönüş Miktarlarının Artırılması

Kazan beslemesinde soğuk su yerine sıcak kondens kullanıldığında buhar üretimi için daha az ısının gerekli olacağı açıktır. Kazana maksimum miktarda kondens geri dönüşü ile yakıt tüketimi teorik olarak % 10 ile % 30 arasında azalabilir.

Gerçekte sağlanabilecek yakıt tasarrufunun yüzdesi buhar sisteminin basıncına ve elde edilebilecek maksimum kondens sıcaklığına bağlıdır. Kondens, genellikle ekipman çıkışlarından ve buhar kapanları çıkışından atmosferik basınçta sistemden atılır. Kondens sisteminde basınç azaldıkça kondensin bir kısmı yeniden buharlaşır ve atmosferik basınçta suyun kaynama noktası olan 100 °C'a kadar soğur. Yeniden buharlaşan kondens (yani flaş buhar) çoğunlukla atmosfere atılarak kaybolur. Kondens dönüş hatları genellikle oldukça uzun olduğundan, bu soğuma ve dolayısı ile buharlaşma kaçınılmazdır. Bu nedenle kazana geri dönen kondensin son sıcaklığı nadiren 85 °C 'ın üzerinde olmaktadır [45].

Esas enerji kaybının kondensin bir miktarının yeniden buharlaşarak kaybolmasından kaynaklanması nedeniyle, kondensin kazan besleme tankına geri dönünceye kadar basınç altında tutulması ile tasarruf sağlanabilir. Bununla birlikte basınç altında geri kazanımı başarmak her zaman kolay değildir ve buhar kapanlarında oluşan karşı basınç, kapan kapasitesinin kabul edilemeyecek seviyelere düşmesine neden olur. Bu nedenle küçük fabrikalarda basınçlı geri kazanım sistemlerine nadiren rastlanır.

Prensipite, sıcak kondensin, düşük basınçlı flaş buhar elde ederek enerjinin bir kısmını geri kazanmak mümkündür. Bu kondensin bir flaş tankında toplanmasıyla sağlanabilir. Tank içine alınan kondensattan basınç düştükçe oluşan buhar, tankın üzerinde toplanır ve buradan düşük basınçlı buhar sistemini besler. Geride kalan sıcak kondens tankın dibinden kazana alınır. Çoğunlukla 2 bar basınç veya daha az düşük



basınçlı buhar ihtiyacı, bir flaş buhar geri kazanım sisteminin kurulması ve çalıştırılması için ekonomik olmaktadır.

Kondensin bir diğer kullanım imkanı da, fabrika içinde herhangi bir proses hattının ön ısıtmasıdır. Böylece kondens sıcaklığı 100 °C nin altına düşer. O zaman kondens geri dönüşündeki flaş buharın miktarı (ve ilgili bütün kayıplar) hemen hemen ihmal edilebilecek seviyededir. Gıda üretim fabrikaları gibi bazı sanayi tesislerinde, geri dönen kondensin ısısının bir ısı değiştirici vasıtasıyla, prosese giren soğuk suya aktarımı ile proses için gerekli sıcak su ihtiyacı karşılanabilir. Kondensin doğrudan sıcak su olarak kullanımı nadiren tavsiye edilir, çünkü genellikle ziyan edilemeyecek kadar sıcak ve saftır.

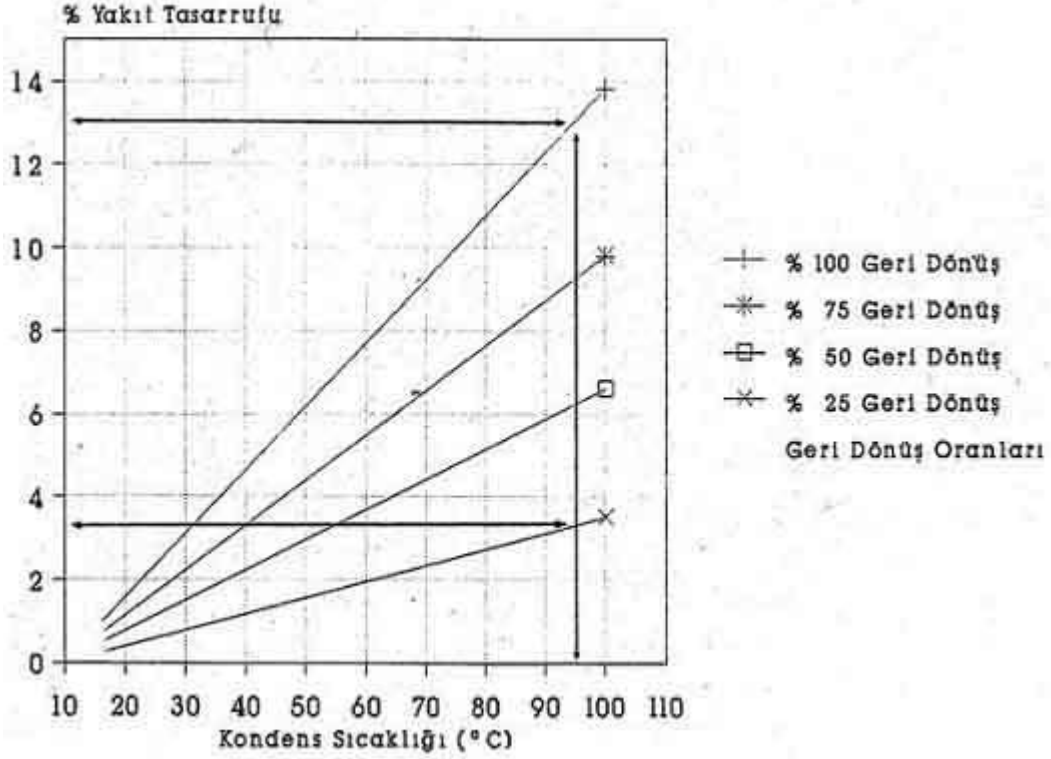
En iyi kondens geri kazanım sistemlerinde bile , kazandan ayrılan buharın % 100 ünü geri kazanmak pek mümkün değildir. Bazı fabrikalarda suyu ısıtmak için su içine doğrudan taze buhar enjeksiyonu yapılır ve böylece bu buhar geri kazanım için kondens oluşturmaz. Kondensin yakıt veya proses sızıntıları ile kirletilmiş olma ihtimali olduğunda kazan besleme suyu sistemine geri dönüşüne müsaade edilmemelidir. Sonuç olarak, kondensin bir miktarı daima buharlaşma ve diğer nedenlerle kaybolacaktır. Kondens olarak geri kazanılan buharın oranı geri kazanım sisteminin verimliliğinin ölçüsüdür. % 85 den fazla verime ulaşmak pek olağan değildir [45].

Kazanılacak kondensden sağlanacak tasarruf miktarının hesabı için aşağıda verilen bağıntılar kullanılabilir:

$$\text{Geri kazanılan ısı} = \text{Kütle} \times (\text{Kondens sıc.-Besleme suyu sıc.}) \quad (4.4)$$

$$\text{Buhar için gerekli ısı} = \text{Gizli ısı} + \text{Duyulur ısı} \quad (4.5)$$

Atmosfere açık kondens sistemlerinde kondens geri kazanımının artırılması ile Sağlanabilecek yakıt tasarrufları (Şekil 4.3) yardımı ile bulunabilir. Bir tesiste bütün kondensi geri kazanacak yeni bir sistem kurulduğunda ne kadar yakıt tasarrufu yapılabileceği aşağıdaki yöntem izlenerek bulunur. Şekil 4.3 den kazan yakıt tüketiminin yaklaşık (13-3.3) % 9.7 si oranında azalacağı tahmin edilebilir.



**Şekil 4.3:** Kondens Geri Dönüşünün Arttırılması ile Yakılan Yakıttan Tasarruf Miktarı (%)

Üretilen buhar miktarı ve kondens dönüş oranı bilindiğinde:

Çalışma öncesi buhar üretimi ( $B_1$ ): ton/yıl

Çalışma öncesi kondens dönüşü miktarı ( $K_1$ ): ton/yıl

$$K_1 = B_1 \times \%42 \quad (4.6)$$

Yapılan çalışmalar sonunda;

Çalışma sonrası buhar üretimi ( $B_2$ ): ton/yıl

Çalışma sonrası kondens dönüşü miktarı ( $K_2$ ): ton/yıl

$$K_2 = B_2 \times \%55 \quad (4.7)$$

olarak hesaplanabilir.

***Kondensat kazanımı (K<sub>K</sub>) : ton/yıl***

$$K_K = B_2 \times K_1 / B_1 \quad (4.8)$$

Çalışma sonrası elde edilebilecek enerji kazanımı, Kondens enerjisi (K<sub>E</sub>) : kondens suyu sıcaklığının 80 °C olduğu, bu suyun enerji değerinin 80 kcal/kg olduğu su sıcaklığı tablosundan seçilmiştir. Kazanılan enerji yıllık bazda kcal değeri olarak :

$$Q = K_E \times K_K \quad (4.9)$$

olarak hesaplanabilir.

***Bu enerjinin Doğalgaz karşılığı:***

Kazan verimi % 80,doğalgazın alt ısıl değeri H<sub>u</sub>=8250 kcal/m<sup>3</sup> alınarak (4.1) formülü ile bulunmuştur.

***Doğalgaz enerjisinin TEP (Ton eşdeğer petrol) değeri :***

TEP karşılığı: m<sub>Doğalgaz</sub> (m<sup>3</sup>/ yıl) x H<sub>U</sub> / 10.000.000 formülünden hesaplanmıştır.

Parasal Değer (P<sub>D</sub>) (4.2) formülü ile hesaplanmıştır.

Kondensat kazanımı sonucu oluşan yumuşak su tasarrufu:

Fabrika içinde yapılan maliyet analizlerinde; 1 ton yumuşak su üretimi için 1.3 KW elektrik ve 0.85 kg tuz kullanıldığı bilinmektedir. Bu verilerle;

$$1 \text{ kWh} = 2400 \text{ kcal alınarak} \quad (4.10)$$

***Elektrik tasarrufu (E<sub>T</sub>) = (kcal /yıl):***

$$E_T = K_K \times \text{Elektrik maliyeti (E}_M) 1.3 \times 2400 \quad (4.11)$$

formülünden (kcal /yıl) olarak bulunur.

Bu tasarrufun TEP değeri ise;

$$\text{TEP} = E_T / 10\,000\,000 \quad (4.12)$$

Elektriğin birim fiyatı = 0.06 \$ /kWh alınarak (2011 yılı fiyat değerlendirmesi)

$$\text{Parasal değeri (P}_D\text{)} = 0.06 \text{ \$ /kWh} \times E_T \quad (4.13)$$

formülünden hesaplanmıştır.

#### *Yumuşak suyun iğerisindeki tuz maliyeti :*

Tuz tasarrufu ( $T_T$ )= kg/yıl

$$T_T = K_K \times 0.85 \quad (4.14)$$

formülü ile hesaplanmıştır.

Tasarruf edilen tuzun parasal değeri yıllık kullanılan tuz ve tuzun kg fiyatının çarpılması ile bulunur. Tuzun enerji değeri olmadığı için TEP değeri hesaplanmamıştır. Toplam Yumuşak sudan oluşan tasarruf yumuşak su için harcanan elektrikten ve tuz kullanımından elde edilen tasarrufların toplamı olarak bulunmuştur.

Kondesat kazanımı ile oluşan toplam enerji tasarruf ise doğalgaz ve elektrik tasarruflarının toplamı olarak bulunmuştur.

Yatırımın maliyeti ve toplam kazancına göre amortisman süresi (4.3) formülünden hesaplanabilir.

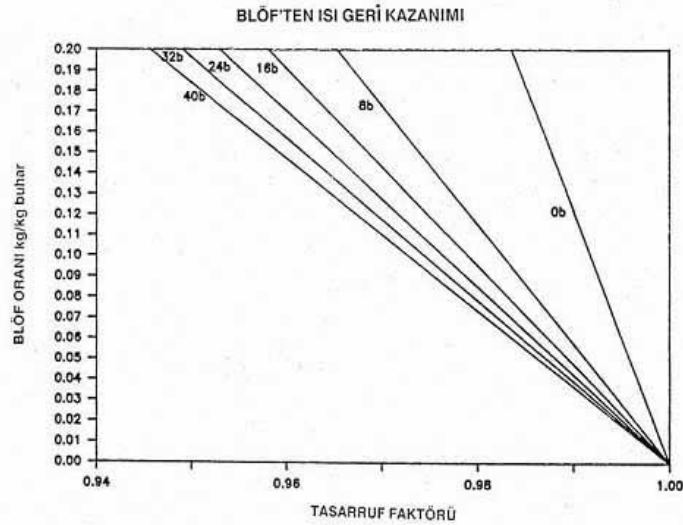
### **4.3 Buhar Kazanları Blöf Suları Isılarının Değerlendirilmesi**

Buhar üretme prosesinin kazan suyunda çözünmüş ve suspansiyon halde bulunan katı parçacıklar oluşturması kaçınılmazdır. Belirli bir konsantrasyon seviyesinin üzerinde katı parçacıklar kazanın içinde bir tortu oluşturabilirler ve kazan borularının içinde birikerek ısı transferini yavaşlatır ve aşırı ısınmaya neden olabilirler. Bunlardan başka yüksek konsantrasyondaki katı parçacıklar buhar hatlarına su taşınmasına da neden olabilirler. Buhara su karışmasının kazanda çok fazla su seviyesi, aşırı alkalilik

gibi başka nedenleri de olmakla birlikte bu duruma çoğunlukla aşırı çözünmüş veya asılı halde bulunan katı parçacıklar sebep olmaktadır [52].

Yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı katı parçacık konsantrasyon seviyesinin kontrol edilmesi gerekmektedir, bu da blöf yapılarak gerçekleştirilir. Kazanın alt seviyesinde kirliliğin yoğun olduğu bölgeden bir miktar kazan suyu konsantrasyon seviyesine bağlı olarak belli aralık ve sürelerle deşarj edilir, bunun yerini taze besleme suyu alır, böylece kazan suyundaki toplam çözünmüş katı parçacık konsantrasyonu optimum seviyede kalır. Bazı kazanlarda sistem gereği devamlı blöf yapılır. Bunlar büyük ve yüksek basınçlı kazanlardır. Bu ünitelerde ısı geri kazanım sistemleri uygulayarak, blöfden dolayı meydana gelen enerji kayıplarını minimum düzeye indirebiliriz. Birçok ısıl geri kazanım sistemleri; sıcak blöf suyunu besleme suyunun ön ısıtmasında kullanan basit ısı eşanjörlerinden ibarettir. Bazı sistemlerde flaş buharı başka yerlerde kullanmak için, flaş tankı vardır.

Normal şartlarda sistemin madde ve ısı dengesi çıkarılarak, blöfden ısı geri kazanım potansiyeli hesaplanabilir. Buna ilave olarak, tasarruf imkanı, buhar maliyetinin tasarruf maliyet faktörü ile çarpılması sonucu bulunur. Şekil 4.4 de çeşitli sistem buhar basınçları için blöf oranına göre tasarruf faktörleri gösterilmiştir. Buna göre % 70 oranında ısıнын geri kazanılabileceği varsayılmıştır .



**Şekil 4.4:** Blöf Oranına Bağlı Olarak Tasarruf Faktörünün Değişimi [45]

Bu çalışma da Tesisler de üretilen buhar miktarının yaklaşık % 10 değerinde olan ve 175 °C de kanala atılan blöf sularının atık ısısından elde edilen tasarruf hesaplanmıştır.

**Üretilen buhar miktarı (B) = (ton/yıl)**

$$\text{Blöf miktarı (B}_M) = B \times \% 10 \quad (4.15)$$

Olduğu yapılan hesaplamalarda bulunmuştur.

Kanala atılan blöf suyu sıcaklığı 175 °C olarak tespit edilmiştir.

Blöf hattına monte edilen sıcak su eşanjörüne 175 °C giren (T<sub>blöf1</sub>) blöf suyu , 45 °C (T<sub>blöf2</sub>) olarak atılmaktadır.

*Eşanjör de kazanılan enerji miktarı( Q<sub>E</sub> ) = kcal / yıl*

$$Q_E = (T_{blöf1} - T_{blöf2}) \times B_M \quad (4.16)$$

formülü ile hesaplanmıştır.

Bu enerjinin doğalgaz karşılığı eşanjör enerjisinden yararlanılarak (4.1) formülü ile bulunmuştur.

*Doğalgaz enerjisinin TEP (Ton eşdeğer petrol) değeri ise :*

**TEP karşılığı: m<sub>Doğalgaz</sub> (m<sup>3</sup> / yıl) x H<sub>U</sub> / 10.000.000** formülünden hesaplanmıştır.

Parasal değer (4.2) formülü ile bulunmuştur.

Yatırımın amortisman süresi (4.3) formülü ile bulunmuştur.

#### **4.4 Flaş Buharların Değerlendirilmesi Çalışması**

Bu proje de Kondens tankından atmosfere atılan flaş buharın gizli ısısı klima santrallerine gönderilerek, hem nemlendirme için harcanan yumuşak su ve elektrik tasarrufu hem de ısı güç tasarrufu sağlanmıştır. Flaş buhar yazın klima santrallerinde

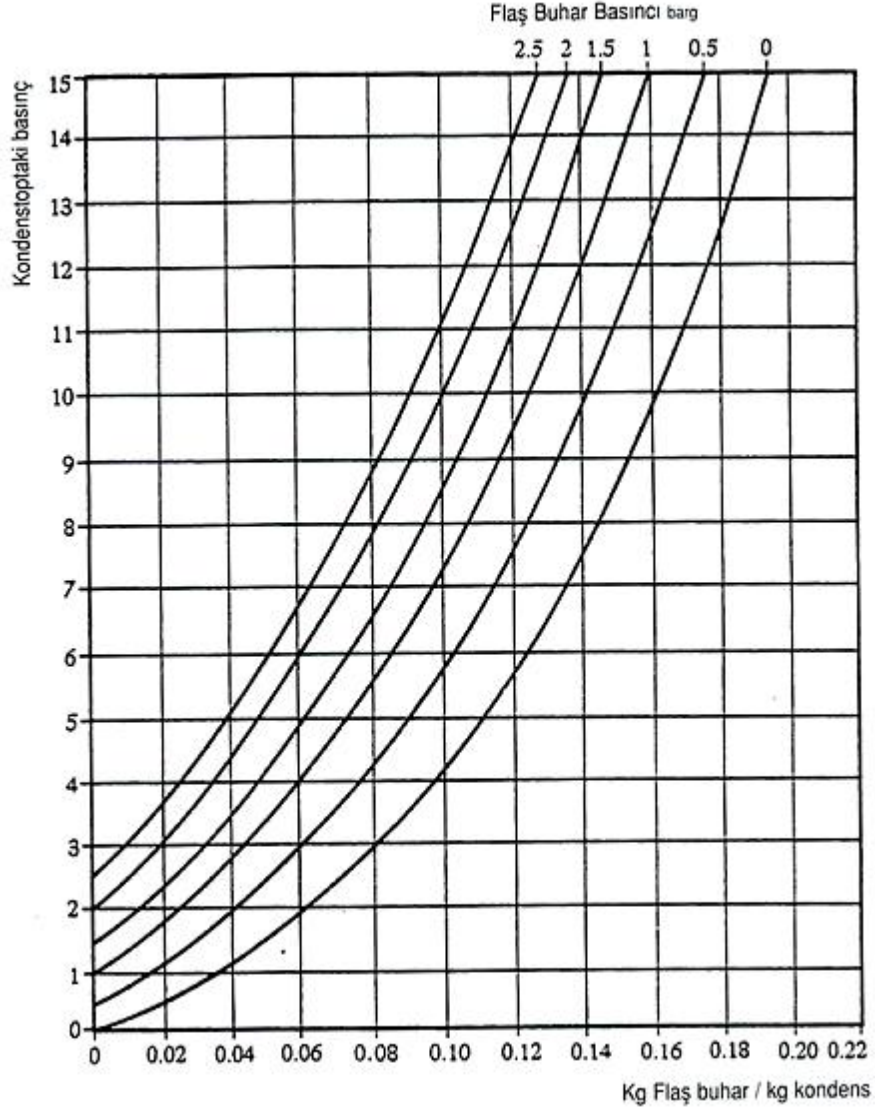
kullanılmadığı için atmosfere atılan toplam flaş buharın %30 kısmından yararlanılabilmektedir. Çalışma yılında kondensat kazanımı ( $K_K$ ) (ton/yıl) olduğu ve bu kondensat miktarının % 12 kısmı flaş buhara dönüştüğü Şekil 4.5 ile belirlenmiştir. Mevcut flaş buharın %30 kısmının kullanıldığı kabul edildiğinde:

*Değerlendirilen Flaş buhar miktarı ( $F_B$ ) = (ton/yıl)*

$$F_B = K_K \times \% 30 \times \% 12 \quad (4.17)$$

formülü ile hesaplanmıştır.

Flaş buharın atmosfer ortamında 100 °C de gizli ısısının 538 kcal / kg olduğu tablo 4.4.1' den bulunmuştur.



**Şekil 4.5:** Flaş Buhar Basıncına Bağlı Olarak Kondenstop Basıncının Bulunması

Bu enerjinin doğal gaz karşılığı :

**Q doğal gaz** =  $F_B / \mu \times H_u$  formülü ile hesaplanmıştır.

**TEP değeri** =  $m_{Doğalgaz} (m^3/yıl) \times H_u / 10.000.000$  TEP / yıl (doğalgaz ) olarak bulunmuştur.

**Parasal değer** (4.2) formülü ile bulunmuştur.



### *Su ve elektrik tasarrufu ise:*

Klima santrallerine flaş buhar verilerek çalışma sırasında yapılan ölçümlerde;

Günlük su tasarrufu  $m^3$  / gün olarak

Günlük elektrik tasarrufu kWh / gün olarak tespit edilerek.

Flaş buharla yıllık çalışma günü bulunarak oluşan elektrik tasarrufu, günlük elektrik tasarrufu ile flaş buharla çalışma gününün çarpımıyla bulunur.

**TEP değeri için 1 kWh** : 2.400 kcal alınarak;

**TEP**=  $E_T \times 2400 / 10.000.000$  TEP / yıl ( elektrik ) bulunur.

**Parasal değer elektrik (P<sub>D</sub>)**: Günlük tasarruf x çalışma günü x elektrik birim fiyatı

(\$ / yıl) olarak bulunur.

**Parasal değer su (P<sub>D</sub>)** : Günlük tasarruf x çalışma günü x elektrik birim fiyatı (\$ / yıl)

Olarak bulunur.

**ToplamTEP** = TEP doğalgaz+ TEP elektrik olarak bulunur. (TEP/yıl)

**Toplam parasal değer**= (P<sub>D</sub>) elektrik +(P<sub>D</sub>) su + (P<sub>D</sub>) doğalgaz toplanarak bulunur.

**Yatırımın amortisman süresi (4.3)** formülü ile bulunmuştur.

#### **4.5 Akışkan KazanlardaBoru Değişimi**

Bu proje de akışkan yataklı kazanlarında boru kirlenmeleri ve tıkanmaları sonucu Kazanlar tam kapasite kömür tüketmelerine rağmen, üretilen buhar miktarı en az iki ton /saat düşük gerçekleşmekteydi. Yapılan boru değişimi sonucunda kömür harcamına göre oluşan ısı kazanç hesaplanmıştır.

Çalışma öncesinde buhar üretimi (B<sub>1</sub>) .....ton / yıl

Çalışma öncesi Kömür tüketimi (K<sub>T1</sub>).....ton / yıl

Özgül buhar üretimi :.....ton / ton

***Boru değişiminden sonra ;***

Çalışma sonrası buhar üretimi (B<sub>2</sub>) ..... ton / yıl  
Çalışma sonrası kömür tüketimi (K<sub>T2</sub>).....ton / yıl  
Özgöl buhar üretimi :.....ton / ton

Çalışma öncesi boru değişiminden önce kazanda saatte üretilen tam kapasite buhar miktarı, boru değişiminden sonra yapılan ölçümlerde üretilen tam kapasite buhar miktarı artmıştır. Bu durum tam kapasite kömür tüketimi söz konusu iken buhar üretiminin kazan randımanı ile orantılı olarak düşük gerçekteşmesi anlamına gelmekteydi.

***Son bir yılda kömür tüketiminde sağlanan kömür tasarrufu :***

$$K_T = ( 2,84 / 2,57 - 1 ) \times K_{T2} \quad (4.18)$$

formülüyle hesaplanmıştır.

***Tasarruf sonucu elde edilen kömürün enerjisi :***

$$Q = H_u \times K_T \quad (4.19)$$

formülüyle hesaplanmıştır.

**TEP karşılığı;**  $Q/10.000.000$  TEP / yıl (kömür) olarak bulunur.

$$\text{Parasal değer (P}_D\text{)} = K_T \times (\text{kömür fiyatı} + \text{nakliye}) \quad (4.20)$$

formülüyle (\$/yıl) olarak bulunur.

Yatırımın amortisman süresi (4.3) formülünden bulunmuştur

**4.6 Su Tüketimlerinin Makina Bazında Ölçülerek Kontrolü ve Soğutma Sularının Geri Dönüşününün Sağlanması**

Bu proje de kanala atılan ve üretim içindeki etkisi hesaplanmamış olan soğutma

sularının geri dönüşünün artırılması ve elde edilen enerji ve kazancın hesaplanması sağlanmıştır. Çalışma öncesi su tüketimi ( $m^3$ ), mamul üretimi (m) ve su kullanımına esas metre başına özgül su tüketimleri ölçülmüş ve hesaplanmıştır. Aynı şekilde çalışma sonrası tüketim ve üretim değerleri de hesaplanarak karşılaştırılmış ve elde edilen kazanımlar elektrik ve su tasarrufu olarak görülmüş ve hesaplanmıştır. Burada kazanılan su yumuşak sudur. Suyun yumuşatılması esnasında tuz kullanılmaktadır. Yapılan bu çalışmada aynı zamanda tuz tasarrufu sağlanmıştır.

Çalışma öncesi su tüketimi	$m^3/yıl$
Çalışma öncesi su kullanımına esas mamul üretimi	$m/yıl$
Çalışma öncesi metre başına özgül su tüketimi	$m^3/m$
Çalışma sonrası su tüketimi	$m^3/yıl$
Çalışma sonrası su kullanımına esas mamul üretimi	$m/yıl$
Çalışma sonrası metre başına özgül su tüketimi	$m^3/m$

Burada ki verilerle yıllık su tasarrufu hesaplanmıştır.

*Su tasarrufu ( $S_T$ ) = ( $m^3$ )/yıl olarak ;*

$$S_T = (\text{Ç.ö. özgül su tüketimi} / \text{Ç.s. özgül su tüketimi} - 1) \quad (4.21)$$

formülü ile bulunmuştur.

Yumuşak suyun üretim maliyet tasarrufu hesabı için Bir ton yumuşak suyun maliyetinde; 1,3 kWh elektrik ve 0,85 kg tuz sarf edilmektedir.

*Tasarruf edilen elektrik enerjisi ( $E_T$ ) kWh olarak ;*

$$E_T = 1,3 \text{ kWh} \times S_T \quad (4.22)$$

formülü ile bulunmuştur.

Pompa gücü geri dönüş için çalıştığı için ( $kWh / yıl$ ) olarak net elektrik tasarrufu:

$$E_T \text{ net} = E_T - Q \text{ pompa} \quad (4.23)$$

formülünden hesaplanmıştır.

1 kWh elektrik enerjisi karşılığı 2.400 kcal / kWh alınarak:

**Enerji değeri ( $E_D$ )** =  $E_T$  net x 2.400 Kcal / kWh (Kcal/yıl) olarak bulunmuştur.

**TEP değeri** =  $(E_D) / 10.000.000$  TEP/ yıl ( elektrik ) olarak bulunmuştur.

Elektriğin birim fiyatı = 0.06 \$ /kWh alınarak (2011 yılı fiyat değerlendirmesi)

**Elektrik tasarrufunun parasal değeri (4.13)** formülünden hesaplanmıştır.

Yumuşak suyun maliyetinde tuz da olduğu için;

**Tuz tasarrufu (4.14)** formülündenkg/yıl olarak hesaplanmıştır.

**Tuzun parasal değeri ( $T_{PD}$ )**: Tasarruf edilen tuzun parasal değeri yıllık kullanılan tuz ve tuzun kg fiyatının çarpılması ile bulunur. Tuzun enerji değeri olmadığı için TEP değeri hesaplanmamıştır.

Toplam Yumuşak sudan oluşan tasarruf yumuşak su için harcanan elektrikten ve tuz kullanımından elde edilen tasarrufların toplamı olarak bulunmuştur.

Yatırımın maliyeti ve toplam kazancına göre amortisman süresi (4.3) formülünden hesaplanmıştır.

#### 4.7 Kostik Geri Kazanım Ünitesinden Sıcak Su Kazanımı

Kostik geri kazanım tesisin de kostiğin soğutulmasını sağlayan yumuşak su kanala gitmekteydi. Yapılan çalışmalarla bu suyun makinalarda kullanılması sağlanarak enerji tasarrufu ve yumuşak su tasarrufu sağlanmıştır. Suyun yumuşatılması esnasında tuz kullanılmaktadır. Yapılan bu çalışmada aynı zamanda tuz tasarrufu sağlanmıştır.

#### *Enerji Tasarrufu Hesabı:*

Kanala atılan suyun, oda sıcaklığında ki suya göre enerji farkı alınarak, atılan enerji değeri kcal/kg olarak bulundu. Kanala atılan suyun debi değeri ile çarpılarak enerji değeri kcal/yıl olarak hesaplanmıştır.

Bu enerjinin doğal gaz karşılığı (4.1) bağlantısından hesaplanmıştır.

**TEP değeri ise;**  $m_{Doğalgaz} \times H_u / 10.000.000$  TEP / yıl (doğalgaz) olarak bulunmuştur.

**Parasal değeri (4.2)** bağlantısından hesaplanmıştır.

### ***Yumuşak Su Tasarrufu Hesabı:***

1 ton yumuşak su üretiminde:

1,3 kWh elektrik - 0,85 kg tuz sarf edildiği göz önüne alınırsa,

1 kWh elektrik ısı değeri 2.400 kcal / kWh alınarak,

**Tasarruf edilen elektrik enerjisi ( $E_T$ ) (4.22)** bağlantısından hesaplanmıştır.

Pompa gücü geri dönüş için çalıştığı için (**kWh / yıl**) olarak net elektrik tasarrufu:

**Net elektrik tasarrufu (4.23)** bağlantısından hesaplanmıştır.

**Enerji değeri ( $E_D$ )** =  $E_T$  net x 2.400 kcal / kWh (kcal/yıl) olarak bulunmuştur.

**TEP değeri** =  $(E_D) / 10.000.000$  TEP / yıl (elektrik) olarak bulunmuştur.

Elektriğin birim fiyatı = 0.06 \$ / kWh alınarak (2011 yılı fiyat değerlendirmesi)

**Elektrik tasarrufunun parasal değeri (4.13)** formülünden hesaplanmıştır.

Yumuşak suyun maliyetinde tuz da olduğu için;

**Tuz tasarrufu ( $T_T$ ) (4.14)** formülünden kg/yıl olarak hesaplanmıştır.

**Tuzun parasal değeri ( $T_{PD}$ ):** Tasarruf edilen tuzun parasal değeri yıllık kullanılan tuz ve tuzun kg fiyatının çarpılması ile bulunur. Tuzun enerji değeri olmadığı için TEP değeri hesaplanmamıştır.

Toplam yumuşak sudan oluşan tasarruf yumuşak su için harcanan elektrikten ve tuz kullanımından elde edilen tasarrufların toplamı olarak bulunmuştur.

Yatırımın maliyeti ve toplam kazancına göre amortisman süresi (4.3) formülünden hesaplanmıştır.

#### 4.8 Ram Makinalarının Kızgın Yağlı Isıtma Sisteminden Doğrudan Doğal Gazlı Isıtma Sistemine Dönüştürülmesi

Bu proje de kızgın yağla çalışan ram makinaların performansını arttırmak ve enerji verimliliği sağlamak amacıyla,doğalgazlı sisteme geçilmesiyle oluşan tasarruf hesaplanmıştır. Bu çalışma da 1 adet kızgın yağlı kazan devre dışı bırakılacaktır. Kızgın yağlı kazanların yağı ısıtmak ve soğutmak için işlem öncesi ve sonrası çalışması esastır .

##### *Kazan Sistemi Kaybından Kaynaklanan Tasarruf Hesabı;*

Kızgın yağ kazanının ısı randımanı kazan üzerinde yapılan ölçümlerle belirlenerek brülörün yanma randımanı arasındaki fark kadar tasarruf yapılacağı öngörülmüştür. Çalışma sonrası doğalgaz sarfiyatı sayaçtan okunmuştur.

##### *Yanma randımanı – kazan ısı randımanı farkından kaynaklanan tasarruf*

**Qd kazan** = ( Qdoğalgaz ) m<sup>3</sup>/yıl x % 10 ( m<sup>3</sup> / yıl doğal gaz)

yapmaktadır. Bu tasarruf kazan değişikliği ile oluşan doğalgaz miktarında elde edilen tasarruftur.

$$\text{Enerji değeri (E}_D\text{)} = \text{Qd kazan} \times \text{Hu} \quad (4.24)$$

formülü ile hesaplanmıştır.

**TEP değeri** = E<sub>D</sub> /10.000.000 TEP / yıl ( doğal gaz ) olarak bu formülden hesaplanmıştır.

**Parasal değer** (4.24) bağlantısından hesaplanmıştır.

##### *Pompa ve Fan Kaybı Tasarruf Hesabı :*

Kızgın yağ kazanlarının 2 adedinin devre dışı bırakılması sonucu kazan üzerinde bulunan sirkülasyon pompa ve fan güçleri yıllık bazda çalışmadığı için bir elektrik tasarrufu oluşmuştur. Oluşan tasarrufun brülör de harcanan elektrikle farkı alınarak yıllık elektrik tasarrufu bulunmuştur.

### ***Termik Yağ Tasarruf Hesabı :***

Kazanın devre dışı kalmasıyla termik yağ kullanılmayacağından dolayı elde edilen parasal değer hesaplanmıştır.

### ***İzasyon Kayıpları İle İlgili Tasarruf;***

1 adet yağ kazanının devre dışı edilmesiyle bu kazana ait hat kaybı önlenmiş olacaktır. İzasyonlu borularda saatlik enerji kaybı tablosundan 250 °C için ısı kaybı okunarak yıllık çalışma saatiyle çarpılmıştır. Buradan:

**Toplam enerji kaybı (E<sub>K</sub>)** kcal / yıl olarak bulunmuştur.

**Q doğalgaz** = E<sub>K</sub> /Hu formülünden m<sup>3</sup>/yıl doğal gaz cinsinden yıllık doğalgaz karşılığı bulunmuştur.

**TEP değeri** = Q doğalgaz x Hu /10.000.000 TEP / yıl ( doğal gaz ) olarak bulunabilir.

**Parasal değer (4.24)** bağlantısından hesaplanmıştır.

### ***Kızgın Yağ Kazanlarının Duruş ve Kalkış Nedeniyle Ön Isıtma Kayıpları Hesabı:***

Termik yağ kazanları yılda ortalama 70 kez duruş – kalkış yapmaktadır. Her duruş kalkıştan sonra yağın işletme sıcaklığına ulaşması için ortalama 50 dakika bürülörün alçak alev pozisyonunda ısıtma yapılmaktadır. Bu her duruş kalkış için takribi 2.000.000 kcal enerji karşılığı doğal gaz kaybı anlamına gelmektedir. Buradan doğalgaz kaybı;

**m<sub>Doğalgaz</sub>** : m<sup>3</sup>/yıl doğal gaz hesaplanmıştır.

**Enerji değeri (E<sub>D</sub>)** =m<sub>Doğalgaz</sub>/ Hu formülünden kcal / yıl olarak hesaplanmıştır.

**TEP değeri** = E<sub>D</sub> /10.000.000 TEP / yıl ( doğal gaz ) olarak hesaplanmıştır.

**Parasal değer (4.24)** bağlantısından hesaplanmıştır.

Kazan üzerinde çalışması zorunlu olan sirkülasyon pompasının ortadan kalkması ile de elektrik tasarrufu sağlanmıştır. Yatırımın maliyeti ve toplam kazancına göre amortisman süresi (4.3) formülünden hesaplanabilir.

#### 4.9 Hava Kompresörlerinin Soğutma Havaalarının İşletmede Isıtma Amaçlı Kullanımı

Bu çalışmada havaya atılan kompresör atık ısılarından ortam ısıtmasında kullanılması sağlanmıştır. Kompresörlerin tam yükte çalışma süreleri hesaplandı. Kompresör enerjisinin % 90 'ından istifade edilebileceği kabulü ile kompresörlerin yıllık toplam değerlendirilebilecek enerjisi bulundu [53].

**Q kompresör:** kWh lık ısı enerjisi buradan 1 kWh 'lik elektrik enerjisinin tüketim ısı karşılığı 860 kcal / kWh olduğundan (kcal / yıl) olarak hesaplanmıştır.

Bu enerjinin doğal gaz karşılığı, buhar kazanı randımanı % 80, ve doğal gaz kalori değeri 8.250 kcal / m<sup>3</sup> alınarak:

$$Q \text{ doğal gaz} = q \text{ kompresör} / \mu \times H_u \quad (4.25)$$

formülüyle hesaplanmıştır.

**TEP değeri** = Q doğal gaz x H<sub>u</sub> / 10.000.000 (TEP/ yıl) olarak hesaplanmıştır.

Tasarruf edilen kısım doğrudan elektrik enerjisi olmadığından 2.400 kcal / kW değeri kullanılmamıştır.

**Parasal Değer (4.24)** bağlantısından hesaplanmıştır.

Yatırımın maliyeti ve toplam kazancına göre, amortisman süresi (4.3) formülünden hesaplanmıştır.

#### 4.10 Hava Fanların da Kasnak Tadilatı Çalışması

İşletmelerde çalışır halde olan hava fanı ve aspiratörlere, işletme ve bakım sorunlarından dolayı kasnak çapı ve yataklama tadilatı yapılmıştır. Bu çalışma da kasnak değişiminden önce fan ve aspiratörlerin çektiği elektrik ölçülmüştür. Kasnak değişiminden sonra yapılan ölçüm sonucunda elektrik tasarrufu sağlandığı tespit edilmiştir. Kasnak değişim öncesi elektrik harcamı kasnak değişim sonrası elektrik



harcamından elde edilen, elektrik tasarrufu ( $E_T$ ) KW olarak bulunmuştur.

Klima santrallerinin yıllık çalışma saatleri saat / yıl olarak bilinmektedir.

**Yılda elde edilen elektrik tasarrufu ( $E_T$ ) kWh / yıl olarak bulunmuştur.**

Baca aspiratörlerde rulman değişimi ile devir düşürülerek hem rulman hemde elektrik tasarrufu sağlanmıştır. Rulman değişim öncesi elektrik harcamı kasnak değişim sonrası elektrik harcamından elde edilen elektrik tasarrufu bulunmuştur.

Baca aspiratörlerde yıllık çalışma saatleri saat / yıl olarak bilinmektedir.

$$E_T = E_T \text{ kasnak} + E_T \text{ aspiratör} \quad (4.26)$$

bağlantısıyla hesaplanmıştır.

TEPkarşılığı 1 kWh : 2.400 kcal alınarak;

**TEP** =  $E_T \times 2.400 / 10.000.000$  TEP/ yıl olarak hesaplanmıştır.

**Parasal Değer ( $P_D$ ) (4.24)** bağlantısından hesaplanmıştır.

Yatırımın maliyeti ve toplam kazancına göre amortisman süresi (4.3) formülünden hesaplanmıştır.

#### **4.11 Kojenerasyon Buhar Kazanları Sistem Randımanı Artırma Çalışması**

Bir kazandan bacaya verilmek üzere çıkan duman gazları genellikle kazan çalışma rejimi sıcaklığından 40 °C ila 80 °C daha yüksek olmaktadır. Kazan çalışma sıcaklığı ve buna bağlı olarak kazan duman gazı çıkış sıcaklığı yükseldikçe, duman gazları vasıtasıyla çevreye atılan enerji miktarı da artmaktadır. Bacadan atılan bu atık ısının bir kısmının geri kazanılması, kazan veya sistem verimini yükselterek yakıt tasarrufu sağlayacaktır.

Ekonomizerler; ısı, buhar veya güç üretim tesislerinde kazanlardan çıkarak bacaya verilen duman gazları üzerinde bulunan ısının bir bölümünü, bünyelerinde sirküle eden suya aktarmak suretiyle, geri kazanmak amacıyla kullanılırlar [54]. Geri kazanılan bu ısı, kazan besleme suyuna verilebileceği gibi, tesiste ısıtma, banyo, yıkama,

vb. amaçlar için kullanılacak suya da verilebilir. Geri kazanılacak ısının hava veya bir gaza aktarılması söz konusu olduğunda ise kullanılır.

Kazan duman gazı çıkış sıcaklığı, kazanın çalışma rejimine, kazanın bünyesel verimine, kazan-brülör uyumuna ve yakıt cinsine bağlı olarak belli bir büyüklükte olur. Ekonomizer gaz çıkış sıcaklığını ise kullanılan yakıtın cinsi ve ısının aktarılacağı akışkanın çalışma koşulları belirler.

Bir ekonomizerde geri kazanılabilecek ısının büyüklüğü, kazan duman gazı çıkış sıcaklığına bağlı olduğu gibi duman gazının ekonomizerden çıkış sıcaklığına da bağlıdır. Ekonomizere giren ve çıkan duman gazları sıcaklıkları farkı ne denli büyük olursa geri kazanılan ısı, dolayısıyla verim artışı da o denli büyük olur. Ancak korozyona sebep olabilecek asit gazlarının yoğunlaşmasını önlemek için atık gazların sıcaklıklarının belli bir derecenin altına indirilemeyeceği gözönüne alınmalıdır.

Bir ekonomizerde, doğal gaz ve benzeri gaz yakıtlı kazanlarda 140°C, motorin, fuel oil ve kömür yakıtlı kazanlarda 220°C ve daha büyük duman gazı sıcaklıklarından ekonomik olarak yararlanmak olanaklıdır. Bir duman gazı ısı geri kazanım sisteminde ulaşılabilecek baca gazı sıcaklığının minimum seviyesi, kullanılan yakıtın cinsine bağlıdır. Ekonomizer gaz çıkış sıcaklığı, fuel oil yakıtlı kazanlarda 180 °C, motorin yakıtlı kazanlarda 150 °C, doğal gaz ve LPG yakıtlı kazanlarda 110 °C ye kadar düşürülebilir. Isı, buhar veya güç üretim tesislerinde ekonomizer kullanılmasıyla sağlanacak yararlar şunlardır:

Kazan duman gazı çıkış sıcaklığı ve yakıt cinsine bağlı olarak kazan veya tesis veriminde % 3 ile % 7 arasında verim artışı sağlanır. Sağlanan verim artışına bağlı olarak, aynı kapasite için daha az yakıt harcanması veya aynı miktarda yakıt harcamı için daha fazla ısı üretimi gerçekleşir. Kazanılan ısının kazan besleme suyuna verilmesi halinde, kazanın maximum yüklerde dahi zorlanmadan çalışması, değişik yüklere daha iyi bir şekilde uyum sağlaması ve kazan veriminin değişik yüklerde nispeten yüksek ve sabit kalması sağlanır. Optimal kapasitesinin üzerinde çalışan veya yapısı itibarıyla düşük verimli olan kazanlara ekonomizer ilavesi ile kazan kapasitesi ve verimi optimum

düzeyle çıkarılabilir. Bu proje de plakalı eşanjör sayesinde kojenerasyon ünitesindeki kazan sisteminde ekonomizer giriş sıcaklığını düşürerek ekonomizer performansını artırmak ve hem de degazör enerjisinden istifade etmek suretiyle ısı kazanımı uygulanmıştır.

Ekonomizer girişindeki su sıcaklığı düşürülmüş ve elde edilen ısı soğuk suya aktarılarak sıcak su elde edilmiştir. Dolaylı olarak ekonomizer ısı gücü artırılarak baca ısı da düşürülmüştür. Ekonomizer de oluşan artı ısı güç, beraberinde buhar karşılığı kadar, kazan da buhar tasarrufu sağlamıştır. Tasarruf edilen buharın ısı değeri, doğalgaz karşılığı, TEP değeri üstteki projelerde anlattığımız formüllerle hesaplanarak yatırımın maliyeti ve amortisman süresi de hesaplanmıştır.

#### **4.12 Kostik Geri Kazanım Çalışması**

Bu projede; boya terbiye ve merserize hatlarında işlem sonrası flote olarak % 4 konsantrasyonlu kanala atılan kostik çözeltilisinin geri kazanılması için kurulmuş olan geri kazanım tesisi anlatılmaktadır. Kanala atılan kostikli su geri kazanım tesisinde buhar ve elektrik harcamıyla belli oranda geri kazanılmaktadır.

Geri kazanım hesabı yapılırken kazanılan kostiğin parasal karşılığında harcanmış olan elektrik ve suyun parasal karşılığı çıkarılarak oluşan kazanç hesaplanmıştır.

## 5. UYGULAMA

### 5.1. İzolasyon Uygulaması

Fabrika genelinde termal kamera çalışması yapılarak ısı kayıpları olan tesisatlarda izolasyon çalışmaları yapılmıştır (Şekil 5.1). Bu doğrultuda ayrıca buhar ve kondensat hatlarında bulunan ana tesisattaki değişik çaplardaki toplam 373 adet vana ve armatüre izolasyon ceketi uygulanmıştır. Hesaplamalarda vana ve armatürlerin değişik akışkan sıcaklıklarına karşılık izolesiz boru eşdeğer uzunluğu tablosu esas alınmıştır. Bu tablodan vanalarda kaybolan enerji izolesiz eşdeğer boru uzunluk eşdeğerleri hesaplanmıştır. Fabrika içinde iki ayrı sıcaklık değeri olan buhar ve kondens hatları için armatürlerin farklı olan yıllık çalışma saatleri esas alınarak ısı kaybı hesaplamaları yapılmıştır. Buna göre bulunan değerler aşağıda sırasıyla verilmiştir.



Şekil 5.1 : Buhar Tesisatlarında Boru ve Vana izolasyonu

### ***Buhar Hatlarında:***

- 175 °C deki armatürlerin yıllık ısı kaybı: 5.723.149.000 kcal/yıl
- Flanşların yıllık ısı kaybı: 2.194.971.000 kcal/yıl

### ***Kondens hatlarında***

- 110 °C deki armatürlerin yıllık ısı kaybı: 251.953.000 kcal/yıl
- Flanşların yıllık ısı kaybı: 106.255.000 kcal/yıl

olarak bulunmuştur. Ayrıca, hatlarda eksik bulunan izolasyonlar incelendiğinde 193.380 kcal/h enerji kaybı olduğu bulunmuştur. Bu değer izolasyon öncesi armatür ve vanaların eşdeğer boru ısı kaybı tablosundan (Tablo 4.3) yararlanılarak hesaplanmıştır. fabrika genelinde yıllık 6000 saat çalışma karşılığı göz önüne alınarak enerji karşılığı:

Isı kaybı x çalışma süresi= 6.000 x 193.380 = 1.160.280.000 kcal/yıl olarak ve

**TOPLAM ısı tasarruf** 9.436.608.000 kcal /yıl değerinde bulunmuştur.

Bu enerjinin doğal gaz karşılığı, buhar kazanı randımanı % 80, ve doğal gaz kalori değeri 8.250 kcal / m<sup>3</sup> alınarak:

$9.436.608.000 / ( 0,8 \times 8.250 ) = 1.429.800 \text{ m}^3 / \text{yıl}$  doğal gaz karşılığıdır.

**TEP karşılığı:**  $1.429.800 \times 8.250 / 10.000.000 = 1.180 \text{ TEP} / \text{yıl}$  ( doğal gaz ) olmuştur.

**Tasarrufun parasal tutarı:** doğal gaz fiyatı 0,37 \$ / m<sup>3</sup> alınarak

$1.429.800 \times 0,37 = 529.026 \text{ \$} / \text{yıl}$  olarak bulunmuştur.

**Bu projenin toplam yatırım tutarı :**75.500 \$ olup,

**Geri ödeme süresi :**  $75.500 / 529.026 = 0,14 \text{ yıl}$  ( 1.7 ay ) olmuştur.

## **5.2. Kondensat Geri Dönüş Miktarlarının Arttırılması Uygulaması**

Fabrika genelinde kondensat dönüşü olmayan hatlara dönüş tesisatı döşenmesi ve makine çıkışlarında kondensat taşıma kapasitesi düşük olan hatların çaplarının arttırılması (Şekil 5.2), ayrıca arızalı kondensatörlerin çalışır hale getirilmesi

çalışmaları ile kondensat kazanımı sağlanmıştır. Bunu neticesinde çalışmadan itibaren kondens dönüş oranı, buhar miktarının % 42 değerinden % 55'e ulaşmıştır. Yapılan çalışmalar sırası ile aşağıda verilmiştir:



**Şekil 5.2** : Ara Kondens Toplama Tankı ve Hatları

- 1) Boya makinasının kondens tesisat çapı yetersiz olduğu için tamburlarda biriken kondensat drenaj yolu ile dışarı atılmakta idi. Çap artırılarak kondensanın kazanımı sağlandı.
- 2) İplik buhar tesisatının boyunun uzun olmasına karşın tesisatın büyük kısmının dış hat olması nedeniyle buhar tesisatında kondensat birikmesi olmaktaydı. Kondensatı almak için buhar hattına paralel hat çekildi. Tesisatın beş ayrı noktasından alınan kondensat, terbiye kondens tesisatına bağlantısı gerçekleştirilmiştir.

- 3) Terbiye makinaları teknelerinden de dönüş olmamakta idi. Muhtelif noktalarda hem tesisat çapı artırılmış hemde ilave tesisatla düzenleme yapılmıştır. Ayrıca makinanın kapalı buhar teknesindeki kondensatın, kazanların basınç sorununa neden olacağı düşünülerek teknelere doğrudan açık olarak bağlantısı gerçekleştirilmiştir.
- 4) Hem dönüşü olmayan ve hem de işletme içinde sürekli buhar kaçıran kondenstoplar tesbit edilerek değiştirilmiştir.

Yapılan bu kondensat geri dönüş miktarlarının artırılması işlemi için 270 metre 2", 190 metre 3" çapında boru ve muhtelif tesisat armatürleri kullanılmıştır. Bu çalışmalar sonucu kazan besleme noktasına 80 °C nihai sıcaklıkta dönen kondensat artışının yıllık miktarı mukayesesi şu şekildedir:

Çalışma öncesi üretilen buhar 232.070 ton / yıl, kondensat miktarı 97.074 ton iken Çalışma sonunda üretilen buhar 169.913 ton / yıl kondensat miktarı 94.398 ton'a ulaşmıştır.

Dolayısıyla aynı kapasite şartlarında, çalışma sonunda kondensat kazanımı:  $94.398 - (169.913 \times 97.074 / 232.070) = 23.300$  ton olarak bulunmuştur.

### ***Elde Edilen Enerji tasarrufu:***

Kondensat enerjisinin 80 °C de kullanıldığı göz önüne alınarak enerji kazancı:

$$80 \times 23.300.000 = 1.864.000.000 \text{ kcal / yıl}$$

olarak bulunmuştur. Bu enerjinin doğal gaz karşılığı, buhar kazanı randımanı % 80, ve doğal gaz kalori değeri 8.250 kcal / m<sup>3</sup> alınarak:

$$1.864.000.000 / (0,8 \times 8.250) = 282.424,24 \text{ m}^3 / \text{yıl doğal gaz ve}$$

**TEP değeri:**  $282.424,24 \times 8.250 / 10.000.000 = 233$  TEP / yıl ( doğal gaz ) olmuştur.

Parasal olarak ise doğal gaz fiyatı 0,37 \$ / m<sup>3</sup> alınarak:

**Parasal olarak :**  $282.424,24 \times 0,37 = 104.496$  \$ / yıl tasarruf sağlanmıştır.

### ***Yumuşak su tasarrufu ile gelen elektrik enerjisi tasarrufu hesabı:***

Bu uygulama ile yıllık olarak 23.300 ton yumuşak su tasarrufu da sağlanmıştır. 1 ton yumuşak su maliyetinde 1,3 kW elektrik ve 0,85 kg tuz kullanıldığı göz önüne alınarak:

**Elektrik tasarrufu** = 23.300 x 1.3 = 30.300 kWh / yıl elektrik

Elektrik enerjisinin TEP eşdeğeri hesabında 1 kWh =2.400 kcal alınarak

30.290 x 2.400 = 72.696.000 kcal / yıl

**TEP değeri:** 72.696.000 / 10.000.000 = 7,3 TEP / yıl

**Parasal değeri :** elektrik fiyatı 0,06 \$ / kWh alınarak, 0,06 x 30.290 = 1.800 \$ / yıl olarak bulunmuştur.

**Tuz tasarrufu** ise 23.300 x 0,85 = 19.800 kg tutarı 0,03 x 19.800 = 600 \$ / yıl

**Toplam tasarruf=** 1.800 + 600 = 2.400 \$ / yıl

**Toplam enerji tasarrufu:**233 TEP / yıl ( doğal gaz ) + 7,3TEP / yıl ( elektrik ) olmak üzere toplam 240.3 TEP / yıl

**Parasal değeri** ise 104.496 + 2.400 = 106.896 \$ / yıl olmuştur.

1,2,3 ve 4 nolu çalışmaların toplam yatırım tutarı 24.900 \$ olduğundan:

**Geri ödeme süresi:** 24.900 / 106.896 = 0,23 yıl (3 ay) olmuştur.

### **5.3 . Buhar Kazanları Blöf Suları Isılarını Değerlendirme Uygulaması**

Kojenerasyon kazanlarında ve ana kazan dairesinde akışkan yataklı ve doğal gazlı kazanlarda iletkenlik miktarının sınırlı tutulması için yapılan blöf kanala gitmekteydi.

Buhar üretiminin ortalama % 10 'luk kısmını teşkil etmekte olan ve kazanlarda 175 °C sıcaklıktaki atılmak zorunda olan blöf hattı ( kızgın su ) çıkışlarına kazan soğuk su beslemesini ısıtma amaçlı borulu eşanjör monte edilmiştir (Şekil 5.3). Eşanjöre giren 175 °C kızgın su, kazan besleme suyunun ön ısıtmasında kullanıldıktan sonra 45 °C'ye düşerek kanala atılmaktadır.





**Şekil 5.3 :** Blöf Suyu Eşanjörü

Kojenerasyon kazanları ve kömür kazanlarının çalışma yılında 169.913 ton buhar ürettiği ve bunun 22.698 tonunun blöf olarak atıldığı göz önüne alınarak

### *Eşanjörlerde kazanılan enerji değeri*

$E = m C_p (T_1 - T_2)$  formülü uygulanırsa:

$22.698.000 \times (175 - 45) = 2.950.740.000$  kcal / yıl olarak bulunur.

Bu enerjinin doğal gaz karşılığı, buhar kazanı randımanı % 80, ve doğal gaz kalori değeri 8.250 kcal / m<sup>3</sup> alınarak

$2.950.740.000 / (0,8 \times 8.250) = 447.000$  m<sup>3</sup> / yıl doğal gaz bulunmuştur.

**TEP değeri:**  $447.000 \times 8.250 / 10.000.000 = 369$  TEP / yıl ( doğal gaz ) olmuştur

Doğal gaz fiyatı 0,37 \$ / m<sup>3</sup> alınarak

**Yıllık tasarruf miktarı:**  $447.000 \times 0,37 = 165.390$  \$ / yıl olmuştur.

### ***Yatırım Maliyet hesabı:***

**İki Adet Borulu Eşanjör Fiyatı:**  $2 \times 8000 \$ = 16000 \$$

**İzolasyon ve armatür Fiyatı:** 3800 \$ olup

**Toplam maliyet :** 19.800 \$ olmuştur.

**Bu projenin yatırım tutarı** 19.800 \$ olarak gerçekleşmesi dolayısı ile:

**Geri ödeme süresi:**  $19.800 / 165.390 = 0,11$  yıl ( 1,5 ay ) bulunmuştur.

### **5.4 Flaş Buharın Değerlendirme Uygulaması**

İşletmelerde bulunan 5 adet kondensat toplama tankının boru irtibatı ile atmosfere açık olmaları nedeniyle kondensat gizli ısısının flaş olarak atmosfere atıldığı söz konusu idi.

Flaş buharların, ısı ve rutubet açısından iklimlendirme yapılan işletmelerde kış aylarında kullanılabileceği düşünülmüştür. Yapılan hat bağlantıları ile kazan dairesi, halat boya ve boyahane kondensat tanklarından flaş buharların değerlendirilmesi yapılmıştır (Şekil 5.4). Kazan dairesindeki ve İndigodaki flaş buharın halat açma ünitesi ve halat sarma ünitesinde bulunan paket klimaların fan basma noktalarına taşınması ile hem ısı güç yönüyle hem de rutubet için harcanan su ve elektrik miktarı yönüyle tasarruf sağlanmıştır. Bu iş için 110 m. 1,5” ve 63 m 2,5” ve 90 metre 5” çapında boru kullanılmıştır.



**Şekil 5.4** : Flash Buhar Tankı

#### **5.4.1. Doğalgaz Tasarruf Hesabı**

Kış öncesinde enerji kazanımı tamamlanmış olan kondensat tankları, flaş buhar enerjisi hesabında tüm kondens hatlarının flaş buhar enerjisinin son bir yıla tekabül eden dönemde % 30 luk kısmının kazanıldığı kabul edilmiştir. Çünkü yaz aylarında işletme içinde sıcaklığın yüksek olması nedeniyle flaş buhar kullanımı olmamıştır.

Buna göre çalışmanın yapıldığı yıl için 111.617 ton kondensat kazanıldığı, blöfün % 12'sinin flaşa dönüştüğü esas alınarak kazanılan flaş buhar miktarı:

$$111.617 \times 0,30 \times 0.12 = 4.000 \text{ ton / yıl olmuştur.}$$

Atmosfer ortamında 100 °C de suyun gizli ısısı 538 kcal / kg değeri ile çarpılırsa

$$\text{Yıllık kazanılan flaş buhar ısısı: } 4.000.000 \times 538 = 2.161.798.000 \text{ kcal / yıl}$$

**Bu enerjinin doğal gaz karşılığı** ise, buhar kazanı randımanı % 80, ve doğal gaz kalori değeri 8.250 kcal / m<sup>3</sup> alınarak:

$$2.161.798.000 / ( 0,8 \times 8.250 ) = 327.500 \text{ m}^3 / \text{yıl doğal gaz olmuştur.}$$

$$\text{TEP değeri: } 327.500 \times 8.250 / 10.000.000 = 270 \text{ TEP / yıl( doğal gaz ) bulunmuştur..}$$

Parasal tutarı için doğal gaz fiyatı 0,37 \$ / m<sup>3</sup> alınarak

$$\text{Parasal Tutar} = 327.500 \times 0,37 = 121.175 \text{ \$ / yıl tasarruf sağlanmıştır.}$$

#### 5.4.2 Su ve Elektrik Tasarrufu

İndigo ve halat sarma ünitelerinde klima sanrallarının flaş buhar verilmesi sonrasında çalıştırılmaması nedeniyle bu ünitelerde:

Günlük su tasarrufu 19 m<sup>3</sup> / gün ve

Günlük elektrik tasarrufu 220 kWh / gün olarak tespit edilmiştir.

Halat sarma ve indigo ünitelerinin yılda 150 gün flaş buhardan istifade ettiği göz önüne alınarak:

Son bir yıllık elektrik enerjisi tasarruf değeri : 220 x 150 = 33.000 kWh / yıl elektrik olmuştur.

TEP değeri için 1 kWh : 2.400 kcal alınarak

$$\text{TEP} = 33.000 \times 2.400 / 10.000.000 = 7,9 \text{ TEP/ yıl ( elektrik ) bulunur.}$$

$$\text{Parasal olarak Elektrik için : } 220 \times 150 \times 0,06 = 1.980 \text{ \$ / yıl}$$

300 gün çalışmada su için yıllık tasarruf:  $19 \times 150 \times 0,104 = 290 \text{ \$ / yıl}$

**Su ve elektrik tasarruf toplamı** =  $1.980 + 290 = 2.270 \text{ \$ / yıl}$

270 TEP / yıl ( doğal gaz ) + 8 TEP/ yıl ( elektrik )

olmak üzere Toplam **278 TEP/ yıl**

**Yıllık parasal tasarruf:**  $121.175 + 2.270 = 123.445 \text{ \$}$  olarak bulunmuştur.

**Çalışmanın toplam yatırım maliyeti:** 1 5.700 \$ olduğundan:

**Geri ödeme süresi**  $15.700 / 123.445 = 0,127 \text{ yıl ( 1,5 ay )}$  olmuştur.

### **5.5. Akışkan Kazanlarda Boru Değişiminin Uygulaması**

Akışkan yataklı kömür kazanlarında boru kirlenmeleri ve tıkanmaları sonucu kazanlar tam kapasite kömür tüketmelerine rağmen, üretilen buhar miktarı saat başına en az iki ton düşük gerçekleşmekteydi. Bu itibarla kazan veriminin artırılarak kömür birim sarfiyatının azaltılması amacıyla kazan borularının skoç ve kızdırıcı kısımlarının değiştirilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu çalışmayla her iki akışkan kazanda 60 mm çapında 804 adet skoç ve 86 adet kızdırıcı borusu değiştirilmiştir.

kömür kazanları üretim tüketim bilançosuna göre:

#### **Bu çalışmada önceki yılların verileri:**

Buhar üretimi 22.240 ton / yıl

Kömür tüketimi 8.643 ton / yıl ve özgül buhar üretimi 2,57 ton / ton olmuştur.

#### **Bu çalışma sonunda ;**

Buhar üretimi 26.647 ton / yıl

Kömür tüketimi 9.390 ton / yıl gerçekleşmiş, özgül buhar üretimi 2,83 ton / ton değerine çıkmıştır. Boru değişiminden önce kazanda saatte üretilen tam kapasite buhar miktarı 9 ton / h idi. Boru değişiminden sonra yaptığımız ölçümlerde üretilen tam kapasite buhar miktarı 12 ton/h'e çıkmıştır. Yani bu durum tam kapasite kömür tüketimi söz konusu iken buhar üretiminin kazan randımanı ile orantılı olarak düşük gerçekleşmesi anlamına gelmekteydi.

### **Son bir yılda kömür tüketiminde**

$(2,84 / 2,57 - 1) \times 9.390 = 906$  ton / yıl kömür tasarrufu sağlanmıştır.

Kullandığımız kömür toz ve fındık kömür olup ortalama alt ısıl değeri:

$H_u = 1.800$  kcal / kg olduğundan;

**Sağlanan enerji değeri:**  $1.800 \times 906.000 = 1.630.800.000$  kcal / yıl olmuş,

**TEP karşılığı :**  $1.630800 / 10.000.000 = 163$  TEP / yıl ( kömür ) olmuştur.

Kömür maliyeti nakliye dahil  $17,5$  \$ / ton olduğundan

$906 \times 17,5$  \$ ( kömür fiyatı + nakliye ) = **15.855** \$/yıl kömür tasarruf sağlanmıştır.

**Bu iyileştirmenin toplam yatırım tutarı:**  $17.900$  \$ olup,

**Geri ödeme süresi:**  $17.900 / 15.855 = 1.12$  yıl ( 13.5 ay ) olmuştur.

### **5.6. Su Tüketimlerinin Makina Bazında Ölçülerek Kontrolü ve Soğutma Sularının Geri Dönüşüm Uygulaması**

İşletmelerdeki su sarfiyatlarının kontrol altına alınması amacıyla, makina bazında 30 adet su sayaç bağlantıları yapılarak üretim tüketim değerleri kontrol altına alınmış (Şekil 5.6), ayrıca soğutma amaçlı su kullanımları ekseriyetle kanala gitmekteyken geri kazanım çalışmaları ile yumuşak su tüketimlerinin azaltılmasına çalışılmıştır. Sanfor makinaları, ram makinaları, termozol ve yakma makinalarının soğutma sularının hidrofor ünitesine ortalama 700 metre 2" çapında 400 metre 2 ½" çapında , 500 metre 3" çapında müstakil tesisatlar çekilerek ve 7,5 kW lık 4 adet pompa montajıyla geri dönüşü sağlanmıştır.



**Şekil 5.5** : Su Sayacı Uygulaması

***Çalışma öncesi:***

Kullanılan su miktarı	: 2.122.300 m <sup>3</sup>
Su kullanımına esas ( denim + mamul ) üretim	: 37.080.422 m
Metre başına özgül su tüketimi	: 0,057 m <sup>3</sup> / metre iken

***Çalışma sonrası:***

Kullanılan su miktarı	: 1.151.330 m <sup>3</sup> / yıl
Su kullanımına esas ( denim + mamul ) üretim	: 29.311.773 m
Metre başına özgül su tüketimi	: 0,039 m <sup>3</sup> / metre olmuştur.

Çalışma öncesi ve çalışma sonrası özgül su tüketimleri karşılaştırılarak buradan hareketle son 12 aylık üretim değerlerine göre net tasarruf edilen su miktarı şu şekilde hesaplanmıştır:

$( 0,057 / 0,039 - 1 ) \times 1.151.330 = 515.900 \text{ m}^3 / \text{yıl}$  su tasarrufu elde edilmiştir.

Bir ton yumuşak suyun maliyetinde 1,3 kWh elektrik ve 0,85 kg tuz sarf edildiğinden;

### ***Tasarruf edilen elektrik enerjisi :***

$1,3 \times 515.900 = 670.700$  kWh tasarrufuna karşılık

50 kW lık pompa gücü ile yılda 6.000 saat geri dönüş süresinde

$50 \times 6.000 = 300.000$  kWh elektrik harcandığından

$670.700 - 300.000 = 370.700$  kWh / yıl net elektrik tasarrufu elde edilmiştir.

1 kWh elektrik enerjisi karşılığı 2.400 kcal / kWh alındığından enerji değeri:

$370.000 \times 2.400 = 888.000.000$  kcal olarak bulunmuştur.

**TEP karşılığı:**  $888.000.000 / 10.000.000 = 88,8$  TEP / yıl ( elektrik )

**Yıllık Tasarruf Bedeli :**  $0,06 \times 370.700 = 22.200$  \$ /yıl olmuştur.

**Tasarruf edilen tuz değeri :**  $0,85 \times 515.900 = 438.500$  kg olmuştur.

Tuz fiyatı 0,03 \$ / kg alınarak

$438.5000 \times 0,03 = 13.100$  \$ / yıl olmuştur.

**Elde edilen toplam yıllık tasarrufu:** 88,8 TEP / yıl ( elektrik ) olup;

**Parasal karşılığı:**  $22.200 + 13.100 = 35.300$  \$ / yıl olmuştur.

**Yatırım tutarı:**40.000 \$ gerçekleştirildiğinden:

**Geri ödeme süresi:**  $40.000 / 35.300 = 1.14$  yıl ( 14 ay ) olmuştur.

### **5.7. Kostik Geri Kazanım Ünitesinden Sıcak Su Kazanımı Uygulaması**

Kostik geri kazanım tesisinin kuruluşunu takiben konsantrasyon kısmında mamul hale gelen kostiğin soğutulması için kullanılan su kanala gitmekteydi. Kostik geri kazanım ünitesinin çalışması sırasında soğutma suyu olarak kullanılan 70 Ton / saat debide 60 °C lik yumuşak suyun; merserize yıkama makinaları, pad steam makinaları ile indigo halat boya ve terbiye ünitelerinde kullanımını sağlamak için işletme içinde 700 metre uzunluğunda 150 mm çapında hat çekilerek, 45 kW (30 kW işletme gücünde) pompa montajıyla bu su kullanılır duruma gelmiştir (Şekil 5.7). İşletme süresi son 10 ayda 750 saat olan üniteye 52.500 m<sup>3</sup> sıcak su kazanımı gerçekleştirilmiştir.





**Şekil 5.6** : Kostik Geri Kazanım Ünitesi

İşletmede sıcak banyo işlemi yapan bahse konu makinalarda normalde soğuk su çekerek buharla sıcaklık yükseltilmesi sağlanmaktadır. Sıcak suyun bu makinalarda kullanılması ile çekilen buhar miktarının azaltılması hedeflenmiştir. Böylece bu suyun hem ısı enerjisi değerlendirilmiş hem de yumuşak su kazanımı sağlanmıştır.

### **5.7.1. Enerji Tasarrufu Hesabı**

Çalışma sırasında atılan 70 ton/saat 60 °C sıcak suyun saatlik enerji karşılığı;  
60 °C deki sıcak suyun 20 °C suya göre enerji farkı  $60 - 20 = 40$  kcal/kg alınarak sistemden kazanılan su miktarı  $750$  (saat)  $\times$   $70$  (ton/saat) =  $52.500$  m<sup>3</sup> olduğundan:

**Enerji değeri** =  $52.500.000 \times 40 = 2.100.000.000$  kcal / yıl

Bu enerjinin doğal gaz karşılığı ise, buhar kazanı randımanı % 80, ve doğal gaz kalori değeri 8.250 kcal / m<sup>3</sup> alınarak:

$2.100.000.000 / ( 0,80 \times 8.250 ) = 318.180 \text{ m}^3 / \text{yıl}$  doğal gaz olarak gerçekleşir.

**TEP karşılığı:**  $318.180 \times 8.250 / 10.000.000 = 263 \text{ TEP/ yıl}$  ( doğal gaz ) olmuştur.

Bu enerjinin maliyeti ise doğal gaz fiyatı 0,37 \$ / m<sup>3</sup> alınarak:

**Enerjinin Maliyeti:**  $318.180 \times 0,013 = 117.726 \text{ \$ / yıl}$  enerji tasarrufu olmuştur.

### 5.7.2. Yumuşak Su Tasarrufu Hesabı

1 ton yumuşak su üretiminde 1,3 kWh elektrik ve 0,85 kg tuz sarf edildiği göz önüne alındığında, 52.500 m<sup>3</sup> su için:

$52.500 \times 1,3 = 68.250 \text{ kWh}$  elektrik tasarrufuna karşılık diğer taraftan saatte 30 kW ortalama güçte pompa gücü karşılığı  $750 \times 30 = 22.500 \text{ kWh}$  çıkılırsa harcılandığından,

**Net Elektrik Tasarrufu:**  $68.250 - 22.500 = 42.700 \text{ kWh / yıl}$  elektrik. 1 kWh elektrik ısı değeri 2.400 kcal/kWh alınarak:

**Net Elektrik Tasarrufu:**  $2.400 \times 42.700 = 102.600.000 \text{ kcal / yıl}$  olmuştur.

**TEP karşılığı:**  $102.600.000 / 10.000.000 = 10,2 \text{ TEP / yıl}$  ( elektrik ) olmuştur.

Elektrik fiyatı 0,06 \$ / kWh, tuz fiyatı 0,03 \$/ kg alınarak:

**Yumuşak Su İçin Elektrik ve Tuz Masrafı:**  $1,3 \times 0,06 + 0,85 \times 0,03 = 0,104 \text{ \$/ton.}$

$52.500 \text{ ton suyun karşılığı } 0,104 \times 52.500 = \mathbf{5.460 \text{ \$ / yıl}}$

**Projenin toplam enerji tasarrufu;**

$263 \text{ TEP/ yıl ( doğal gaz )} + 10 \text{ TEP / yıl(elektrik )} = 273 \text{ TEP/ yıl}$

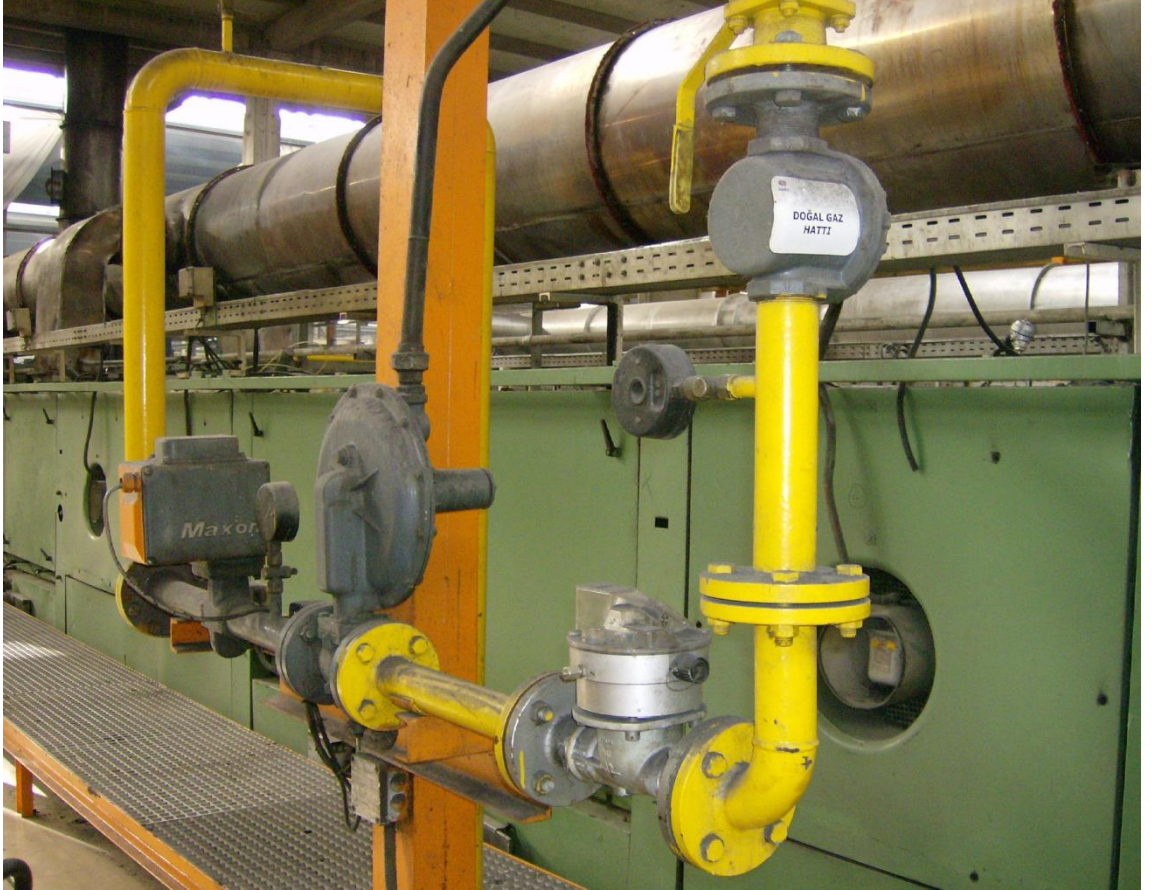
**Parasal tutar:**  $117.726 + 5.460 = 123.186 \text{ \$ / yıl}$  olmuştur.

**Proje maliyeti:** 53.400 \$ olduğundan:

**Geri ödeme süresi:**  $53.400 / 123.186 = 0,43 \text{ yıl ( 5.2 ay )}$  olmuştur.

## 5.8. Ram Makinalarının Kızgın Yağlı Isıtma Sisteminden Doğrudan Doğal Gazlı Isıtma Sistemine Dönüştürülmesi

Kızgın yağlı eşanjörlü ısıtma sisteminde kayıplar nedeniyle ram (kurutma) makinalarında performans düşüklüğü gözleendiğinden dolayı terbiye işletmesinde bulunan 4 adet ram makinalarında kızgın yağlı eşanjör sisteminden direkt doğal gaz brülörlü ısıtmaya geçilmiştir. Doğal gaz dönüşümünün 4 adet ram makinasında gerçekleşmesi ile sonuçta 1 adet kızgın yağ kazanının tamamen devre dışı olacağı prensibiyle aşağıdaki hesaplama yapılmış olup, en az 1 yıllık izlenmiş değere esas olacak tasarruf hesabı, toplam hesaplama değerinin 1/4'ü alınarak yapılmıştır. Buna göre 1 adet ram makinasında yıllık olarak:



Şekil 5.7 : Ramöz Makinası Doğalgaz Dönüşümü

**49,3 TEP / yıl** ( 40.700 m<sup>3</sup> / yıl doğal gaz )

**11,4 TEP / yıl** ( 47.700 kWh / yıl elektrik ) karşılığında

**153.425 \$/ yıl** parasal tasarruf sağlanmıştır.

### **5.8.1. Kazan Sistemi Kaybından Kaynaklanan Tasarruf Hesabı**

Kızgın yağ kazanlarında Hat kayıpları hariç toplam sistem randımanı olarak kızgın yağ kazanları yanma randımanı dahil ısı randımanı % 80 alınarak ve buna mukabil direkt bürülörün yanma randımanı en az % 90 kabul edilerek yanma ve sistem randımanı arasında en az % 90 - % 80 = % 10 luk yakıt tasarrufu sağlanacaktır.

Çalışma sonrası kızgın yağ kazanları doğal gaz sarfiyatı 1.904.578 m<sup>3</sup>/yıl olmuş ve bu tüketimin % 70 'ine tekabül eden ( kızgın yağla çalışan 4 adet ram makinası turbang, kalender, baskı ve buharlatma makinaları içinde çalışma durumuna göre % 70 oranda enerjiye sahiptir) 1.333.100 m<sup>3</sup>/yıl kısmını kızgın yağ kazanlarından dolaylı olarak ram makinaları tüketmiştir.

***Yanma randımanı – kazan ısı randımanı farkından kaynaklanan tasarruf:***

$1.333.000 \times \% 10 = 133.300 \text{ m}^3 / \text{yıl}$  doğal gaz yapmaktadır.

**Enerji değeri** =  $133.300 \times 8.250 = 1.099.725.000 \text{ kcal} / \text{yıl}$

**TEP değeri** =  $1.099.725.000 / 10.000.000 = 109,9 \text{ TEP} / \text{yıl}$  ( doğal gaz ) olmuştur.

Doğal gaz fiyatını 0,37 \$/m<sup>3</sup> olarak kazan sistem randıman farkından tasarruf edilen parasal miktar yılda 133.300 m<sup>3</sup> doğal gaz alınarak:

**Parasal Miktar:**  $133.300 \times 0,37 = 49.321 \text{ $/yıl}$  olarak bulunmuştur.

### 5.8.2.Pompa ve Fan Kaybı Tasarruf Hesabı

İki adet kızgın yağ kazanının devre dışı bırakılması ile sirkülasyon ve fan motorları:

( 37 + 18,5 ) = 55,5 kW lık kurulu ve % 70 işletme gücünde  $0,70 \times 55,5 = 38$  kW lık güç kazanılmıştır. Yıllık çalışma saati yıl için tek kazan çalışması 5.692 saat olduğundan enerji karşılığı:

$$38 \times 5.692 = 216.200 \text{ kWh olarak bulunmuştur.}$$

Buna karşılık direkt bürülörlerde 38 adet 0,37 kW lık güç ram makinalarına ilave olmuştur.

$$38 \times 0,37 = 14 \text{ kW' lık güç; yıllık 2.276 saat çalışmada}$$

$$14 \times 2.276 = 31.800 \text{ kWh ve buradan}$$

**Yıllık net elektrik tasarrufu:**  $216.200 - 31.800 = 184.400 \text{ kWh / yıl.}$

Elektrik 2.400 kcal / kWh alındığından:

$$\text{Enerji değeri: } 184.400 \times 2.400 = 442.560.000 \text{ kcal}$$

$$\text{TEP karşılığı} = 442.650.000 / 10.000.000 = 44.2 \text{ TEP / yıl ( elektrik )}$$

$$\text{Yıllık tasarruf bedeli ise } 0,06 \times 184.436 = 11.060 \text{ \$ /yıl bulunur.}$$

### 5.8.3. Termik Yağ Tasarruf Hesabı

Yağ kazanlarında kullanılan yağların takriben 4 yılda değiştirildikleri göz önüne alınırsa 1 kazanın devre dışı kalmasıyla 4 yılda 280 varil, yıllık 12.600 kg yağ değişim masrafı olmayacaktır. Yağ fiyatı 0,5 \$ /kg alınarak:

$$\text{Yıllık Tasarruf Bedeli: } 12.600 \times 0,5 = 6.300 \text{ \$ / yıl olarak bulunmuştur.}$$

### 5.8.4. İzalasyon Kayıpları İle İlgili Tasarruf Hesabı

1 adet yağ kazanının devre dışı edilmesiyle bu kazana ait hat kaybı önlenmiş olacaktır. İzalasyonlu borularda saatlik enerji kaybı tablolar yardımı ile 128.500 kcal/h bulunmuştur. Yıllık çalışma saatiyle çarpılarak:

$$\text{Enerji Kazancı: } 128.500 \times 5.692 = 731.422.000 \text{ kcal / yıl}$$

ve buradan da

**Yıllık Doğal Gaz Tasarrufu:**  $731.422.000 / 8.250 = 88.860 \text{ m}^3 / \text{yıl}$  doğal gaz bulunmuştur.

**TEP değeri:**  $88.860 \times 8.250 / 10.000.000 = 73,3 \text{ TEP} / \text{yıl}$  ( doğal gaz )

**Parasal karşılığı:**  $88.860 \times 0,37 = 11.550 \text{ \$} / \text{yıl}$  olarak hesaplanmıştır.

### **5.8.5. Kızgın Yağ Kazanlarının Duruş ve Kalkış Nedeniyle Ön Isıtma Kayıpları Hesabı**

Fabrikadaki termik yağ kazanları yılda ortalama 70 kez duruş – kalkış yapmaktadır. Her duruş kalkıştan sonra yağın işletme sıcaklığına ulaşması için ortalama 50 dakika bürülörün alçak alev pozisyonunda ısıtma yapılmaktadır. Bu her duruş kalkış için takribi 2.000.000 kcal enerji karşılığı doğal gaz kaybı anlamına gelmektedir.

Duruş kalkış ısıtma kalori değeri randıman ve doğal gaz kalorisine bölünerek:

$60 \times 2.000.000 / 0,80 \times 8.250 = 18.180 \text{ m}^3 / \text{yıl}$  doğal gaz kayıp olmaktadır.

**Enerji değeri:**  $18.180 \times 8.250 = 149.985.000 \text{ kcal} / \text{yıl}$

**TEP değeri:**  $149.985.000 / 10.000.000 = 14,9 \text{ TEP} / \text{yıl}$  ( doğal gaz ) olup,

**Parasal karşılığı:**  $18.180 \times 0,37 = 6726 \text{ \$} / \text{yıl}$  olarak bulunmuştur.

Ayrıca her duruş kalkışta 37 kW'lık sirkülasyon pompası 3 saat fazladan devrede kalmaktadır. Bunun ortadan kalkmasıyla elektrik kazancı  $60 \times 3 \times 37 = \underline{6.660 \text{ kWh/yıl}}$  olacaktır.

**Enerji değeri:**  $6.660 \times 2.400 = 15.984.000 \text{ kcal} / \text{yıl}$

**TEP karşılığı:**  $15.984.000 / 10.000.000 = 1,6 \text{ TEP} / \text{yıl}$  ( elektrik )

**Yıllık tasarruf bedeli:**  $0,06 \times 6.600 = 396 \text{ \$} / \text{yıl}$  bulunur.

***Bu durumda ram makinalarının yıllık toplam tasarruf değeri:***

$109 + 73,3 + 14,9 = 197 \text{ TEP} / \text{yıl}$  ( doğal gaz )

$44,2 + 1,6 = 45,8 \text{ TEP} / \text{yıl}$  ( elektrik )

**Toplam tasarruf miktarı:**

153.425+ 49.321 + 11.060+ 11.550 + 6726 + 396 = 232.478 \$ / yıl bulunur.

Buradan hareketle 4 numaralı ram makinası için 1/4 değerleri;

**49,3 TEP / yıl** ( 40.700 m<sup>3</sup> / yıl doğal gaz )

**11,4 TEP/ yıl** ( 47.700 kWh elektrik ) karşılığında

**232.478 / 4 = 58.119 \$ / yıl** parasal tasarruf sağlanmıştır.

**4 numaralı ram makinasında doğal gaz dönüşüm yatırım tutarı = 61.000 \$**

olmuştur.

**Geri ödeme süresi= 61.000 / 58.119 = 1.04 yıl ( 13 ay )** olmuştur.

**5.9. Hava Kompresörlerinin Soğutma Havaalarının İşletmede Isıtma Amaçlı Kullanımı Uygulaması**

Boyahane yanında bulunan kompresör odasındaki hava soğutmalı, vidalı kompresörlerin soğutma havasındaki enerji havaya atılmakta idi.Yapılan 48 metre 600 mm çapında hava kanalı sayesinde soğutma havası, kalite kontrol dairesinin ısıtılmasında kullanılmaya başlanmıştır.

Bahsedilen kompresör dairesinde 2 adet 160 kW, 1 adet 110 kW ve 1 adet 37 kW kompresör bulunmakta olup, bunların rolanti süreleri hariç tam yükte çalışma süreleri sırasıyla 2 x 3.250, 2.300 ve 1.000 saat / yıldır.

Kompresör enerjisinin radyasyon hariç % 94 nün soğutma kaybı olduğu ve çekilen tesisatla % 90'ından istifade edildiği kabul edilmiştir [45]. 7 aylık döneme tekabül eden enerjisini:

GA 160 kompresör için	7 / 12 x 3.250 x 2 x 160 x % 90	= 546.000 kWh
GA 111 kompresör için	7 / 12 x 2.300 x 110 x % 90	= 132.800 kWh
GA 37 kompresör için	7 / 12 x 1.000 x 37 x % 90	= 19.400 kWh

**Toplam olarak:** 698.200 kWh lık ısı enerjisi kazanımı bulunmuştur.

1 kWh 'lik elektrik enerjisinin tüketim ısı karşılığı 860 kcal / kWh olduğundan  
 $860 \times 698.200 = 600.450.000$  kcal / yıl ısı kazancı buhar olarak bulunur.

Bu enerjinin doğal gaz karşılığı, buhar kazanı randımanı % 80, ve doğal gaz kalori değeri 8.250 kcal / m<sup>3</sup> alınarak:

$$600.450.000 / ( 0,8 \times 8.250 ) = 90.980 \text{ m}^3 / \text{yıl doğal gaz ve}$$

**TEP değeri:**  $90.980 \times 8.250 / 10.000.000 = 75$  TEP / yıl olmuştur.

( tasarruf edilen kısım doğrudan elektrik enerjisi olmadığından 2.400 kcal / kW değeri kullanılmamıştır. )

parasal tutarı doğal gaz fiyatı 0,37 \$ / m<sup>3</sup> alınarak:

**Parasal Tutarı:**  $90.980 \times 0,13 = 33.662$  \$ / yıl olmuştur.

(Isıtılan alan 1.915 m<sup>2</sup> olup yükseklik 2,5 m ve hacim : 4787,5 m<sup>3</sup> olup hacmin ortalama % 70 doluluğuna göre ısıtmaya esas hacim 3351.25 m<sup>3</sup> ve buharla ısıtılması için verilmesi gereken özgül enerjinin 25 kcal/ m<sup>2</sup> / h olduğu ve bunun 15 kcal/ m<sup>2</sup> / h in salonda çalışan makinalardan sağlandığı kabulü ile net özgül enerji ihtiyacının 10 kcal/ m<sup>2</sup> / h olacağı göz önüne alınarak

Yılda 200 gün , 24 saatten yılda gerekli olacak ısıtma enerjisi

$$10 \times 14.350 \times 200 \times 24 = 688.800.000 \text{ kcal / yıl buhar karşılığı olacaktır. )}$$

**Projenin yatırım tutarı=** 5.300 \$ ve

**Geri ödeme süresi =**  $5.300 / 33.662 = 0,15$  yıl ( 2 ay ) olmuştur.

### 5.10. Hava Fanlarında Kasnak Tadilatı Projesi

İşletme incelendiğinde; aşağıda belirtilen noktalardaki hava fanı ve aspiratörlerde işletme ve bakım sorunlarından dolayı kasnak çapı ve yataklama tadilatı yapılması gereği ortaya çıkmıştır.

- Dokuma klima hava basıncının yüksek olduğu ve bunun uçuşmaya neden olması yanında enerji kaybına sebebiyet verdiği anlaşıldığından hava vantilatörlerine ait kasnak çapları değiştirilmiştir.



3 adet klima santralının her birinde 2 şer adet olmak üzere toplam 6 adet klima vantilatörlerinde kasnak değişimi öncesi ve sonrasına ait yapılan ölçümlerde saatte 44 kW güç tasarrufu yapıldığı anlaşılmıştır.

*Son bir yılda dokuma klima çalışma saatleri şu şekilde olmuştur.*

I. klima çalışma süresi 5.474 saat,

II. klima çalışma süresi 7.506 saat

III. klima çalışma süresi 8.276 saat olmuştur.

Ortalama çalışma süresi ise  $(5.474 + 7.506 + 8.276) / 3 = 7.085$  saat / yıl olduğundan

**Dokuma klima ünitesinde tasarruf edilen enerji son 1 yılda:**

$44 \times 7.085 = 311.700$  kWh / yıl olmuştur.

- Haşıl makinaları baca aspiratörlerinin sık sık yatak rulman dağıtması sorununa çözüm olarak, yataklama sistemin değiştirilmesi aksiyal tip rulman yerine radyal tip rulman kullanımına göre dizayn değişikliğine gidilmiş, bununla birlikte yatak devrini düşürmek için kasnak çapları da değiştirilmiştir.

Dokuma 1 ünitesi 1. Haşıl makinalarında 2 adet

Dokuma 2 ünitesi Halat boya 1, 2 nolu makinalarında 4 adet

1.2.3. numaralı sanforlarda 10 adet

olmak üzere toplam 16 adet baca fanında yatak ve kasnak çapı değişikliğine gidilmiş ve yılda ortalama 2 olan rulman değişimi 1 adet / yıl'a düşmüştür. Bunun sonucunda çekilen elektrik gücünün de düştüğü gözlenmiştir. Böylece her bir fan için ortalama 1,33 kW tasarruf sağlandığı gözönüne alındığında son 1 yılda makina çalışma saatleri ile miktar çarpılarak:

**1. Haşıl Makinesi:**  $2.800$  saat / yıl  $\times 2 \times 1,33$  kW =  $7.450$  kWh

**1 ve 2 nolu Halat Boya Makinası**  $7.000$  saat / yıl  $\times 4 \times 1,33$  kW =  $37.240$  kWh

**1.2. ve 3. Sanfor Makinaları**  $11.000 \text{ saat / yıl} \times 10 \times 1,33 \text{ kW} = 146.300 \text{ kWh}$

**Toplam:** 190.990 kWh olarak bulunmuştur.

Her iki kısımda son 1 yılda toplam  $311.700 + 190.290 = 502.600 \text{ kWh}$  tasarruf sağlanmıştır. TEP karşılığı 1 kWh: 2.400 kcal alınarak:

**TEP:**  $502.690 \times 2.400 / 10.000.000 = 121 \text{ TEP / yıl}$  bulunur.

**Elektrik enerjisi birim fiyatı 0,06 \$/kWh olarak yıllık tasarruf bedeli:**

**Elektrik enerjisi yıllık tasarruf bedeli:**  $0,06 \times 502.690 = 30.100 \text{ \$ / yıl}$  olmuştur.

Ayrıca değişimi azalan 16 adet rulman için de  $500 \text{ \$ / yıl}$  tasarruf sağlanmıştır.

**Toplam Tasarruf :**  $30.100 + 500 = 30.600 \text{ \$ / yıl}$

**Yatırım maliyeti:** 2.700 \$ 'dır.

**Geri ödeme süresi:**  $2.700 / 30.600 = 0,09 \text{ yıl ( 1,1 ay )}$  olmuştur.

### 5.11 Kojenerasyon Buhar Kazanları Sistem Randımanı Artırma Çalışması

Plakalı eşanjör sayesinde kojenerasyon ünitesindeki kazan sisteminde ekonomizer giriş sıcaklığını düşürerek ekonomizer performansını artırmak ve hem de degazör enerjisinden istifade etmek suretiyle ısı kazanımı uygulanmıştır (Şekil 5.11).



**Şekil 5.8 : Kojenerasyon Ekonomizer Tesisi**

Baca gazı sıcaklığını düşürerek kojenerasyon sistem randımanını yükseltme çalışmalarları için normalde 0,2 barda 105 °C sıcaklıkta çalışan degazörden temin edilen kazan besisi suyunun basılmasında kullanılan iki adet kazan besisi pompasıyla kazan ekonomizerleri arasına yerleştirilen plakalı eşanjörler sayesinde ekonomizer girişinde 105 °C olan sıcaklık 70 °C ye düşürülmüş ve aradaki ısı farkı sekonder taraftan geçen soğuk suya aktarılarak sıcak su sağlanmıştır.

Bu durumda mevcut ekonomizer gücü 1.537.000 kcal / h iken 2.152.000 kcal / h değerine çıkmış olup baca gazı sıcaklığı da 155 °C den 145 °C'ye düşmüştür.

### ***Ekonomizer performans artışı hesabı:***

Ekonomizer su giriş, çıkış sıcaklık farkı

Çalışma öncesinde  $165 - 105 = 60$  °C iken

İyileştirme sonrasında ekonomizer giriş sıcaklığının 70 °C ye düştüğünde çıkış sıcaklığı 155 °C oldu. Dolayısıyla fark sıcaklık  $155 - 70 = 85$  °C ye ulaşmış oldu.

Her iki kazanda toplam su debisi 25 ton / h olduğundan

165 °C kızgın su entalpisi 166,5 kcal / kg

155 °C kızgın su entalpisi 156,1 kcal / kg alınarak

#### **Çalışma öncesi ekonomizerlerin gücü:**

$25.000 \times (166,5 - 105) = 1.537.000$  kcal / h iken

#### **Çalışma sonrası ekonomizerlerin gücü:**

$25.000 \times (156,1 - 70) = 2.152.000$  kcal / h 'e yükselmiştir.

Dolayısıyla ekonomizerde  $2.152.000 - 1.537.000 = 615.000$  kcal/h 'lik güç artışı gerçekleşmiştir.

İlave sistemle alınan toplam enerji miktarı, plakalı eşanjörden alınan enerjiden kazan buhar üretim düşüşü farkı kadar eksik olacaktır.

#### **Kazan buhar üretim düşüşü:**

165 °C ile 155 °C kızgın su enerjileri arasında fark olduğundan

$25 \times (166,5 - 156,1) = 260.000 \text{ kcal / h}$  değerinde fark olduğundan tam kapasitede buhar üretiminde bu enerjiye karşılık gelen miktarda azalma olacaktır.

***Sistemden alınan toplam enerjinin hesabı:***

**a) Plakalı eşanjörde alınan enerji:**

105 °C den 70 °C ye düşen suyun ısısı soğuk suya verildiği takdirde

25 ton besleme suyu enerjisi

$(105 - 70) \times 25.000 = 875.000 \text{ kcal/h}$ , % 95 randımanla 20 °C suya verilerek

$875.000 \times 0,95 / (90 - 20) = 11,88 \text{ t/h}$

11,88 t/h soğuk su 20 °C den 90 °C sıcaklığa yükseltilebilir.

Plakalı eşanjörde  $875.000 \times 0,95 = 831.250 \text{ kcal/h}$  artış sağlanmış olur.

**Buhar Kazancı :**  $831.250 / 662.000 = 1,26 \text{ ton/h}$  buhar kazancı demektir.

**b) Buhar Üretim Düşüşü:**

Kazana giren ve 165 °C den 155 °C ye düşen besleme suyu

$(165 - 155) \times 25.000 = 260.000 \text{ kcal/h}$  enerji kaybeder.

Bu da  $260.000 / 662.000 = 0,393 \text{ ton/h}$  buhar kaybı demektir.

Demek ki toplam kazanılan enerjinin buhar karşılığı  $1,26 - 0,393 = 0,863 \text{ ton / h}$  olacaktır.

Tam kapasite şartlarında, yılda 7.700 saat çalışmada

$0,863 \times 662.000 \times 7.700 = 4.400.000.000 \text{ kcal / yıl}$  buhar olarak

Bu enerjinin doğal gaz karşılığı ise, buhar kazanı randımanı % 80, ve doğal gaz kalori değeri 8.250 kcal / m<sup>3</sup> alınarak:

**Doğal Gaz Tasarrufu:**  $4.400.000.000 / (0,8 \times 8.250) = 666.600 \text{ m}^3 / \text{yıl}$  doğal gaz tasarrufu sağlanmış olacaktır.

**TEP karşılığı:**  $666.600 \times 8.250 / 10.000.000 = 550 \text{ TEP / yıl}$  olacaktır.

Parasal olarak ise doğal gaz fiyatı 0,37 \$ / m<sup>3</sup> alınarak

**Parasal olarak:**  $666.600 \times 0,37 = 246.642 \text{ \$ / yıl}$  tasarruf sağlanmış olacaktır.

**Yatırım tutarı:** 10.200 \$ ve

**Geri ödeme süresi:**  $10.200 / 246.642 = 0,04$  yıl (0,5 ay) olmuştur.

### 5.12. Kostik Geri Kazanım Ünitesi Uygulaması

Fabrikada denim terbiye ve boya terbiye işletmesi mersezasyon bölümlerinden işlem sonrası flote olarak % 4 konsantrasyonlu kostik çözeltisi kanala atılmaktaydı. “Kostik geri kazanım ünitesi” sayesinde bu atık değerlendirilerek işlem sonucu kullanılabilir duruma gelmektedir. Bu çalışma ile esasen enerji tasarrufundan ziyade kimyasal atık geri dönüşümü hedeflenmiştir. Dolayısıyla tasarruf karşılığı enerji kaynağı olarak ifade edilmemiştir.

Söz konusu % 4 konsantrasyonlu kostik çözeltisi kostik geri kazanım ünitesinde buhar ile ısıtılarak çözelti içindeki su buharlaştırılmak sureti ile % 32 konsantrasyonlu 38 Bome kostik elde edilmektedir. Elde edilen bu kostik, denim - terbiye işletmesi ve mersezasyon bölümlerinde tekrar kullanılmaktadır. Bu işlem esnasında 25.150 kg /h kullanılmış kostiği işleyerek 3.325 kg /h geri kazanılmış kostik elde edilmektedir. Bunun için 7.450 kg /h buhar kullanılmakta 70,5 m<sup>3</sup> /h debide 60 °C sıcak su 22 m<sup>3</sup>/h debide 98 °C kondensat suyu elde edilmektedir. Elde edilen 22 m<sup>3</sup> / h kondensat suyu merzeze makinasında yıkama suyu olarak kullanılmaktadır. Soğutma suyu ise bir diğer başlık altında sunulduğu şekilde fabrika geneline hat çekilerek kullanılmaya başlanmıştır.

Kostik geri kazanım ünitesinde bir yıl içinde 750 saat çalışma saati içinde 13.480 m<sup>3</sup> atık kostikli su işlenerek 848 m<sup>3</sup> ( 1.154 ton ) kostik elde edilmiştir. Dönem içinde  $7,45 \times 750 = 5.587$  ton buhar ve  $21 \text{ kW} \times 750 = 15.750$  kWh elektrik harcanmıştır.

Kostik fiyatı 240 \$ / ton olduğundan  $240 \times 1.154 = 276.900$  \$ / yıl kazanç sağlamış, buna karşılık buhar fiyatı işletme açısından 7 \$ / ton, elektrik fiyatı 0,06 \$ / kWh alınarak:

$7 \times 5.587 + 0,06 \times 15.750 = 40.000$  \$ / yıl masraf yapılmıştır.

O halde yıllık toplam getirisi  $276.900 - 40.000 = 236.900$  \$ / yıl olmuştur.

**Yatırım Maliyeti:** 525.000 \$ olduğundan

**Geri ödeme süresi:**  $525.000 / 236.900 = 2,21$  yıl olmuştur.



**Şekil 5.9 : Kostik Geri Kazanım Tesisi**

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan uzun süreli etüt maliyet, proses planlaması çalışması sonucunda karar verilerek uygulanmış olan enerji tasarrufu çalışmalarından elde edilen kazanımlar aşağıda belirtilmiştir. Özellikle tekstil sektörü enerji çeşitliliği ve yoğunluğu açısından tasarruf çalışması yapılabilecek sektörlerin arasındadır. Yapılan uygulama çalışmalarının üretim hattının yoğunluğuna göre planlanması ve yatırımın geri ödeme süresine göre değerlendirilmesi üst yönetimin onayı açısından önemlidir.

Yapılan iyileştirme sonucunda elde edilen enerji tasarrufu, yapılan yatırımın elde edilen kazanımlara bağlı olarak geri ödeme süreleri herbir işlem için aşağıda maddeler halinde özetlenebilir:

### *İzolasyon çalışmaları sonucunda elde edilenler:*

Yapılan çalıştırmalar sonucunda izolasyonu eksik veya bozuk olarak tespit edilen sıcak su tesisatları cam yünü ile izole edilerek, üzerlerine galveniz sac kaplaması yapılmıştır. Buhar hatları taş yünü ile izole edilerek üzerlerine galveniz sac kaplaması yapılmıştır. Vana ve flanşlarda izolasyonlu vana ceketleri ile izolasyon sağlanmıştır.

Toplam tasarruf değeri	1.180 TEP / yıl
Yatırım bedeli	75.500 \$
Tasarrufun parasal karşılığı	529 026 \$ / yıl
Geri ödeme süresi	0,14 yıl (1.7 ay)

### *Kondensat geri dönüş miktarlarının artırılması sonucunda elde edilenler:*

Yapılan çalıştırmalar sonucunda kondens dönüşleri eksik ve yetersiz makineler tespit edilip kondens hatlarında gerekli düzenleme yapılarak kondens dönüşü oranı artırılmıştır.

Toplam tasarruf değeri	240.3 TEP / yıl
Yatırım bedeli	24.900 \$
Tasarrufun parasal karşılığı	106.896 \$ / yıl
Geri ödeme süresi	0,23 yıl (3 ay)

***Buhar kazanları blöf suları ısılarının değerlendirilmesi sonucunda elde edilenler:***

Yapılan çalıştırmalar sonucunda kazan dairesinde kanala giden blöf eşanjörlerde toplanarak kazan besleme suyu ön ısıtmasında kullanılarak enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Toplam tasarruf değeri	369 TEP / yıl
Yatırım bedeli	19.800 \$,
Tasarrufun parasal karşılığı	165.390\$ / yıl
Geri ödeme süresi	0,11 yıl ( 1,5 ay )

***Flaş buharların değerlendirilmesi sonucunda elde edilenler:***

Kondens tanklarından atmosfere atılan flaş buharlar ısı ve rutubet açısından iklimlendirme yapılan klima santrallerinde kullanılarak enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Toplam tasarruf değeri	278TEP / yıl
Yatırım bedeli	1 5.700\$,
Tasarrufun parasal karşılığı	123.445\$ / yıl
Geri ödeme süresi	0,127 yıl ( 1,5 ay )

***Akışkan kazanların boru değişimi sonucunda elde edilenler:***

Akışkan yataklı kazanların alev duman borularındaki tıkanmalar sonucunda buhar kapasitesinde düşeme miktarının azaltılması için alev duman boruları değiştirilerek kazan randımanı artırılmıştır.

Toplam tasarruf değeri	163TEP / yıl
Yatırım bedeli	17.900\$,
Tasarrufun parasal karşılığı	15.855\$ / yıl



Geri ödeme süresi

1.12 yıl ( 13.5 ay )

***Su tüketimlerinin makina bazında ölçülerek kontrolü ve soğutma sularının geri dönüşünün sağlanması sonucunda elde edilenler:***

İşletmelerdeki su sarfiyatlarının kontrol altına alması amacıyla makinalara sayac bağlanmış ayrıca boşa giden soğutma sularıda yapılan tesisatla sisteme geri döndürülmüştür.

Toplam tasarruf değeri	88,8TEP / yıl
Yatırım bedeli	40.000\$,
Tasarrufun parasal karşılığı	35.300\$ / yıl
Ödeme süresi	1.14 yıl ( 14 ay )

***Kostik geri kazanım ünitesinden sıcak su kazanımı sonucunda elde edilenler:***

Kostik geri kazanım ünitesinde tesisin kuruluşu ile birlikte kostiği soğutan soğutma suyu kanala atılıyordu, yapılan eşanjör sistemi ile atılan sıcak sudan ısı geri kazanımı sağlanmıştır.

Toplam tasarruf değeri	273TEP / yıl
Yatırım bedeli	53.400\$
Tasarrufun parasal karşılığı	123.186\$ / yıl
Geri ödeme süresi	0,43 yıl (5.2 ay)

***Ram makinalarının kızgın yağlı ısıtma sisteminden doğal gazlı ısıtma sisteminedönüşümü sonucunda elde edilenler:***

Kızgın yağlı eşanjörle çalışan ram makinelerinde performans düşüklüğü görüldüğünden yapılan çalışma sonucunda doğal gazlı ısıtma sistemine geçilerek enerji tasarrufu ve performans artışı sağlanmıştır.

Toplam tasarruf değeri	60.7 TEP / yıl
Yatırım bedeli	61.000 \$,
Tasarrufun parasal karşılığı	58.119\$ / yıl
Geri ödeme süresi	1.04 yıl (13 ay)

***Hava kompresörlerinin soğutma havalarının işletmede ısıtma amaçlı kullanımı sonucunda elde edilenler:***

Hava soğutmalı vida ve kompresörlerin soğutma havasındaki enerji kanal tesisatı yapılarak kalite kontrol dairesinin ısıtılmasında kullanılarak enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Toplam tasarruf değeri	75 TEP / yıl
Yatırım bedeli	5.300\$,
Tasarrufun parasal karşılığı	33.662\$ / yıl
Geri ödeme süresi	0,15 yıl (2 ay)

***Hava fanlarında kasnak tadilatı sonucunda elde edilenler:***

Hava fanlarında kasnak tadilatı yapılarak güç ve enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Toplam tasarruf değeri	121 TEP / yıl
Yatırım bedeli	2.700\$,
Tasarrufun parasal karşılığı	30.600\$ / yıl
Geri ödeme süresi	0,09 yıl (1,1 ay)

***Kojenerasyon buhar kazanları sistem randımanı artırma çalışması sonucunda elde edilenler:***

Kojenerasyon ünitesindeki kazan sisteminde ekonomizer giriş sıcaklığı düşürülerek ekonomizerin performansı artırıldığı gibi degazör enerjisinden istifade etmek suretiyle ısı geri kazanımı sağlanmıştır.

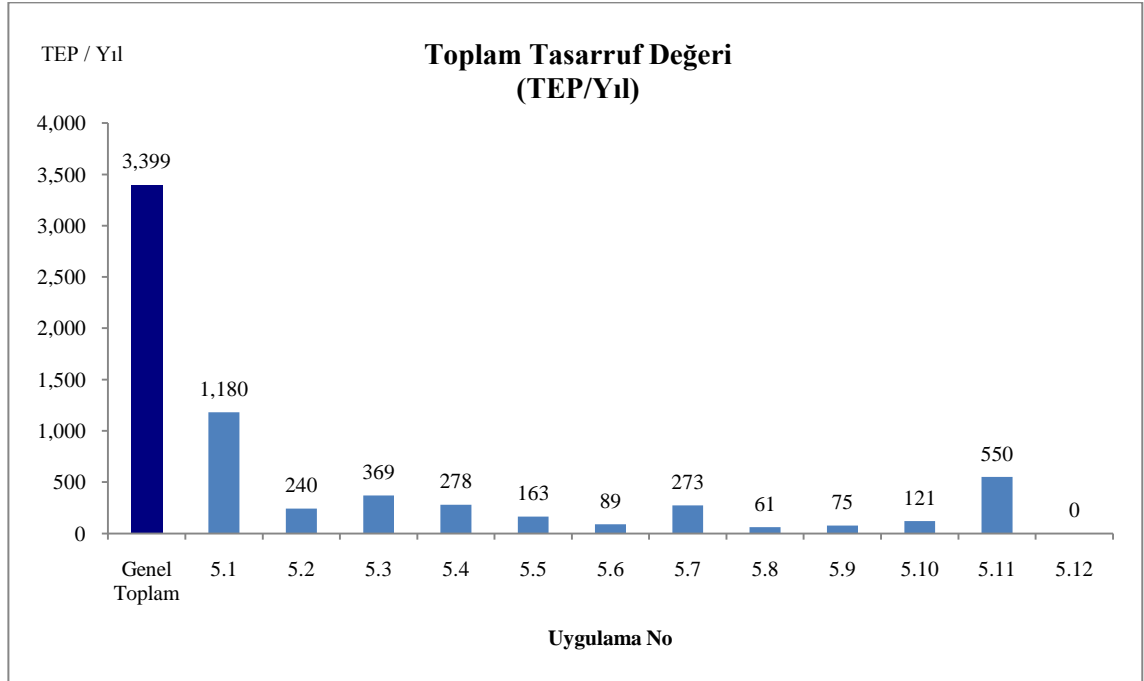
Toplam tasarruf değeri	550 TEP / yıl
Yatırım bedeli	10.200 \$,
Tasarrufun parasal karşılığı	246.642\$ / yıl
Ödeme süresi	0,04 yıl (0,5 ay)

***Kostik geri kazanım ünitesi kostik geri kazanımı çalışması sonucunda elde edilenler:***

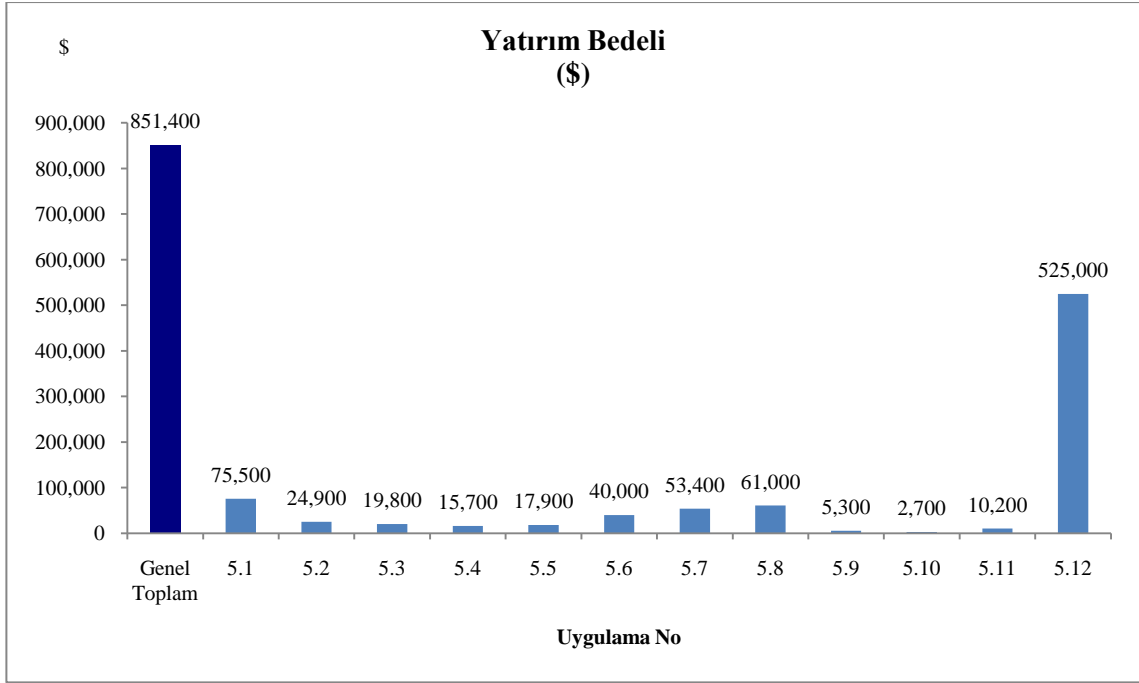
Boya ve terbiye işletmelerinde merserizasyon sonrasında kanala atılan konsantrasyonlu kostik çözeltisi, kostik geri kazanım ünitesi kurularak geri kazanılmıştır.

Toplam tasarruf değeri	TEP / yıl
Yatırım bedeli	525.000 \$,
Tasarrufun parasal karşılığı	236.900 \$ / yıl
Ödeme süresi	2,21yıl

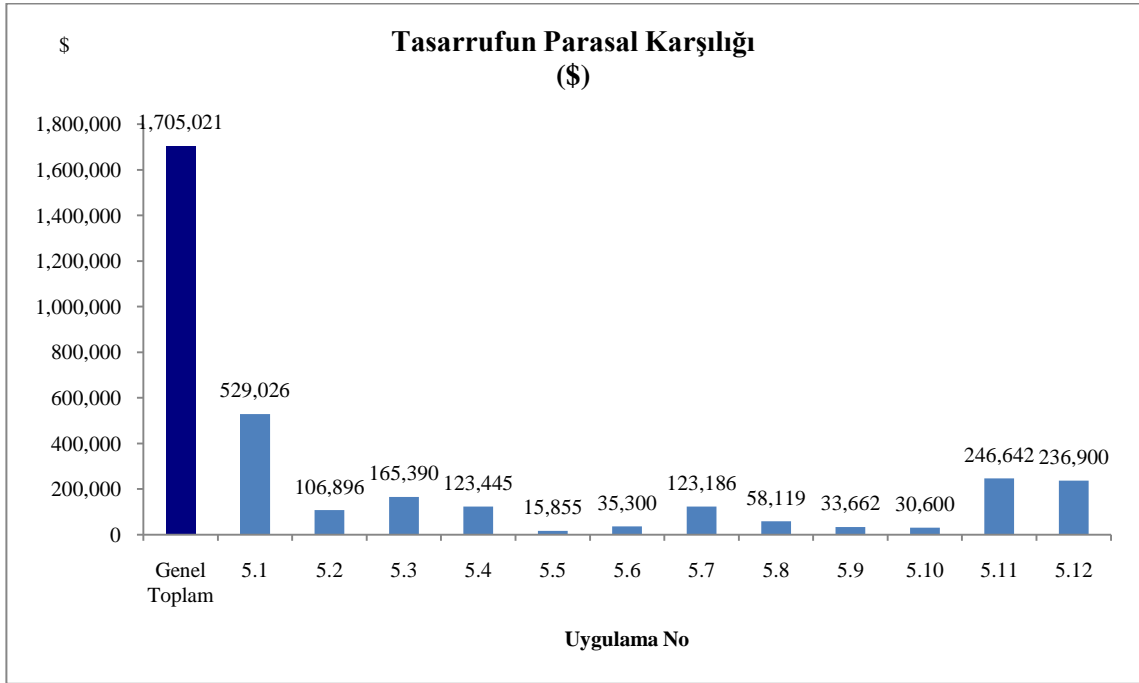
Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen tasarruf miktarları, yatırım bedelleri, tasarrufun parasal karşılığı ve amortisman süresi aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.



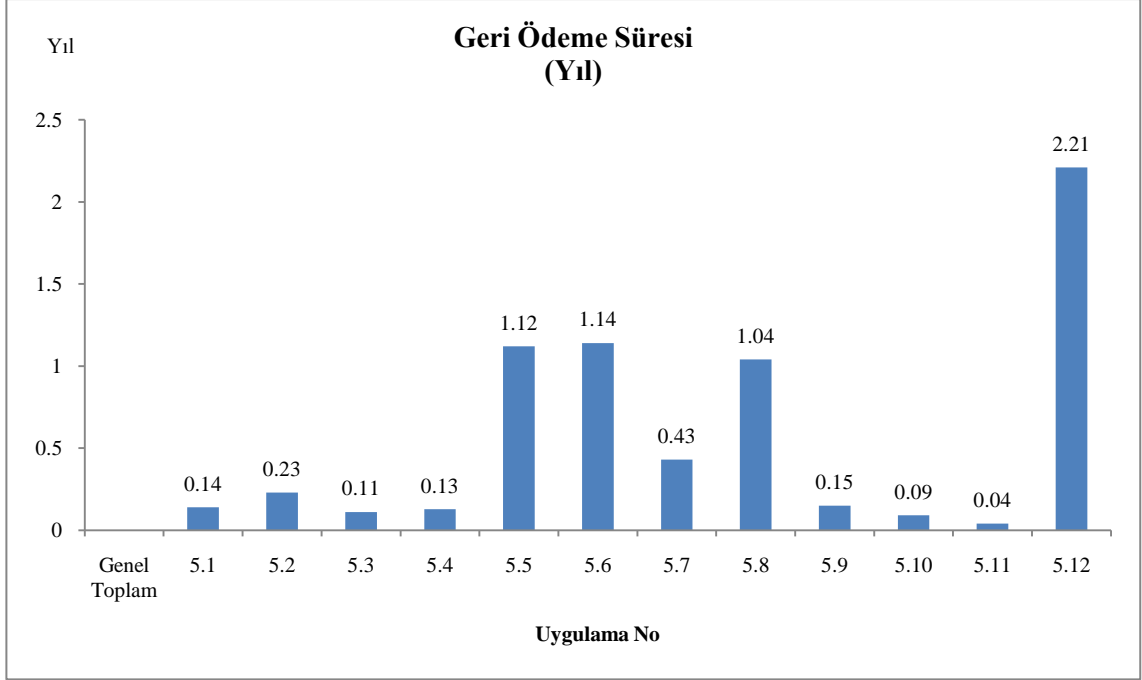
**Şekil 6.1** : Uygulamalara Göre Toplam Tasarruf Değeri (TEP/Yıl)



**Şekil 6.2** : Uygulamalara Göre Yatırım Bedeli (\$)



**Şekil 6.3** : Uygulamalara Göre Tasarrufun Parasal Karşılığı (\$)



**Şekil 6.4** : Uygulamalara Göre Geri Ödeme Süresi (Yıl)

#### GENEL TOPLAM

<b>Toplam tasarruf değeri :</b>	3.369 TEP/ yıl
<b>Yatırım bedeli:</b>	851.400 \$
<b>Tasarrufun parasal karşılığı:</b>	1.704.691 \$ / yıl
<b>Buna karşılık tasarruf enerjisinin fabrikaların toplam enerjisi içindeki payı (tasarrufun % si )</b>	% 15,65
<b>12 adet tasarruf projesinin toplam ortalama geri ödeme süresi: 2,8 ay olmuştur.</b>	

## ÖNERİLER

- Genel müdürden başlayarak, her çalışana enerji ekonomisinin gereği anlatılmalı ve konuya inanmaları ve sahip çıkmaları sağlanmalıdır.
- Her türlü enerji kullanımı hassas olarak ölçülmeli ve kaydedilmelidir. Ölçüm sonuçları dikkatle incelenmeli ve enerji kullanımının azaltılabileceği ve/veya iyileştirilebileceği noktalar saptanmalıdır.
- Daha yeni ve uygun teknikler araştırılarak verim artırılmalıdır.
- Her yenilik ve değişikliğin enerji kullanımındaki etkileri izlenmelidir.
- Enerji yönetimi çalışmalarından amaç, enerjinin daha ucuz kaynaklar ve/veya daha verimli üretim yöntemleri ile ikamesi, yani kullanılan enerjinin kapital, bilgi, malzeme ve işçilik gibi daha ucuz hale gelmiş kaynaklardan yararlanılarak minimuma indirgenmesidir. Bu da ancak dikkatli ve sürekli bir çalışma ile sağlanabilir.

## 7. KAYNAKLAR

- [1] Bildir, O., Bora, C., ve oğal, İ. , “4 Nolu imento Değirminde Spesifik Enerji Tüketiminin Düşürülmesi”, Bursa imento Fabrikası A.Ş.,EİE proje Sunumu, 2003.
- [2] Bayer , R. , “Klinker Üretiminde Elektrik Enerjisinin Verimli Kullanılması”, Akçansa imento sanayi ve ticaret A.Ş. Çanakale fabrikası, EİE proje sunumu ,2003.
- [3] Bayır, M., Tırnavalı, E. ve Saraçoğlu, M., *Brülör Değişimi Ve Proses Optimizasyonu ile Enerji Tasarrufu*”, İpek kağıt sanayi ve ticaret A.Ş. ,“EİE proje Sunumu,2003.
- [4] Koldaş , C. , Adaklı E, “Bina Otomasyon Sistemi”, Ford Otosan Kocaeli Fabrikası, EİE proje sunumu, 2002.
- [5] Bingöl , E., “Elyaf lama Hava Basınçlarının Düşürülerek Kompresörlerde Enerji Tüketiminin Azaltılması”, İzocam Ticaret ve Sanayi A.Ş. Gebze taş yünü tesisi,EİE proje Sunumu, 2003.
- [6] Duman , H. , Ünal,A. , “Enerji Tasarrufu”, Borucu , A., Arçelik A.Ş., EİE proje Sunumu, 2002.
- [7] “Mikser Verimlilik Artırma Projesi”, Brisa A.Ş.,EİE proje sunumu,2002.
- [8] Gökaltay, C.,“imento Değirmeni’ne Roller Pres Ve V-Seperatör İlavesi İle Öğütme Optimizasyonu”, Akçansa Büyükçekmece imento fabrikası, EİE Proje Sunumu, 2001.
- [9] Gür, O. , “imento değirmenlerinde Enerji Tasarrufu Sağlanması ve Bakım Maliyetlerinin Azaltılması”, Nuh imento A.Ş., EİE Proje Sunumu , 2001.

- [10] Gökaltay , C., “*Döner fırın atık sıcak gazının Katkı değirmeninde kullanılması*”, Akçansa çimento sanayi ve ticaret A.Ş. , Büyükçekmece çimento fabrikası , EİE Proje Sunumu , 2000.
- [11] Demirel, F. , “*Fabrikadaki Enerji Yönetim Etkinliği*”, Ereğli demir çelik A.Ş., EİE Proje Sunumu , 2003.
- [12] Bildir,O. , “*Isı Geri Kazanım Tesisi*”, Bursa çimento fabrikası A.Ş. , EİE Proje Sunumu , 2002.
- [13] Bildir, O. , “*Kompresör Dairesi Modifikasyonu*”, Bursa çimento fabrikası A.Ş. , EİE Proje Sunumu , 2002.
- [14] Uslu, Y. , “*Kabin Hava Balansının Elektronik Motor Sürücü İle Yapılması*”, Tofaş otomobil fabrikası A.Ş., EİE Proje Sunumu, 2002.
- [15] Akdoğan, H. , “*Isı Santralinde Sağlanan Kömür Ve Elektrik Tasarrufu*”, Çankırı silah fabrikası müdürlüğü , EİE Proje Sunumu, 1998.
- [16] Erdem, A. , “*Alüminyum Bekletme Ocakları Elektrik Tasarrufu Projesi*”, Döktaş dök. san. ve tic.A.Ş., EİE Proje Sunumu , 2000 .
- [17] Çetin, S. , “*Merkezi Sistem Hidrolik Ünite Projesi*”, Döktaş dökümcülük sanayi ve ticaret A.Ş. , EİE Proje Sunumu, 2002.
- [18] Karaduran, T. , “*Sanayi Sektöründe Enerji Verimliliğinin Artırılması*”, Ereğli demir çelik tesisleri. , EİE Proje Sunumu, 2005.
- [19] Yüce, S. , “*Eksik İzolasyonların Tamamlanması ve Eskimiş İzolasyonların Tamirata*”, Ereğli demir çelik tesisleri. , EİE Proje Sunumu, 2005.



[20] Usanmaz, M. ,“*Atölyelerde Şeffaf Aydınlatma Yapılması*”, Ereğli demir çelik tesisleri., EİE Proje Sunumu, 2005.

[21] Baki, A. ,“*Soğutma Kuleleri Modernizasyonu*”, İskenderun demir çelik tesisleri. , EİE Proje Sunumu, 2005.

[22] Kürümoğlu, A. ,“*Endüstriyel Bina Kapılarında Hava Perdesi ile Isı Kaybının Önlenmesi*”, Ford otomotiv sanayi Kocaeli fabrikası. , EİE Proje Sunumu, 2004.

[23] Güven, B. , “*Atık Suyun Isısının Geri Kazanımı Projesi*”,Özen mensucat boya ve terbiye işletmeleri A.Ş. , EİE Proje Sunumu, 2005.

[24] Selekoğlu, M. C.,“*Mevcut Kompresörlerde Frekans Konvertör Uygulaması*”,Adana çimento sanayi T.A.Ş. , EİE Proje Sunumu, 2005.

[25] Tunçbilek, A. ,“*Farin değirmeni fanı modifikasyonu*”, Bolu çimento sanayi A.Ş. , EİE Proje Sunumu, 2004.

[26] Saygılı, Z. , “*Terbiye 1 Motor-Sürücü ve Plc Modernizasyonu*”, Kordsa A.Ş., EİE Proje Sunumu, 2004.

[27] Çivici, A.C. , Aygin , C. ,“*Kazan Sıcaklığını Düşürme ve Verimli Kullanım Projesi*”, Otoyol san.AŞ., EİE proje Sunumu, 2006.

[28] Tüzen, M. , “*Havalandırma Sistemleri Resirkülasyonu*”, Abdi İbrahim ilaç sanayi ve tic.A.Ş., EİE Proje Sunumu, 2005.

[29] Terzi, S.O. , “*Kazan Yanma Veriminin Artırılması*”, Akg yalıtım ve inşaat malzemeleri sanayi ve ticaret A.Ş., EİE Proje Sunumu, 2005.

- [30] Demirsoy, E. , “*Hat sonu ambalaj rulomakinası naylon buruşturma sistemi enerji tasarruf projesi*”, İzocam ticaret ve sanayi A.ř. , EİE Proje Sunumu, 2002.
- [31] Ak, E. , “*Elastomerik kauçuk köpük tesisi enerji tasarruf projesi*”, İzocam ticaret ve sanayi A.ř. , EİE Proje Sunumu, 2002.
- [32] Alpayım, M.K. , “*Aktif-Reaktif enerji izleme sistemi*”, İskenderun demir ve çelik fabrikaları Aş. , EİE Proje Sunumu, 2002.
- [33] Çetin, S., “*Aydınlatmada tasarruf projesi*”, Döktaş dökümcülük sanayi ve tic.A.ř., EİE Proje Sunumu, 2002 .
- [34] Mollamehmetoğlu, E. , “*Isıtma apareylerinin merkezi kontrolü*”, Döktaş dökümcülük sanayi ve tic.A.ř.,EİE Proje Sunumu, 2003.
- [35] Gökkuş, E. , Yalova, C. , Kayıkçioğlu, N. , “*Fabrika enerji nakil hattı ve OG dağıtım tesisat tadilat*”, Afyon Çimento San. T.A.ř., EİE Proje Sunumu, 2005.
- [36] Aras, G. , “*Avrupa birliği ve dünya pazarlarına uyum açısından Türk tekstil vekonfeksiyon sektörünün rekabet yeteneği finansal yaklaşım*”, Om yayınevi, 2006.
- [37] Önöz, E. , “*Tekstil Sanayinde Enerji Verimliliği Ve Enerji Verimli Motor Sistemleri*”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji enstitüsü*, Enerji Bilim ve Teknoloji ana bilim dalı, İstanbul, 2008.
- [38] Yakartepe, Z. , Yakartepe, M. , “*Genel tekstil cilt 2*”, 1998.
- [39] Özipek, B. , Bora, D. , “*Avrupa birliğine uyum sürecinde Türk tekstil sektörünün Durumu* “ , İstanbul ticaret odası, 2010.

- [40] Babaarslan, O.,Vuruşkan, D., Balcı, O., “*Dünyada ve Ülkemizde Tekstil Hazır Giyim Sektörü ve Adana Özeli*”, TMMOB Makina Mühendisleri Odası “I.Çukurova'da Sanayi ve Çevre Sempozyumu” Bildiri Kitabı , Adana 2007 .
- [41] Suhubi, M. , “*Vizyon 2023 teknoloji öngörüsü projesi*” , Tübitak tekstil paneli, Temmuz, 2003
- [42] Devlet Planlama Teşkilatı (DPT), “*Dünyada ve Türkiye’de enerji verimliliği ve Türk sanayinde enerji verimliliğinin incelenmesi*”, 2005.
- [43] Öztürk, H. K. , “*Energy Usage and cost in textile, Energy 30*”, 2005.
- [44] Doğan, H., “*Havalandırma ve İklimlendirme Tekniği Esasları*”, Seçkin yayınevi, 2002.
- [45] *Sanayide Enerji Yönetimi*, cilt I, III, EİEİ/UETM, Ankara, 1997.
- [46] Hepbaşlı, A. , Günerhan, H. , Ülgen, K. “*Enerji yönetim sisteminin altın anahtarları: enerji dengliği ve enerji tasarruf etüdü*”, v. Ulusal Tesisat Mühendisliği kongresi ve sergisi,
- [47] Borandağ, C. , “*Yoğunlaştırılmış enerji yöntemi*”, senfoni yayıncılık, 2004.
- [48] “*Sanayi kazanları ve ek donatım işletme el kitabı*”, MMO Bursa şubesi, 2007.
- [49] Küçükşahin, F. , “*Buhar kazanları*”, Birsen yayınevi, 2008.
- [50] Womack, j. , p. , “*Yalın düşünce*”, sistem yayıncılık, 2008.
- [51] Kaya, D. , “*Tüpraş İzmit Rafinerisi Proses Atık Buharı Isı Enerjisinin Geri Kazanılmasının Araştırılması*”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli1996.

[52] *Sanayide Enerji Yönetimi*, cilt III, EİEİ/UETM, Ankara, 1997.

[53] Kaya, D., GÜngör, C. , “*Sanayide Enerji Tasarruf Potansiyeli-I*,”*Mühendis Makina*, Sayı: 514, 2002.

[54] Spirax-Sarco. , “*Buhar Tesisatları ve Buhar Cihazları El Kitabı*”,1999.