

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ENDÜSTRİYEL ATIK ISI GERİ KAZANIM SİSTEMİ TEKNO EKONOMİK
ANALİZİ**

İsmail KARABACAK

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2017**

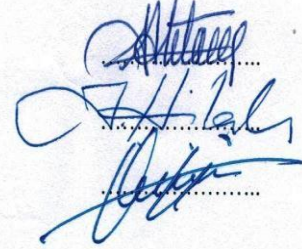
Doç. Dr. M. Azmi AKTACİR danışmanlığında, İsmail KARABACAK'ın hazırladığı "Endüstriyel Atık Isı Geri Kazanım Sistemi Tekno Ekonomik Analizi" konulu bu çalışma 20/10/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Doç. Dr. M.Azmi AKTACİR

Üye : Doç. Dr. İsmail HİLALİ

Üye : Doç. Dr. Ahmet FERTELLİ



Bu Tezin Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Halil Murat ALĞIN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
SİMGELER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. Türkiye’deki Enerji Mevzuatı	4
1.2. Iso 50001 Enerji Yönetim Sistemi	8
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	11
3. MATERYAL ve YÖNTEM	19
3.1. Enerji Analizi	19
3.1.1. Termal kamera ölçümü	20
3.1.2. Anemometre ölçümü	22
3.1.3. Buhar kaçak cihazı ölçümü	23
3.1.4. Termometre sıcaklık ölçümü	25
3.2. Enerji Geri Kazanımı Sistemi Belirlenmesi	25
3.3. Önerilen Sistemin Performans Analizi	29
3.4. Ekonomik Analiz	29
3.5. Fabrikadaki Buhar Kazanı ve Besi Suyu Tankının İncelenmesi	30
3.6. Fabrikadaki Hava Kompresörünün İncelenmesi	37
3.7. Fabrikadaki Elektrik Motorlarının İncelenmesi	39
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	42
4.1. Fabrika Üretim Hattı ve Yöntemi	42
4.2. Fabrika Enerji ve İş Akış Seması	43
4.3. Fabrikadaki Proseslerin Enerji Analizi	45
4.3.1. Buhar kazanı ve besi suyu tankının enerji analizi	45
4.3.2. EPS şişirme makinesi enerji analizi	46
4.3.3. EPS şişirme makinesi kurutma ünitesi analizi	49
4.3.4. EPS blok makinesinin atık ısı analizi	50
4.3.5. Kompresör makinesi enerji analizi	52
4.3.6. Soğutma kulesi enerji analizi	54
4.3.7. Elektrik motorlarında enerji verimliliği analizi	55
4.3.8. Buharın taşınması sırasında oluşan dağıtım ve iletim kayıpları analizi	57
4.3.9. Kondensatör sistemlerinin enerji analizi	59
4.3.10. Bakım ve onarımın enerji verimliliği üzerindeki etkisi	61
4.4. Enerji Geri Kazanımı Sistemi Uygulamaları	62
4.4.1. Buhar kazanı ekonomizer uygulaması	62
4.4.2. Şişirme makinesi ısı geri kazanımı için eşanjör uygulaması	66
4.4.3. Blok makinesi ısı geri kazanımı için eşanjör uygulaması	68
4.4.4. Kompresörün atık ısı değerlendirilmesi için baca uygulaması	69
4.4.5. Soğutma havuzu ve kulesinde enerji tasarrufu uygulaması	70
4.4.5.1. Soğutma kulesinde enerji tasarruf uygulaması	70
4.4.5.2. Soğutma havuzunda ısı geri kazanım uygulaması	73
4.4.6. Elektrik motorlarında elektrik sarfiyatını azaltma	74
4.4.7. Yalıtımsız vana ve boruların yalıtılması ile elde edilen kazanımlar	77
4.5. Enerji Geri Kazanım Sistemlerinin Ömür Boyu Maliyet Analizi	80
4.5.1. Buhar kazanı ekonomizeri ömür boyu maliyet analizi	80
4.5.2. Şişirme makinesi eşanjör sisteminin ömür boyu maliyet analizi	82
4.5.3. Soğutma havuzundan idari bina ısıtmasının ömür boyu maliyet analizi	83
4.5.4. Mevcut elektrik motorlarının verimli motorlarla değiştirilmesinin maliyet analizi	85
4.5.4.1. 2.2 kW 9.5 saat çalışan bir motorun maliyet analizi	85
4.5.4.2. 5.5 kW 9.5 saat çalışan bir motorun maliyet analizi	86
4.5.4.3. 4 kW 9.5 saat çalışan bir motorun maliyet analizi	88
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	89

KAYNAKLAR	97
ÖZGEÇMİŞ	99



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ENDÜSTRİYEL ATIK ISI GERİ KAZANIM SİSTEMİ TEKNO EKONOMİK ANALİZİ

İsmail KARABACAK

**Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. M.Azmi AKTACİR
Yıl: 2017, Sayfa:99**

Enerji, sanayinin hammaddesi ve yaşamsal konforumuzun en önemli unsurudur. Günümüzde ülkeler için ihtiyaç duyulduğunda ulaşılabilecek derecede güvenli, yeterli miktarda, ucuz ve temiz enerji üretmek, ekonomik ve sosyal hayatın temel problemleri arasında yerini almaktadır. Dünya ülkeleri politikalarını enerji üzerine yapmakta ve buna göre ülke stratejilerini belirlemektedirler. Hızla büyüyen ülkemizde endüstriyel, ekonomik ve nüfusa paralel olarak bireysel enerji talebi de artmaktadır. Enerji ihtiyacının artması ve enerji maliyetlerinin çok olması dolayısıyla özellikle sanayi ve konutsal enerji kullanımlarında enerji tasarrufuna yönelmemizin gerekliliğini net olarak ortaya çıkarır. Buna örnek olabilecek bir EPS fabrikasında üretimde kullanılan enerjinin nasıl verimli kullanılacağı konusunda çalışma yapılarak harcanan enerji türlerinde tasarruf sağlamak mümkündür. Tez çalışması için seçilen Edessa Strafor EPS fabrikasında kullanılan buhar, doğalgaz ve elektrik enerjileri tüketim miktarları hesaplanmış ve EPS üretim prosesleri ayrı ayrı incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda kullanılan enerji çeşitlerinde tasarrufu sağlanacak yerler tespit edilmiştir. Bu tespitler sonucunda gerekli enerji kazanım sistemleri uygulamaya konulmuş ve bazıları da uygulanması için fabrikaya sunulmuştur. Gerekli ısı geri kazanım sistemleri, elektrik, su ve doğalgaz tüketimini azaltarak tasarruf sağlayacak sistemlerin maliyet analizi yapılarak uygulamaların yatırımlar sonucunda getireceği tasarruf miktarları tespit edilmiştir. Bu kapsamda ömür boyu maliyet analizi yöntemi kullanılarak yatırımların amortisman süreleri hesaplanmıştır. Fabrikadaki doğalgaz, elektrik ve su tüketimlerindeki azalmalar tespit edilmiştir. Tez çalışmasında uygulama yapılmadan önceki ve sonraki enerji tüketimleri arasındaki farklar tespit edilerek fabrikanın TEB değeri olarak %15 enerji tasarrufu sağladığı tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: EPS fabrikası, enerji verimliliği, atık buhar, maliyet analizi

ABSTRACT

MSc Thesis

INDUSTRIAL WASTE HEAT RECOVERY SYSTEM TECHNO - ECONOMIC ANALYSIS

İsmail KARABACAK

**Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. M. Azmi AKTACİR
Year:2017, Page: 99**

Energy is the most important element of the industry's raw materials and vital comfort. Today, generating sufficient, safe, cheap, clean and clean energy at the level that can be achieved when needed for countries is one of the main problems of economic and social life. Countries on the world are build their own policies on energy and determine their strategies accordingly. In our rapidly growing country, individual energy demand is also increasing in parallel with industrial, economical and population. Because of the increase in energy demand and the high cost of energy, it is clear that it is necessary to move towards energy saving, especially in industrial and residential energy use. Due to increased energy demand and high energy costs, it is necessary to shift towards energy saving especially in industry and residential areas. For the thesis study, the consumption amounts of steam, natural gas and electricity used in the selected. Edessa Styrofoam EPS factory were calculated and EPS production processes were examined separately. As a result of the examinations made, places to save energy types were determined. As a result of these determinations, necessary energy recovery systems have been put into practice and some of them have been presented to the factory use for their application. The cost savings of required heat recovery systems, electricity, water and natural gas consumption and saving systems have been determined and the amount of savings is bring about as investments. In this context, depreciation periods of investments are calculated by using lifetime cost analysis method. Reductions in natural gas, electricity and water consumption have been identified in the factory. It has been found that the difference between the energy consumption before and after the application of the thesis study is determined and the plant provides 15% energy saving as the TEB value.

KEY WORDS: EPS factory, energy efficiency, waste steam, cost analysis

TEŐEKKÖR

Tezin konusunun seçiminde, uygulamasında ve ęalıřmamda yardımlarını esirgemeyen danışmanım sayın Doç. Dr. M. Azmi AKTACİR 'e ve tez ęalıřmamda bana yardımcı olan arkadaşım Vedat ÇIPLAK, fabrika sahibi Yavuz ÇAYCI 'ya ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkür ederim.



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Türkiye’ de kullanılan enerji türlerinin tüketim dağılımı	5
Şekil 1.2. Türkiye’ de kullanılan enerji türlerinin sektöre göre tüketim dağılımı	6
Şekil 3.1. Termal kamera görüntüsü	22
Şekil 3.2. Anemometre cihazı	23
Şekil 3.3. Dr. Trap test cihazı	24
Şekil 3.4. Sıcaklık ve nem ölçer görüntüsü	25
Şekil 3.5. Fabrikadaki buhar kazanı	32
Şekil 3.6. Buhar kazanı ve besi suyunun şematik gösterimi.....	33
Şekil 3.7. Termostatik vana görüntüsü.	34
Şekil 3.8. Besi suyu kazanı ve yumuşatma cihazı.	35
Şekil 3.9. Besi suyu kazanı ısıtma şekli	35
Şekil 3.10. Atık baca gazının termal görüntüsü	37
Şekil 4.1. Fabrika enerji ve iş akış şeması.....	44
Şekil 4.2. EPS şişirme makinesi.....	46
Şekil 4.3. Genel sistem enerji akışı	47
Şekil 4.4. Şişirme makinesi egzoz buhar ve termal kamera görüntüsü	49
Şekil 4.5. Akışkan yataklı kurutucuda kurutma	49
Şekil 4.6. Blok makinesi	51
Şekil 4.7. Eps blok makinesinden atmosfere atılan Buhar	51
Şekil 4.8. Hava kompresörünün görüntüsü	52
Şekil 4.9. Soğutma kulesi üç boyutlu çizim ve şematik gösterim	54
Şekil 4.10. Elektrikli fan motorlarına örnek	55
Şekil 4.11. Vakum motorlarına örnek	56
Şekil 4.12. Hidrolik motorlarına örnek.	56
Şekil 4.13. Buhar kazanı baca çıkışı ve emniyet ventilleri termal görüntüsü.....	58
Şekil 4.14. Kollektör dağıtım vanalarının termal görüntüsü	58
Şekil 4.15. Besi suyu tankının eşanjör bağlantı sisteminin termal görüntüsü	59
Şekil 4.16. Akümülatör yalıtımsız kapak termal görüntüsü	59
Şekil 4.17. Ekonomizerli buhar kazanı bağlantı şekli	63
Şekil 4.18. Buhar kazanı bacası sıcaklık ölçümü ve termal kamera görüntüsü.....	64
Şekil 4.19. EPS şişirme makinesinin görünümü	66
Şekil 4.20. EPS blok makinesinin görünümü	68
Şekil 4.21. Soğutma kulesinin gösterimi.....	71
Şekil 4.22. Kulesi panosuna termostat montajı	72
Şekil 4.23. Genel sistem görünüşü	73
Şekil 4.24. Kollektör ve akümülatör buhar vanalarının yalıtım yapılmış görüntüsü.....	78
Şekil 4.25. Farklı bölümlerde yalıtım uygulaması görüntüsü.....	79
Şekil 4.26. Ekonomizer maliyet analizinin grafiksel görünümü	81
Şekil 4.27. Eşanjör maliyet analizinin grafiksel görünümü.....	83
Şekil 4.28. Sistemin ömür boyu maliyetinin grafiksel görünümü	84
Şekil 4.29. 2.2 kW 9.5 saat çalışan bir motorun ömür boyu maliyet analizi	86
Şekil 4.30. 5.5 kW 9.5 saat çalışan bir motorun ömür boyu maliyet analizi	87
Şekil 4.31. 4 kW 9.5 saat çalışan bir motorun ömür boyu maliyet analizi	88
Şekil 5.1. Doğalgaz enerjisi kullanımı durumu	92
Şekil 5.2. Elektrik enerjisi kullanımı durumu	93

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Farklı enerji türlerinin tep çevrim katsayıları.....	7
Çizelge 3.1. Fabrikada kullanılan ölçüm cihazları	19
Çizelge 3.2. Anemometre cihazının teknik özellikleri	23
Çizelge 3.3. Kondensör test cihazının teknik özellikleri	24
Çizelge 3.4. Buhar kazanı kapasite bilgileri.....	33
Çizelge 3.5. Besi suyu tank kapasitesi.	36
Çizelge 3.6. Elektrik motorlarının sınıflandırılması	40
Çizelge 3.7. Elektrik motorlarının verim değerlerine göre sınıflandırılması.....	41
Çizelge 4.1. Makine ekipmanları ve kullanılan enerji çeşitleri	45
Çizelge 4.2. Şişirme makinesinin üretim süreleri	48
Çizelge 4.3. Farklı yoğunlukta blok çıkış süreleri.....	50
Çizelge 4.4. Blok makinesinin atık buhar basınç ve zamanları.....	52
Çizelge 4.5. Kompresör kapasite değerleri.....	54
Çizelge 4.6. Dağıtım ve çalışma sisteminin oluşturduğu kayıplar	57
Çizelge 4.7. Kondensörlerin hatlardaki kullanım durumu.....	60
Çizelge 4.8. Ekonomizer parçaları	65
Çizelge 4.9. Fabrika elektrik motorlarının sınıf ve kapasitesi.....	75
Çizelge 4.10. Fabrikadaki elektrik motorlarının ilk yatırım fiyatları ve işletme maliyetleri	76
Çizelge 4.11. Vanaların standart enerji kaybı hesap tablosu	77
Çizelge 4.12. Yalıtımsız vanaların enerji kayıpları	78
Çizelge 4.13. Ekonomizerli ve ekonomizersiz sistemin maliyet tablosu	80
Çizelge 4.14. Sistemin yıllara göre maliyet dağılımı	81
Çizelge 4.15. Eşanjörlü ve standart sistemin maliyet tablosu	82
Çizelge 4.16. Isıtma sisteminin ilk yatırım maliyet tablosu	84
Çizelge 4.17. 2.2 kW motorun ilk yatırımı.....	85
Çizelge 4.18. Farklı durumlarda 2.2 kW elektrik motorunun amortisman süresi.....	86
Çizelge 4.19. 5.5 kW motorun ilk yatırımı.....	87
Çizelge 4.20. Farklı durumlarda 5.5 kW elektrik motorunun amortisman süresi.....	87
Çizelge 4.21. 4 kW Motorun İlk Yatırımı	88
Çizelge 4.22. Farklı durumlarda 4 kW elektrik motorunun amortisman süresi.....	88
Çizelge 5.1. Fabrika yıllık enerji maliyet değişimi	91
Çizelge 5.2. Fabrika yıllık enerji maliyet değişimi	91
Çizelge 5.3. Fabrika yıllık enerji maliyet TEP değişimi	91

SİMGELER DİZİNİ

A	Yatırımın toplam maliyeti
CEMEP	Avrupa Elektrik Makineleri ve Elektrik İmalatçıları Komitesi
C	Suyun özgül ısısı
C	Atık havanın özgül ısısı (kWh/Nm ³ °C)
DNS	EPS Yoğunluğu(kg/m ³)
EFF1	En verimli Motorlar
EFF2	Orta Verimli Motorlar
EFF3	Yüksek Verimli Motorlar
EPS	Genleşebilen Polistren Tanecik
GET	Günlük enerji tüketimi
Hu	Doğalgaz alt ısı değerini
IE1	Standart Verimli Elektrik Motoru
IE2	Yüksek Verimli Elektrik Motoru
IE3	Premium Verimli Elektrik Motoru
IE4	Süper Premium Verimli Motorlar
İ	Faiz oranı
İ.Ş	Motorun günlük çalışma süresi
KEK	Kazan enerji kapasitesi
M	Minimum harcanan su miktarını
M.G	Motor gücü (kw)
n	Cihazın kullanım ömür
P	Yıllık eşdeğer oranı
PWC	Present Worth Cost Analysis(Şimdiki Maliyet Analizi)
TEP	Tüketilen Eşdeğer Petrol
VZA	Veri Zarflama Analizi
V	Atık havanın debisi (Nm ³ /h)
VS	Günlük vardiyadaki çalışma süresi
Y.F	Motor yük faktörü
YIM	Besi suyu tankı yıllık ısıtma maliyeti
Q	Isı enerjisi (kW)
Δt	Sıcaklık farkı

1.GİRİŞ

Enerji, iktisadi ve sosyal kalkınma için önemli girdilerin başında gelir. Dünyada enerji ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılayan fosil yakıt rezervinin büyük bir hızla tükenmesi, sanayileşme sürecinde enerji tüketimindeki hızlı artışa bağlı olarak sera gazı emisyonlarının insan yaşamını tehdit eder duruma gelmesi ve ozon tabakasının zarar görmesi nedeni ile enerji temini ve etkin kullanımı günümüzün en önemli sorunlarından birini oluşturmaktadır (Ünlü, 2002).

Enerji verimliliği; tüketilen enerji miktarının, üretimdeki miktar ve kaliteyi düşürmeden iktisadi kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden en aza indirilmesi biçiminde ifade edilmektedir. Sanayide enerji verimliliğini artırmak için, enerji verimli ekipman ve sistem kullanımı, onarım, yalıtım, modifikasyon, rehabilitasyon ve proses düzenleme gibi yollarla; gereksiz enerji kullanımının, atık enerjinin, enerji kayıp ve kaçaklarının önlenmesi veya en aza indirilmesi ile birlikte atık enerjinin geri kazanılması gibi konulardaki çözümleri içine alan proje ve çalışmalar yapılmaktadır.

Örneğin herhangi bir sanayi tesisinde proses ısısı için buhar kazanı kullanılıyor ise yanma kontrolü yapılarak yanma verimi arttırılabildiği gibi yoğunmalı kazan tercihi ile kazan verimi yükseltilir. Atık baca gazının değerlendirilmesi ve bu sistemlerde ilk yatırımın dikkatli bir şekilde yapılması önemli bir yere sahiptir. Bu çözümlere ilave olarak, buhar kaçaklarının önlenmesi, buhar tesisatının ısı yalıtımının yapılması enerji verimliliğini ciddi oranda artıran uygulamalardır. Özellikle buhar hatlarının yalıtımı ülkemizde ciddi oranda eksiklikler bulundurmakta ve enerji kayıplarında önemli yer kaplamaktadır.

Endüstriyel alanda kullanılan buhar sistemlerinin vana ve iletim borularının yalıtım eksikliğinden kaynaklanan enerji kayıpları dikkate değer bir enerji tasarrufu sağlar. Özellikle iletim boruları ve vanaların çevreye yaydığı ısı kayıpları hem ekonomik açıdan hem de iş güvenliği açısından önemli konuma sahiptir. Bu hususlardan yola çıkılarak hedef fabrika seçilen Edessa Strafor da bulunan buhar

vanaları ve buhar boru hatları yalıtılarak kayıp enerjinin tasarrufu sağlanmaya çalışılmıştır.

Yalıtımsız bir vana veya benzeri bir armatürün enerji kaybı, kendisi ile aynı çaptaki 1 mt borunun kaybettiği enerjiden ortalama 3 ila 5 kat daha fazladır. Dolayısıyla yalıtımsız vanaların yaratmış olduğu enerji kaybı azımsanamayacak boyutlardadır.

Kazanda üretilen buhar, dağıtım şebekesi boruları ile enerji gereksinimi olan proseslere taşınır. Dağıtım hatları boyunca boru izolasyon durumuna bağlı olarak çeper (yüzey) kayıpları oluşur. Ayrıca, hatlarda bulunan vana, pislik tutucu, çek vana, basınç düşürücü vb. ekipmanlarda da izolasyon durumlarına bağlı olarak çeper (yüzey) kayıpları oluşur. Bu kayıpların yanı sıra, hatlarda bulunan armatürlerin bağlantı noktalarından, sızdırmazlık elemanlarından ya da iç mekanizmalarından kaynaklanan ısı enerjisi kayıpları oluşabilir. Ayrıca, dağıtım hatlarındaki kondensstopların buhar kaçırması ile oluşacak ısı enerjisi kayıpları da çarpıcı boyuttadır. Tipik bir işletmede dağıtım hattı kayıplarının oranı yaklaşık % 5-7 mertebesinde dir.

Dağıtım hatlarında kullanılan kondensstoplarda buhar kayıplarında önemli yer kazanmıştır. Buhar kapanı veya kondensstop, buhar sistemlerinde yoğuşma sonucu oluşan kondensin sistemden dışarı atılması için kullanılan tesisat elemanlarıdır. Buhar kapanlarının üç ana fonksiyonu vardır;

1. Oluşan kondensi tahliye etmek,
2. Tahliye sırasında buharın kaçmasına mani olmak, buharı kapanlamak,
3. Hava ve yoğuşmayan gazları tahliye etmek.

Isıl enerji, ısıtma, buharlaştırma ve kurutma amaçlı olarak ve birçok üretim prosesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. İhtiyaç duyulan bu proses enerjisi; bir kazanda ısıtılarak kullanım yerlerine (örneğin bir ısı değiştiricisi) borular yardımıyla sevk edilen sıcak su, yüksek sıcaklıktaki yağ veya doymuş ya da kızgın haldeki buhar ile sağlanır. Bu üç akışkan tipinden en kullanışlı olanı buhardır ve bu sebeple

tüm dünyada en yaygın olarak kullanılan akışkandır. Her ne kadar bu akışkanları taşıyan iletim hatları ve akışkanları kullanan ekipmanlar, ısı kayıplarını minimuma indirmek için oldukça iyi yalıtılsa da, bir miktar ısı ışıınım yoluyla dış ortama transfer olacak, boru hattında ilerleyen buhar kendini taşıyan boruları ısıtmak için de ısı verecek ve bir miktar buhar yoğunlaşarak borunun alt kısmında kondens (yoğuşmuş su) oluşturacaktır.

Bu kondensin boruda kalmasına izin verilirse, buharla kondens arasında ısı transferi devam edecek, kondens boruyu daha çok dolduracak, sonuçta buharla beraber sürüklenerek koç darbelerine ve ileri aşamada buharın geçiş yollarını bloke etmeye başlayacaktır. Bu yüzden, buharın kaçmasına izin vermeden, oluşan bu kondensi borulardan tahliye edecek otomatik bir tesisat elemanına gereksinim vardır. Bu maksatları yerine getirmek için buhar kapanları kullanılır. Bu tesisat elemanlarının sağladıkları buhar verimliliği ve güvenlik hiçbir şart altında tartışılmaz.

Benzer şekilde buhar ısı değiştiricisine girdiğinde, ısı cidarlarından ısıtılacak ürüne transfer olur. Buhar ısısını verdikçe yoğuşur ve oluşan kondens ekipmanın içerisinde, buharın bulunduğu hacimde, birikmeye başlar. Buhar hatlarında olduğu gibi, bu kondensinde ekipman içerisinde kalmasına izin verilmemelidir. Aksi takdirde, ısı transfer işlemleri yavaşlar ve sonuçta durabilir. Bu sebeple bir buhar kapanı, buharın kaçmasına izin vermeden, kondensi tahliye etmede kullanılmalıdır. Buhar kapanları sadece kondensi tahliye etmekle görevli değildirler. Bir buhar sistemi kapatıldığında, hava, yoğuşan buharın bıraktığı yeri doldurmak için buhar hattına girer. Devreye almada, bu hava, buhar hattının en uzak noktasına ve buhar ekipmanına kadar buharın önünde itilir. Buradan hava, buhar kapanlarının bağlandığı tahliye çıkışına kadar gelir. Bu yüzden buhar kapanları, havayı ve yoğuşmamış gazları tahliye etme özelliğine de sahip olmalıdır. Aksi takdirde, bu gaz ve havanın sistemde kalmasına izin verilirse, efektif ısı transferi için bir bariyer teşkil edeceklerdir.

Farklı sektörlerde yapılan enerji denetleme çalışmalarında ortaya çıkan sonuçlara göre; sanayi tesislerinin ve endüstriyel işletmelerin hemen hemen hepsinde % 5 ile % 40'lara kadar enerji tasarrufu yapılmasının mümkün olduğu görülmektedir. Dikkat çeken bir diğer konu ise sanayi tesislerinde ve endüstriyel işletmelerde hiç yatırımsız veya az yatırımlı önlemlerin uygulanması ile asgari % 10 oranında enerji tasarrufu sağlamak mümkün olacağı tespit edilmiştir. Bu oran enerji tüketimine ve enerji tasarrufuna verilmesi gereken önemi gözler önüne sermektedir. Sanayide enerji verimliliği bilincini oluşturmak, enerji verimliliği odaklarını ve miktarlarını tespit etmek ve fabrikalarda etkili bir enerji yönetim sistemi kurulmasına yardımcı olmak amacıyla, enerji verimliliği etüt çalışmaları yapılmaktadır. Bir fabrikada yapılacak enerji etüd çalışmasında ön görüşme yapılarak saha analizleri için veri toplama aşamasına geçilir. Bu çalışmalar sırasında enerji dönüşümünün olduğu yerlerde, yoğun enerji tüketen cihazlarda ve bunların bulunduğu bölümlerde gerekli ölçümler alınır. Yapılan ölçüm sonuçları ve toplanan bilgiler değerlendirilerek fabrikanın mevcut durumu ve enerji tasarruf potansiyeli, boyut ve önlemler olarak belirlenerek rapor haline dönüştürülür.

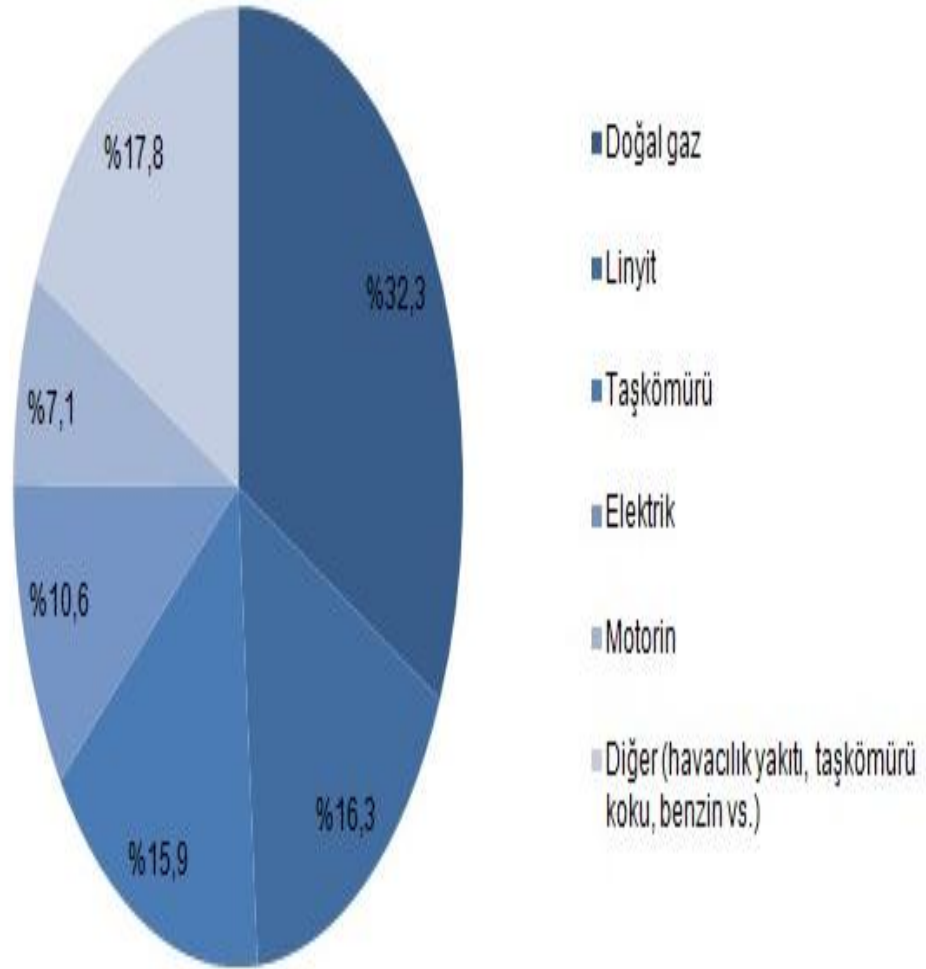
Türkiye’ de enerji tüketiminin sektörel dağılımı da gözönüne alınarak; enerjinin verimli ve etkin kullanımını özendirmek ve bu hedefle çeşitli çalışmalar yapmak, bazı uygulamaları zorunlu hale getirmek, yapılan çalışma ve uygulamaları denetlemek amacı ile ülkemizde de yakın zamanda bir takım yasal düzenlemeler yapılmıştır.

1.1. Türkiye’deki Enerji Mevzuatı

Enerji verimliliği konusunda, enerji verimliliğinin artırılması için etüt, eğitim, bilinçlendirme, istatistik, değerlendirme ve mevzuat geliştirme çalışmaları yürütülmekte ve yapılan çalışmalar yakın zamanda yapılan düzenlemeler ile mevzuata yansıtılmış olup düzenlemeler halen devam etmektedir.

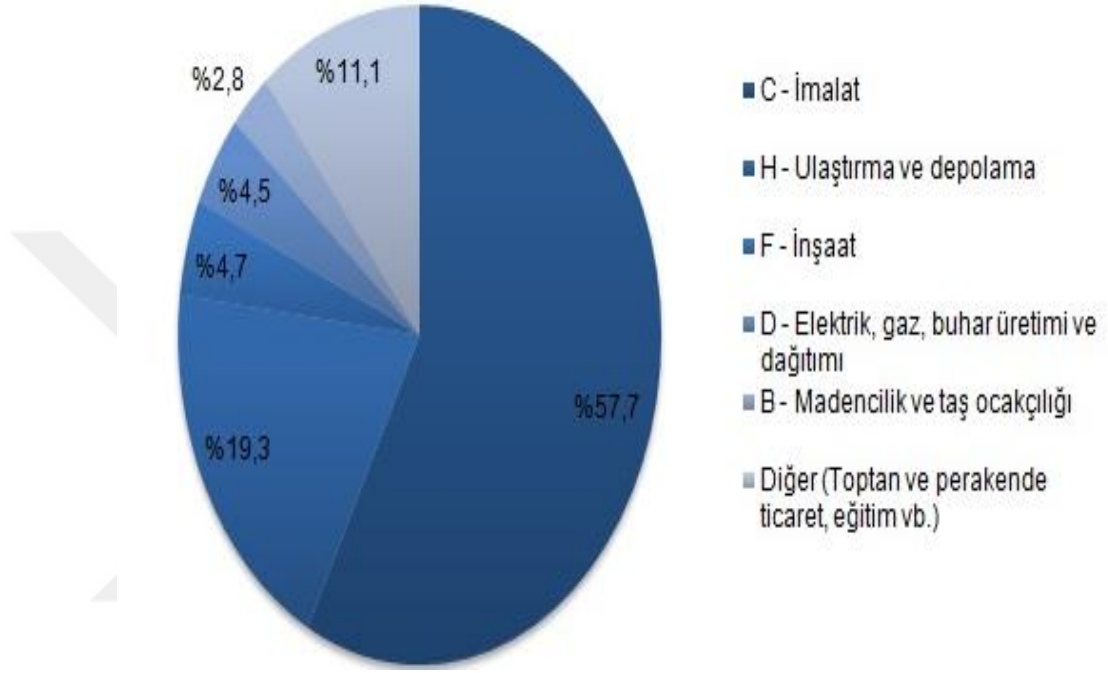
Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 25 Şubat 2016 tarihinde, 2014 yılına ilişkin “Sektörel Enerji Tüketim İstatistikleri” ni açıklamıştır. Buna göre, sanayi ve hizmet

sektörlerinde 2014 yılında toplam 100734472 ton eşdeğer petrol (TEP) enerji tüketildi. Sanayi sektöründe 86136765 ton, hizmet sektöründe ise 14597707 ton eşdeğer petrol enerji harcandı. Elektrik üretimi ve dağıtımı % 42.4, imalat sanayi % 38.4, ulaştırma ve depolama sektörü % 9.5 ile toplam enerji tüketimi içinde en fazla paya sahip olmuştur. Doğalgaz 32498888 TEP ile en çok tüketilen yakıt olarak dikkati çekti. Linyit kömürü 1641693 TEP tüketilirken, üçüncü sırada 15981137 TEP ile taşkömürü tüketimi yer almıştır. Şekil 1.1.'de görüleceği üzere doğalgaz kullanımı oranı diğer enerji türlerine göre oldukça fazla yer kaplamaktadır. Tüketilebilen enerji kaynağı olan doğalgaz ülkemizin ithal etmekte olduğu bir enerji kaynağı olup verimli kullanılması ülkemiz açısından oldukça önemlidir. Doğalgazın ülkemizde sadece ısı kaynağı olarak kullanımı yaygın olduğu kadar elektrik enerjisi üretimi için kullanımı da fazla miktardadır.



Şekil 1.1. Türkiye’ de kullanılan enerji türlerinin tüketim dağılımı

Türkiye’de 2014 yılında nihai enerji tüketimi 49699901 TEP olarak hesaplandı. Söz konusu dönemde sektörlere göre bakıldığında, toplam nihai enerji tüketiminin % 57.7’si imalat sanayi, % 19.3’ü ulaştırma ve depolama, % 4.7’si ise inşaat sektöründe gerçekleşmiştir. Şekil 1.2.’de görüleceği üzere farklı sektörlere göre bu oran yüzdesel olarak pasta dilimi halinde gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Türkiye’de kullanılan enerji türlerinin sektöre göre tüketim dağılımı

Sanayi ve hizmet sektörlerinde 124004527 mW / h elektrik tüketilmiştir. İmalat sanayi, 78033897 mW /h ile en çok elektrik tüketen sektör olmuştur. Sanayi ve hizmet sektörlerinde elektrik enerjisinin % 79.7 ’si mal ve hizmet üretiminde, % 13.2’si ise aydınlatma ve elektrikli büro gereçlerinde tüketilmiştir. Elektrik üretmek için 44723504 TEP enerji harcanmıştır. Enerji kullanım alanlarına göre, en çok enerji tüketimi % 44.4 ile elektrik üretiminde, % 34.4 ile mal ve hizmet üretiminde gerçekleşmiştir (URL-1, 2017).

Ülkemizin enerji tüketimi yüksek olan sanayi sektöründeki enerji verimliliğinin artırılması için gerekli düzenlemeleri sağlamak amacı ile hazırlanan, 11.11.1995 tarih ve 22460 sayılı resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren ‘Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğin Artırılması Hakkındaki Yönetmelik’

gereğince yıllık toplam enerji tüketimi 2000 TEP ve yukarısında olan tüm fabrikalar enerji yöneticisi atamakla yükümlüdür. Bu bilgilerden yola çıkılarak ve kullanılan yakıt cinsi dikkate alınarak tablodan çıkarılacak sonuç değerine göre karar verilebilir. Elde edilecek sonuç sayesinde enerji verimliliği için gerekli çalışmalar başlatılabilir. Enerji yönetimi sağlamak amacıyla çeşitli standartlar ve kalite yönetim sistemleri kullanılabilir. Çeşitli enerji kaynaklarının alt ısıl değerleri ve petrol eşdeğerine çevrim katsayıları Çizelge 1.1.'de tablo halinde gösterilmiştir (Anonim, 2015).

Çizelge 1.1. Farklı enerji türlerinin tep çevrim katsayıları

Miktar	Enerji Kaynağı	Yoğunluk	Alt Isıl Değer	Birim	TEP Çevrim Katsayısı
1 ton	Taşkömürü	-	6100.000	kCal	0.610
1 ton	Talaş	-	3000.000	kCal	0.300
1 ton	Asfaltit	-	4300.000	kCal	0.430
1 ton	Motorin	0.83 kg/lt	10200.000	kCal	1.020
1 ton	Fuel Oil No: 4	-	9600.000	kCal	0.960
1 ton	Ham Petrol	-	10500.000	kCal	1.050
1 ton	Benzin	0.73 kg/lt	10400.000	kCal	1.040
1 ton	Kokkömürü	-	7200.000	kCal	0.720
Bin m ³	Doğal Gaz	0.67kg/m ³	8250.000	kCal	0.825
Bin kWh	Elektrik	-	860.000	kCal	0.086
1 ton	Odun	-	3000.000	kCal	0.300
Bin m ³	LPG	2.47 kg/m ³	27000.000	kCal	2.700
Bin m ³	Asetilen	-	14230.000	kCal	1.423
Bin m ³	Propan	-	10200.000	kCal	1.020
1 ton	Elbistan Linyiti	-	1100.000	kCal	0.110
1 ton	Hayvan ve Bitki Artığı	-	2300.000	kCal	0.230
1 ton	Maden	-	5500.000	kCal	0.550

1.2. Iso 50001 Enerji Yönetim Sistemi

Günümüzde birçok kuruluş çalışmakta oldukları iş ortaklarına çevreye karşı olan sorumluluklarını sormakta ve enerji verimliliklerini nasıl gerçekleştirdiklerini sorgulamaktadır. Bununla beraber ülkeler enerji tüketimini azaltmak için ve enerji temininin sürekliliğini sağlamak için ticari kuruluşlara çeşitli zorunlu uygulamalar koymaktadırlar. ISO 50001 Enerji Yönetim Belgesi ile firmaların beklentileri karşısında uygulanan enerji verimliliği sistemini, potansiyelini bir rekabet ortamını ön plana çıkartmaktadır. Uluslar Arası Standartlar Teşkilatının yayınlamış olduğu, ISO 50001 kodlaması ile adlandırdığı uluslararası enerji yönetim sistemi standardıdır. EN16001 gibi bölgesel ve ulusal standartlardan sonra yayımlanan ilk küresel enerji yönetim standardıdır. ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi standardı tüm enerji türlerini kapsar. ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi standardı organizasyonların enerji verimliliğini yükseltmek için gerekli olan süreç ve sistemleri oluşturmalarını, uygulanmasını ve sürdürülebilirliğini sağlamaktır. ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi standardı, her işletmeye yani vergi levhası sahiplerine kurulabilir, uygulanabilir ve belgelendirilebilir. Coğrafi, kültürel ya da sosyal koşullara bakılmaksızın her tip ve büyüklükte organizasyonun uygulamasına müsait bir yapıda oluşturulmuştur. ISO 50001 standardı kuruluşların tamamını iyi enerji yönetim uygulamalarına teşvik eder ve iyi enerji yönetimi ile maliyetlerin azaltılmasını ve çevreye karşı duyarlılıklarının belgelendirilmesini sağlar. ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi standardı kuruluşun yürüttüğü faaliyet, dokümantasyon yapısı, kaynaklar ve ihtiyaçlara göre değişiklikler gösterebilir. ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi standardizasyon organizasyon tarafından izlenebilirliği sağlanan ve etki altında kalan enerjili kullanımına sahip tüm faaliyetlerde uygulanabilir.

Enerji kayıplarını ve artan maliyetleri yok etmenin anahtarı enerji tüketimini azaltmaktır. Bu yönetim aracı, birinci kademe üreticiden, ürün üreticileri, hizmet üreticileri, hammadde veya katkı maddeleri üreticileri, elektronik ve enerji ürünleri üreticileri, imalatçılar, depocular ve taşımacılar, esnaflara, toptancılara, perakendecilere ve hizmet verenlere kadar herkes tarafından kullanılan, uluslararası tanınan bir sistem olmasına ek olarak, baştan başa bütün endüstrinin kullanabileceği

ortak bir çatı sağlamaktadır. Standardın, büyüklük ve karmaşıklık gözetmeksizin bu kadar geniş bir kapsama alanı olduğundan dolayı jenerik bir yapıya sahiptir. Uygulamaya koyulan projeler yardımıyla enerji tüketimi azaltılır, enerji tüketiminin azaltılması ile birlikte enerjiden kaynaklanan masraflar kontrol altında tutulur ve azalır. Enerji kullanarak faaliyetlerini yürüten tüm kurum ve kuruluşlar için ISO 50001 temelli bir enerji yönetim sisteminin uygulanmasından fayda sağlayabilir. ISO 50001 sağladığı faydalar aşağıda belirtilmektedir:

- İşletme ve ülke kaynaklarının verimli kullanılmasını sağlar.
- Enerji kullanım süresini uzatır.
- Maliyetin düşürülmesi sağlar.
- Müşteri beğenisi ve tercihi sağlar.
- Çevre performansının geliştirir.
- Yeni enerji kaynaklarına yönlendirir.
- Çevre duyarlılığını geliştirir.
- Maliyetlerin azaltılması ile rekabet avantajı sağlar.
- ISO 9000 / ISO 9001:2008, ISO 14000 / ISO 14001:2004 ve EN 16001 ve diğer yönetim sistemleri ile entegrasyonu mümkündür.
- Aynı zamanda Sera gazı Emisyonları (GHG) ile ilişkili yerel yükümlülüklerle uyumu da kolaylaştırır.
- İsrraftan kaynaklanan ölümsüz çevre etkisi azaltılır.
- Emisyon izleme ve gaz salınım takibi sağlar.
- Enerji bilinci İle İlgili olarak toplum içinde bilinçlenme sağlar (URL-2, 2011).

Bu yüksek lisans tez çalışmasında; Şanlıurfa OSB'nde ısı yalıtım levhası, söve, asmolen ve dekorasyon malzemesi üretimi yapan Edessa Strafor fabrikasında tüketilen enerjinin performansının artırılmasına yönelik alınması gerekli tedbirlerin belirlenmesi ve bu tedbirlerin uygulamaya konulması halinde elde edilebilecek tasarrufların ortaya çıkarılması hedeflenmektedir. Böylece sanayinin yeni kurulduğu ve uygulanan teşvik programlarıyla geliştirilmesine katkı sağlanan bu bölgede örnek bir uygulama gerçekleştirilmiş olacaktır.

Fabrika bünyesinde yapılan enerji verimliliği yöntemlerinin uygulamaya yönelik yapılan hesaplamalar kapsamında maliyet analizi yapılarak, proseslerin değiştirilmesiyle işletmeye enerji verimliliği konusunda getirisi hesaplanmıştır. Bu kapsamda yapılacak uygulamalar için önerilen ömür boyu maliyet analizi yani şimdiki değer maliyeti (Present Worth Cost Analysis) yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada, uygulama alanlarını belirlemek ve seçmek için ayrıca termal görüntüleme ve ölçme yöntemleri kullanılmıştır. Bu kapsamda üretim sistemlerinin ısı kaçakları ve buhar kaçakları termal kamera yardımıyla görüntülenmiş ve atık ısı çeşitli ölçme aletleriyle belirlenmeye çalışılmıştır. Dolayısıyla hedef fabrika seçilen Şanlıurfa OSB de bulunan Edessa Strafor fabrikasında kullanılan doğalgaz, elektrik enerjilerinde yapılabilecek iyileştirmeler ve geri kazanımlar tespit edilip gerekli tedbirler alınmaya çalışılmıştır. Gerekli ölçüm aletleri ve hesaplamalarla belirlenen enerji kayıpları için ısı geri kazanım sistemleri belirlenmeye çalışılmıştır. Belirlenen bu sistemlerin maliyet analizleri yapılarak elde edilecek kazanımlar tespit edilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Enerji verimliliği endüstriyel alanda ve güncel hayatta sıklıkla karşımıza çıkan üzerinde durulması önem teşkil eden bir konudur. Özellikle sanayide enerji tüketimin fazla miktarda olduğu ve makineleşmenin bir zorunluluk olduğu günümüzde verimlilik konusu gerek bilimsel araştırmalar olsun, gerekse özel kuruluşların yaptığı araştırmalar olsun birçok alanda araştırma konusu olmuştur. Bu araştırmalar sonucunda elde edilen veriler sonucunda olumlu sonuçlara ulaşılmış ve enerji verimliliğinin önemi bilimsel çalışmalara konu olmaya devam etmiştir.

Ünlü (2009), sanayide enerji tasarrufu çalışmalarının önemi ile buhar sistemleri ile ilgili incelemelerde bulunmuş; buhar sistemlerinde farklı uygulamalarla yapılacak enerji tasarruflarını hesaplamaya çalışmıştır. Bu kapsamda atık ısının geri kazanımı konusunda farklı uygulamalar tercih ederek tasarruf hesaplamaları yapmıştır. Uygulama örnekleri olarak atık baca gazı ısısından enerji tasarrufu uygulaması, buhar kazanı otomasyonu ile enerji tasarrufu uygulaması, flaş buhar geri kazanım sistemi ile enerji tasarrufu uygulaması, proses fırınlarının bacalarından atılan gazlardan enerji tasarrufu uygulaması, kazan teşhis ve tanı sistemi uygulaması ile enerji tasarrufu uygulaması, atık boyalı sudan geri kazanım sistemi ile enerji tasarrufu uygulaması, baca gazı analizi ile enerji tasarrufu uygulaması, buhar dağıtım hatlarının izolasyonu ile enerji tasarrufu uygulaması konularında endüstriyel alanda yatırım maliyeti ve geri dönüşüm sürelerini hesaplayarak geri kazanım miktarları hesaplanmıştır.

Turhan (2012), endüstriyel bir buhar kazanında enerji verimliliği ve çevresel etkileri konusunda araştırmalar yapmış olup, bir sanayi kuruluşunda 70 bar basınç, 778.15K sıcaklık ve 100.000kg/h nominal buhar üretim kapasiteli karışık yakıtlı (yüksek fırın gazı+ kok gazı+ kömür) kazanın enerji verimliliğini incelemiştir. Kazanın çalışırken sıcaklık, basınç, hız ve yanma gazı ölçümleri yapılmış ve ölçüm verileri kullanılarak yapılacak tasarruf miktarları belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada ölçüm ve doğruluğundan emin olunan mevcut sayaç değerleri kullanılarak

gerekli hesaplamalar yapılmış, kütle ve enerji dengesi kurulmuş ve tasarruf potansiyelleri ortaya konmuştur. Başlıca verim kayıpları; kazanların yüksek hava fazlalık katsayılarında çalıştırılması ve yüzey ısı kayıpları olarak belirlenmiştir.

Acar (2012), enerji yoğunluklu bir fabrikanın enerji verimliliği özelinde incelenmesi konusunda çalışma yapmıştır. Türk Traktör bünyesinde yapılan bu çalışmada enerji maliyetinde yapılabilecek küçük yatırımlarla ne kadar tasarruf sağlanabileceği, maliyet analizi ve işletmeye getirileri konuları ele alınmıştır. Farklı enerji türlerinde iyileştirilme yapılarak tasarruf potansiyeli ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Durukafa (2010), baca gazı ile atmosfere atılan duyulur ısının, yanma ürünü olan su ile atılan gizli ısının, sistemde oluşan kondensin, oluşan çürük buharın, kazan blöfleri ile atılan ısının geri kazanılması; yakma sisteminin baca gazı emisyon değerlerine göre kontrol edilmesi, sıcak yüzeylerin yalıtım eksikliklerinin giderilmesi vb. pek çok uygulama buhar sisteminin verimini%30'a kadar arttırma imkanı sunmaktadır. Bu çalışmada bu yöntemlerin ayrıntılı olarak incelenmesi ve bir tekstil fabrikasında bulunan örnek bir buhar tesisinin bu yöntemlere göre değerlendirilmesidir. Belirlenen yöntemlerle elde edilebilecek tasarruf miktarları ortaya çıkarılmıştır.

Somuncu (2016), enerji verimliliğinin enerji tasarrufuna katkısını araştırmış ve Türkiye için "Rebound etki" simülasyonu konusunda çalışmalarda bulunmuştur. Bu çalışma Türkiye için ekonomi geneli geri tepme etkilerinin boyutunu tahmin etmeye çalışarak bu etkilerin boyutlarının politika yapma sürecinde dikkate alınacak ölçüde olup olmadığını, Türkiye'nin sadece enerji verimliliğini arttırarak daha düşük enerji tüketim seviyesi elde edip edemeyeceği gibi sorulara cevap aramaktadır. Ekonomi geneli geri tepme etkileri tahmin eden çalışmalar geri tepme etkisinin ülkenin sektörlerinin yapısına, enerji verimliliğinin türüne, ülkenin kalkınmışlık durumuna bağlı olduğunu göstermiş, sonuçların genelleme yapılamayacağını göstermiştir. Türkiye ise enerji ithal eden bir ülke olarak enerji tüketimini azaltarak aynı zamanda ekonomik büyümesini devam ettirmesinin enerji verimliliğini arttırmasıyla mümkün

olacağını düşünerek enerji verimliliği politikalarına ağırlık vermiştir. Eğer rebound etkiler Türkiye için de geçerli ise uygulanan politikaların beklenenin tam tersi sonuçlar vereceği beklenmektedir. Bu alanda Türkiye için daha önce herhangi bir çalışmanın yapılmaması ve diğer ülkeler için yapılan analizlerinin genellenememesi böyle bir çalışmanın yapılmasını gerekli kılmıştır. Ekonomi genelindeki etkilerin incelenbilmesi için enerji-ekonomi hesaplanabilir genel denge modellemesi kullanılmıştır. Hesaplanabilir genel denge modellerinde ekonomi bir bütün ve birbiriyle ilişkili bir sistem olarak ele alınarak bütün değişkenlerin denge değerleri hesaplanır.

Özer (2004), buhar sistemlerinde kondensatör, flaş buhar ve kazan blöf sistemi ile enerji geri kazanımı konusunda çalışmalarda bulunmuştur. Çalışmasında, manuel blöf sistemleri yerine otomatik blöf sistemlerinin kullanılmasıyla sağlanan su ve yakıt tasarrufları incelenmiştir. Herhangi bir enerji sarfiyatı olmaksızın yüksek basınçlı kondensatör flaş buhar oluşturarak ısı geri kazanımı yapılmış ve bu geri kazanımın mali boyutu incelenmiştir. Arızalı kondensatörlerden buhar kayıplarının nasıl önleneceği ve bu durumdaki enerji tasarrufu da incelenmiştir. Endüstride yoğun olarak kullanılan buharın ısı veriminden kazanç sağlamak gerekir. Bu çalışmada, ısı geri kazanım sistemleri hem teorik hem pratik olarak analizi yapılmıştır.

Demirtaş (2002), sanayide enerji verimliliği ve uygulaması konusunda çalışmalar yapmış ve " TS 825 Binalarda ısı yalıtım kuralları" standardının uygulama kriterlerine göre çalışmasını yürütmüştür. Binalardaki ısı kayıplarının tesisattaki yalıtımla ilişkisinin olduğunu, ısıtılacak ortamlarda kalorifer peteklerinin yerleşiminin önemli olduğunu göstermeye çalışmıştır. Ayrıca sanayide kullanılan kazanların baca gazlarının değerlendirilmesinin enerji verimliliği ve ısı geri kazanımı hakkında önemli yere sahip olduğunu, farklı uygulamalarla bu atık enerjiyi kullanabileceği söylenmiştir. Yüksek olması sebebiyle atölye tavanlarında biriken ısının tavan apereyleriyle aşağıya üflenmesi ve apereylerin uygun şekilde yerleştirilmesi, atölye içerisinde daha konforlu bir ısıtma sağlandığı, ayrıca ısı kaybının yüksek olduğu tavan bölgesinin izolasyon yapılması ile enerji tasarrufu sağlanabileceği gösterilmiştir. Bir yapının ısı kaybının büyük bir bölümü dış

duvarlardan olmaktadır. Bu amaçla dış duvarların ısı iletim katsayısı "K " ve ısı direnci için standartlar geliştirilmiştir. Duvar yalıtımı ile bu ısı kaybı büyük oranda azaltılabilir. Büyük atölyeler, hangarlar ve bunların özel amaçlarla büyük yapılmış kapılan ısı kaybı açısından büyük problem yaratmaktadır. Bu tür kapıların hava perdeleriyle kapatılması ısı kaybını önemli derecede çözeceği söylenmiştir.

Yalçinkaya (2016), sanayi etüdü özelinde bir tekstil fabrikasının enerji verimliliği konusunda çalışma yapmıştır. Bu çalışmada bir tekstil fabrikasında enerjinin nerelerde kullanıldığı, hangi bölümlerde tasarruf sağlanabileceği araştırılmıştır. Tesisteki ısı kayıplar termal kameralarla fotoğraflanmış, ölçüm aletleriyle ısı değerler ölçülmeye çalışılmıştır. Elde edilen verilere göre tesisin enerji kullanımı, kayıpları ve tasarruf edilecek potansiyel enerji hesaplanmıştır. Bu doğrultuda buhar kazanlarında, elektrik motorlarında ve hava sisteminde enerji geri kazanım hesaplamaları yapılmıştır.

Koçlu (2011), çalışmada tekstil endüstrisinde plakalı ısı değiştiricilerle atık ısı geri kazanım sistemi ve performansının değerlendirilmesini yapmıştır. Çalışmada eşanjarlörde gerekli hesaplamalar yaparak elde edilecek tasarruf miktarlarını belirlenmeye çalışılmıştır.

Kaya (2012), çalışmada, sanayide enerji verimliliği potansiyelini ve basınçlı hava sistemlerinde verimlilik çalışması yaparak basınçlı hava sistemlerinde yapılabilecek enerji tasarrufu olanaklarını üç farklı tesis üzerinde incelemiştir. Tesisler üzerinde elde ettiği bilgileri kıyaslayarak farklı enerji tasarruf miktarlarına ulaşmış ve bunlarla ilgili değerlendirmelerde bulunmuştur.

Yıldız (2013), Uludağ Üniversitesi Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tez çalışmasında, basınçlı hava kurutucusu ısı geri kazanım ünitesi ısı değiştiricisi tasarımı yapmıştır. Ayrıca çalışmada, basınçlı hava kurutucu sistemlerinde kullanılan ısı değiştiricilerinin ekonomiklik ve performans açısından boyutsal optimizasyonunu sayısal analizler yardımı ile gerçekleştirmiştir ve farklı geometrilerdeki dalgalı kanat-plaka tipi kompakt ısı değiştiricileri bilgisayar

ortamında modellemiş, uygun sayıda sonlu elemanlara ayrılarak fluent yazılım ile sayısal olarak analiz edilmiştir. Yazar, kanallar içerisindeki laminer ve türbülanslı akış detaylı bir şekilde inceleyerek yerel Nusselt sayılarının kanal uzunluğu boyunca değişimi grafikler halinde elde etmiştir. Böylece, sık kanat kullanılmasının ve akış profilindeki değişimlerin yerel ve ortalama ısı taşınım katsayılarına etkileri araştırılmıştır.

TMMOB Makine Mühendisleri Odasının yapmış olduğu araştırmada, enerji verimliliğinin kapsamı açısından yetkili meslek disiplini olması ve bu nedenle yetkili kurum hüviyeti ile; bu rapor şu şekilde vurguyu yapmaktadır. Enerji verimliliği kavramı, bu kavramın ülkemizdeki mevcut durumu, enerji verimliliği konusunun AB ülkeleri ile ilişkisi belirtilmiş, enerji verimliliği kanunu ve yönetmeliği kapsamında Türkiye'nin sektörel olarak yapması gerekli çalışmalar açıklanmış ve üzerinde önemle durulmuştur.

Söğüt ve Oktay (2006), çalışmalarında bir çimento fabrikasında 2004 yılına ait enerji tüketim ve üretim verilerini toplamış ve değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda enerji tasarrufunun üretime yansması değerlendirilmiş ve alınabilecek önlemler verilmiştir.

Korkmaz (2012), İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı, Enerji Bilim ve Teknoloji Programında yaptığı tez çalışmasında Türkiye çay sektörünün mevcut durumu ve bir çay fabrikasında enerji verimliliği analizi yapmıştır. Seçilen bir fabrikada enerji maliyetleri hesaplanarak iyileştirme yapılabilecek maliyetlerde gerekli çalışmalar yapılmış ve böylece enerji tasarrufu sağlanması yönündeki adımlar belirlenmiştir.

Düzgün (2014), yaptığı tez çalışması kapsamında, öncelikle Türkiye'nin enerji görünümü ve sektörlerin enerji tüketimleri ele alınarak her bir sektör için enerji verimliliği potansiyellerine yer verilmiştir. Daha sonra, ülkelerde uygulanmakta olan enerji verimliliği politikaları ele alınmış ve Türkiye'nin enerji verimliliği politikasının bir değerlendirilmesi yapılmıştır. Doğrusal programlama tabanlı

parametrik olmayan bir yöntem olan Veri Zarflama Analizi' nin (VZA) teorisi açıklanarak, Türkiye'nin enerji verimliliği çalışmalarında nerede bulunduğu ve kaydettiği ilerlemeyi görebilmek amacıyla AB-15 ve Türkiye'nin enerji verimliliği performanslarının kıyaslanmasına yönelik bir VZA modeli oluşturulmuş ve model çıktıları değerlendirilmiştir. Ayrıca, Beyaz Sertifikalar Sistemi' nin çalışma prensibi ve Avrupa Birliği ülkelerindeki uygulamaları detaylı olarak açıklanmakla birlikte sektörlerdeki enerji tasarruf potansiyelinin en iyi şekilde değerlendirilmesini sağlamak amacıyla elektrik, doğalgaz ve petrol piyasalarının yapıları göz önünde bulundurularak sistemin piyasa koşulları, yükümlü katılımcıların seçilmesi, piyasa mekanizmalarının belirlenmesi ve piyasa önündeki engeller yönünden Türkiye'ye uygulanabilirliği tartışılmıştır. Tezin son kısmında ise, Türkiye'nin enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik genel değerlendirmeye ve önerilere yer verilmiştir.

Haydaroğlu (2006), çalışmasının ilk bölümünde enerji verimliliği ve yoğunluğu kavramlarını açıklayarak, enerji politikalarının belirlenmesi aşamasında neler yapılması gerektiğini belirtmeye çalışmıştır. İktisadi kalkınma açısından enerjinin önemine değinerek, enerjinin büyüme ile ilişkisi ve sürdürülebilir kalkınma ile sürdürülebilir enerji ve yenilenebilir enerji ilişkileri incelenmiştir. İkinci bölümde ise, dünyada ve Türkiye'de enerji verimliliği uygulamaları, dünyada ve Türkiye'de enerji kaynakları, enerji üretim ve tüketimi konusu ele alınmıştır. Üçüncü ve son bölümde ise, Türk sanayinin enerji verimliliği incelenmiştir. Bu çerçevede, imalat sanayini, alt sanayi dalları olarak sekiz grupta ele alınacaktır. Bunlar; gıda sanayi, dokuma sanayi, orman ürünleri sanayi, kâğıt sanayi, kimya sanayi, taş ve toprağa dayalı sanayi, metal ana sanayi ve metal eşya sanayi olmaktadır. Bu sanayi dallarının her birini enerji tüketimi, satıştan elde edilen gelirleri ve enerji harcamaları yıllar itibariyle incelenmiştir. Bununla birlikte, tüm sektörler içerisinde enerji yoğunlukları bakımından genel bir değerlendirme yapılarak, hangi sektörlerin enerji yoğunluklarının sanayi genel ortalama değerlerinden yüksek olduğunu belirlemeye çalışmıştır. Ayrıca, bu sektörler itibariyle dünyadaki enerji yoğunluk değerleri ile bir karşılaştırma yaparak, dünyada bazı ülkelerin sanayi genel enerji yoğunluk değerleri bakımından karşılaştırması yapmıştır. İmalat sanayi dalları itibariyle 1 TEP enerji

tüketiminin maliyeti hesaplanarak, sektörler arasında bir karşılaştırma yapmıştır. Sonuç olarak ise, enerji verimliliği konusunda neler yapılması gerektiği, özellikle sanayi sektöründe enerji yoğunluğunun düşürülmesi için gerekli öneriler sunmuştur.

Özyurt (2016), yaptığı tez çalışmasında buzdolabı üretim hattı incelenmiştir. Bu hattın seçilen modele özgü olan vardiyalık üretim kapasitesinin artırılması için mevcut olan problemler ve kısıt olan durumlar gözlenip analiz edilmiş, iyileştirme çalışmaları uygulanmıştır. Bu çalışmaların sonucunda üretim hattına daha yüksek tempo ile üretim yapılabilme yeteneği kazandırılmış, daha düşük maliyet ve enerji verimliliği sağlanmıştır. Tez aşamasında yapılan projelerde "6 sigma metodolojisi" ve "minitab" istatistik programı kullanılmıştır. Üretimde yapılan değişiklikler modelde tespit edilen kritik çevrim süresinin istenilen değere düşürülmesini, böylelikle bir vardiyada üretilen ürün kapasitesinin artmasını sağlamıştır. yapılan analiz ve iyileştirmeler sonucunda ürünlerin üretim hattındaki vardiyalık temposu %23,5 artırmıştır. Çalışan makinelerin ve operatörlerin verimlilikleri artmış, üretim maliyetleri düşürmüştür. Üretim tesisinde yıllık 126000 kwh elektrik enerjisi tasarrufu sağlamıştır. Bu gelişmeler ile yıllık 257000 TL parasal kazanç sağlamıştır.

Ökke (2015), tezinde sanayi sektörünün dallarından biri olan gıda sanayinde şeker sektöründe enerji verimliliği çalışmalarından bahsedilmiştir. Ortalama 430 ton/gün kristal şeker üretimi yapan fabrika model olarak seçilmiş ve. fabrikada enerji kaynağı olarak doğalgaz ve fueloil yakıtlarının kullanımını incelemiştir. Fabrikada ısı enerjisi ve elektrik enerjisi ile ilgili enerji tasarruf odakları olmak üzere iki ana başlık altında incelemeler yapmıştır. İlk önce mevcut durum tespit edilmiştir. Buradan yola çıkarak fabrikada ön etüd çalışmaları gerçekleştirilmiş, ne gibi iyileştirmeler yapılabileceği üzerinde durulmuş ve maliyet analizlerini yapmıştır. Bu çalışma kapsamında, kristal şeker üretimi yapan endüstriyel işletmede, üretimin çeşitli aşamalarında kullanılan enerji tasarruf potansiyeli yüksek olan elektrik motorları ve buhar kazanları üzerinde detaylı olarak incelemeler yapmıştır. Malatya Şeker Fabrikasının muhtelif noktalarında meydana gelen ısı kayıplarının belirlenebilmesi için yüzey sıcaklıkları ölçmüştür. Elektrik motorlarının performanslarının belirlenmesi amacıyla ölçümler yapmıştır. İşletmede üretime direkt olarak etkisi olan

bu ünitelere özgü yapılan ölçümler ve diğer veriler kullanılarak tasarruf miktarları belirlenmiştir. Bunların yanı sıra, transformatör sistemi ve elektrik tarifesi de incelenerek tasarruf potansiyeline sahip olanlar belirtilmiştir.



3.MATERYAL ve YÖNTEM

Sanayi bölgelerinde enerji verimliliğine yönelik ön etüt ve analizlerin yerel olanaklarla gerçekleştirilebilmesi ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmada Şanlıurfa Organize Sanayi Bölgesinde strafor üretimi yapan Edessa Strafor fabrikası uygulama sahası olarak ele alınmıştır.

3.1. Enerji Analizi

Fabrikanın iş akış şemasına göre tüm üretim proseslerin enerji analizleri detaylı olarak yapılmıştır. Proseslerde tüketilen enerji miktarı ve bu tüketim sonucunda oluşan atık enerji miktarları belirlenmiştir. Bu aşamada üretim prosesinde kullanılan ve daha sonra atmosfere bırakılan atık buhar miktarları tespit edilmiştir. Bunun yanında gerekli ölçümler yapıp atık enerji kayıpları belirlenerek enerji verimliliği için çalışmalar yapılmıştır. Fabrikanın oluşturulan iş ve enerji akış şemasına göre atık ve kayıp enerjileri belirlemede bazı ölçüm cihazları kullanılmıştır. Bu cihazlar sayesinde elde edilen verilere göre sistemler için gerekli enerji geri kazanım yöntemleri ve iyileştirme metodları geliştirmeye çalışılmıştır. Kullanılan ölçüm cihazları termal kamera, buhar kaçak cihazı, anemometre, termometre ve atık gaz ölçümü yapan özel kuruluşların verilerinden yararlanılmıştır. Cihazların atık ve kayıp enerji belirlemede kullanıldığı bölüm ve makinalar Çizelge 3.1.'deki tabloda gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Fabrikada kullanılan ölçüm cihazları

Ölçüm Aleti	Ölçüm Yapılan Yerler
Termal Kamera	Makinelerin buhar hatlarının iletim ve dağıtım sırasında oluşan buhar kayıplarını görüntüleme
Buhar Kaçak Cihazı	Kondens-stop hatlarının buhar kaçak ölçümü
Anemometre	Kompresör baca gazı hızı ve debisi belirleme
Termometre	İdari bina sıcaklığı ve çevre sıcaklığı belirleme
Özel Kuruluşların Yaptığı Ölçümler	Doğalgaz bacası ölçümü, şişirme bacası atık buhar ölçümü, blok makinesi atık buhar ölçümü

3.1.1. Termal kamera ölçümü

Termal kamera, çeşitli sektörlerde kullanılan, alanların ya da parçaların normalin üzerindeki sıcaklıklarını ya da soğukluklarını ölçebilen çok pahalı tanı cihazıdır. Bu cihazla normalde çıplak gözle göremeyeceğiniz sorunları tespit edebiliriz. Bu cihazlar objelerden yayılan termal enerjiyi ölçmeye yarayan lenslerden ve algılayıcılardan oluşur. Termal kamera, kızılötesi dalga boyu spektrumunda, ekipmanla doğrudan temas gerçekleştirmeksizin sıcaklık modellerini algılayan bir cihazdır. Görüntüleme yöntemi olarak gözle görülmeyen IR enerjiyi (ısıyı) esas alan ve görüntünün genel yapısını IR enerjiye göre oluşmuş renkler ve şekillerin belirlendiği görüntüleme sistemidir. Termal kameralar çıplak gözle tespit edilmeyen, ancak ciddi sonuçlara yol açabilen küçük problemleri net olarak görmemizi sağlar.

Termal kamerayla çekilen ısı fotoğrafları çok sıcak noktaları açık renkle, soğuk noktaları ise koyu renkle göstererek problemin kaynağını kolayca bulmada yardımcı olur. Termal kameralar ortamın durumunu siyah - beyaz veya renkli gösterirler. Renkli olarak gösterdiği durumlarda ortam sıcaklığına göre maviden sarıya kırmızı rengi kullanarak geçer. Mavi en soğuk, sarı ise en sıcak bölgeleri gösterir.

Normal kameralar görüntüyü ışık sayesinde oluştururken termal kameralar görüntüyü ısı sayesinde oluştururlar. Benzer şekilde insan beyni ve gözü görüntüyü oluşturmada renkleri ve ışığı kullanırken renk farklılıkları önemlidir. Beyaz bir duvar önünde bulunan beyaz bir objenin fark edilmesi son derece zor olduğu gibi ortam sıcaklığına eşit bir sıcaklıktaki bir objenin termal kamera ile görüntülenmesi de son derece zordur. Bu tür kameralarda kullanılan dedektörler çok küçük sıcaklık farklarını yakalayabilen (0.01°C gibi) ve bu farklılıktan görüntü oluşturabilen özelliklerdedir. Ayrıca görüntü oluşturabildikleri belli bir sıcaklık aralığına sahiptirler. Her sıcaklık değerinde farklı IR yayılımlar olduğu ve her IR yayılımının farklı dalga boyuna sahip olmasından dolayı da bu dedektörler belli sıcaklık aralıklarında görüntü verebilirler.

Isıl kızılötesi görüntüleyiciler kızılötesi dalga boyundaki enerjiyi görünür ışık video ekranına dönüştürürler. 0° Kelvin'in üzerindeki tüm cisimler ısı kızılötesi enerji yayırlar bu yüzden pasif olarak tüm objeleri ortam ışığından bağımsız olarak görebilirler. Bununla beraber, birçok ısı görüntüleyici sadece -50°C'den daha sıcak cisimleri görebilirler. Isıl ışınımın spektrumu ve miktarı cismin yüzey sıcaklığına güçlü şekilde bağlıdır. Buda bir ısı kameranın bir cismin yüzey sıcaklığını görüntülemesini mümkün kılar. Bununla birlikte, diğer etkiler, bu tekniğin doğruluğunu kısıtlayan ışınımı etkiler. Örneğin ışınım sadece cismin sıcaklığına bağlı değildir, aynı zamanda cismin salım gücünün de bir fonksiyonudur. Ayrıca ışınım etraftaki cisimlerden gelir, cisimden yansır ve cismin ışınımıyla yansıyan ışınım atmosferin soğurmasından da etkilenir. Infrared ışın (IR) -273°C'nin üzerindeki her nesnenin yaydığı sıcaklığı alabilir. Infrared ışını insan gözü göremez ama termal bir kamera görebilir. Yayınladıkları sıcaklığın miktarını göstermek için nesnelerin fotoğraflarını çekebilir. Bu tür resimler nesnenin sıcaklık düzeyini harita renkleriyle gösterir. Kask üzerinde kullanılmak üzere dizayn edilmiş olan termal kameralar daha yüksek sıcaklıklarda da çalışabilir. İtfaiyeciler için üretilmiş olup, yoğun dumanlı ve kapalı ortamlarda yangın kaynağına kolayca ulaşma imkanı sağlar.

Termal kamera testo 885, termal düzensizliklerin tespiti ile malzeme ve komponentler üzerindeki zayıf noktaları, yüksek bir hassaslıkla ve temas etmeksizin yakalayabilecek profesyonel ölçüm cihazıdır. Yüksek kalitede infrared ölçüm sistemi sayesinde, binalardaki en küçük enerji kayıpları ve ısı köprüleri ya da endüstriyel sistemlerdeki aşırı ısınma ve hasarları güvenle tespit etme özelliğine sahiptir (URL-3, 2017).

Fabrika ortamında buhar kayıpları, atık buhar sıcaklıkları, makinaların yüzey sıcaklıkları termal kamera yardımıyla görüntülenmiştir. Özellikle yalıtımsız vana ve boruların termal görüntüsü elde edilerek enerji kayıpları fotoğraflama yöntemiyle ortaya çıkarılmıştır. Bu görüntülerden raporlar oluşturularak ayrıntılı analizler yapma imkânı sağlanmıştır. Yalıtımın eksik olduğu boru ve özellikle vanalarda kayıpları en aza indirmenin fabrikaya sağlayacağı fayda ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Termal kameranın görüntüsü Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Termal kamera görüntüsü

3.1.2. Anemometre ölçümü

Anemometreler rüzgâr hızını elektriksel sinyale dönüştüren sensörlerdir. Kepçe, ultrasonik ve propeller anemometre olmak üzere 3 tip anemometre vardır. Fabrika bünyesinde TSE laboratuvar testleri için kullanılan anemometre ile ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlerde kompresör atık fan ısısını hesaplamak için anemometre ile ölçümler yapılmıştır. Ayrıca dış ortam sıcaklığı ve kompresörün atık ısısının sıcaklığını belirlemede kullanılmıştır.

Propeller anemometreler ise özel kuruluşların atık baca gazlarını ölçmesinde baca atık gaz hızı ve sıcaklığını belirlemede kullanılmıştır. Bu sayede şişirme, blok, kompresör ve buhar kazanı baca atık gazlarının ölçümleri yapılmış ve buradan alınan bilgiler yardımıyla enerji geri kazanım sistemleri belirlenmede önemli veriler elde edilmiştir.

Şekil 3.2.'de verilen anemometre cihazının teknik özellikleri ayrıntılı bir şekilde Çizelge 3. 2.'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Anemometre cihazı

Çizelge 3.2. Anemometre cihazının teknik özellikleri

Cihaz Adı	DT 618 Thermo-Anemometre	Sıcaklık Ölçümü	K Tipi Sensör
Ürün Özellikleri	3 ½ Dijit LCD Ekran, Data Hold ve Max Fonksiyonları		
Hava Hızı Ölçüm	0.0-45.0m/s	Sıcaklık Ölçüm	0-60°C
Pil	9V	Çözünürlük	0.1m/s
Standart Donanım	Ölçüm Probu	Doğruluk	%3
Birim	m/s, f/min, km/h, knots		

3.1.3. Buhar kaçak cihazı ölçümü

Fabrika bünyesinde bulunan ve buhar hatlarında kullanılan termostatik kondensstopların düzenli çalışıp çalışmadığını kontrol etmek için buhar kaçak cihazı kullanılmıştır. Bu sayede kondensstoptan kaynaklanan buhar kaçakları ve verimsizlikleri minimize edilmiştir. Kondensstop test ve kaçak tespiti için birden fazla yöntem kullanılabilir. Fabrikada kullanılan yöntem DR Trap Ayvaz Kondensstop Ölçme Yöntemi olup (Şekil 3.3.) ; DR Trap aynı anda hem sıcaklık ölçebilen, hem de ultrasonik sesi algılayarak değerlendirebilen bir cihazdır. Kondensstopun sağlıklı çalışıp çalışmadığını bu cihazla kontrol edebilmek için kondensstop fark basıncı, kondensstop çapı, kondensstop tipini bilmek ve cihaza girmek gerekmektedir. Bu özellikler DR Trap kontrol cihazının hafızasına önceden yüklenmiştir. Dolayısı ile hiç tecrübe gerektirmeden herkesin rahatlıkla kullanabileceği bir cihazdır. Yapılan

ölçüm sonucunu hafızasındaki bilgilerle kıyaslayarak sonucu ekranda gösterir (iyi, az kaçak, orta kaçak, büyük kaçak, bloke vb.). Hafızasına kaydedilmiş olan ölçüm sonuçlarını bilgisayar programına yüklenir ve raporlamaya hazır hale getirilir. Raporlar içerisinde grafikli olarak hangi kondensitörün ne durumda olduğu, öncelikle bakım yapılması gerekenler, kaçak miktarına- bağlı olarak parasal olarak enerji kaçak miktarını, hangi bölgede daha çok kaçak kondensitör olduğu vb. birçok önemli ve faydalı rapor alınabilmektedir (URL-4, 2016).



Şekil 3.3. Dr Trap test ölçüm cihazı

DR Trap ayvaz kondensitör ölçme cihazının teknik özellikleri ve ölçüm bilgileri Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Kondensitör test cihazının teknik özellikleri

Ağırlık	Prob PM 321: 0.58 lb (270 gram) Prosesör PM 310: 0.65 lb(310gram)	Ortam	CD - Rom
Sensör	Vibrasyon sensörü: Piezoelectro-seramik sensör Sıcaklık sensörü: Infrared	Güç	2 x 1,2 V AA şarj edilebilir pil
Sıcaklık Aralığı	Ortam Sıcaklığından 932°F (500°C) ye kadar	Sürekli Çalışma Süresi	Yaklaşık 12 saat(sürekli olarak aydınlatma ışığı kullanılırsa 9 saat)
Ölçüm Süresi	10 saniye (minimum 4 saniye)	Kondensitör Kaydetme Kapasitesi	Max.1000 adet

3.1.4. Termometre sıcaklık ölçümü

Fabrika bünyesinde ısı analizler yapılırken iç ortam ve dış ortam sıcaklıklarını belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Özellikle fabrika idari binası, fabrika üretim sahası ve dış ortam sıcaklıkları belirlemede kullanılmış ve belirlenen sistem hesaplamaları için bilgi edinilmiştir. Makinaların iç sıcaklıkları ve buhar kazanı bacasının atık gaz sıcaklığı içinse PT 100 sıcaklık ölçer kullanılmıştır. Kullanılan sıcaklık ve nem ölçerlerin görüntüsü Şekil 3.4.'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Sıcaklık ve nem ölçer görüntüsü

3.2. Enerji Geri Kazanımı Sistemi Belirlenmesi

Önceki aşamada belirlenen atık enerjinin kullanılmasına yönelik olarak uygulanması gerekli geri kazanım sistemlerinin belirlenmesi ve tasarımının gerçekleştirilmesi amacıyla bir takım çalışmalar yapılmıştır. Bu uygulamalar öncelikle buhar atık enerjisi üzerine yapılmak üzere tasarlanmıştır. Fabrika bünyesindeki makinaların enerji analizi yapıldıktan sonra enerji geri kazanım

uygulamaları buhar kazanı ekonomizer uygulaması; şişirme makinası ve blok makinası için eşanjör uygulaması; kompresör makinası için atık baca gazından ortam ısıtması ve hava kaçaklarının giderilmesi; soğutma kulesi için otomasyon uygulaması ve idari bina ısıtma uygulaması; dağıtım sistemlerinde yalıtım uygulaması; mevcut elektrik motorlarında verimliliği yüksek motorlarla değiştirme uygulaması; kondensatörlerin test edilmesi ve proseslerdeki bakım onarımın enerji verimliliği üzerindeki etkileri şeklinde yapılmıştır.

Fabrikadaki uygulanması düşünülen enerji geri kazanım sistemlerinin ilk yatırım maliyetleri, işletme maliyetleri ve ömürleri yukarıdaki şekilde hesaplanarak her bir sistemin ayrı ayrı ekonomik analizi yapılmıştır. Bu analizler yapılırken hesaplamalarda çeşitli formüller kullanılmıştır. Denklem 3.1, kazan besi suyu tankının enerji kapasitesi belirlemede kullanılmıştır. Böylece kazana girecek besi suyunun ısıtılması için ne kadar enerji gerekli bulunarak gerekli ısı geri kazanım uygulamaları için bilgi kaynağı edinilmiş olacaktır.

$$Q_{(besi\ tankı)} = m * c * (T2 - T1) \quad (3.1)$$

Denklem 3.1’de kullanılan indislerden m, minimum harcanan su miktarını, C suyun özgül ısısını ve T suyun giriş-çıkış sıcaklığını göstermektedir.

Q :Besi tankını ısıtmak için gerekli enerji miktarı (kW)

m : ağırlık (kg)

C : Özgül ısı (kJ/ kg °K)

Δt : Sıcaklık farkı

Denklem 3.1’de edilen bilgi sonucunda ortaya çıkan enerjinin doğalgaz olarak karşılığı Denklem 3.2’ deki gibi hesaplanır.

$$\eta_{(yakıt)} = Q_{(besi\ tankı)} / H_u \quad (3.2)$$

Denklem 3.2’de kullanılan indislerden $\eta_{(yakıt)}$; günlük doğalgaz miktarını, H_u doğalgazın alt ısı değerini göstermektedir.

$\eta_{(yakıt)}$: Doğalgaz miktarı (Nm^3)

Hu: Alt ısı değer ($\frac{kJ}{m^3}$)

Denklem 3.2’de bulunan doğalgaz miktarına bağlı olarak besi tankının ön ısıtması için gerekli günlük yakıt maliyeti Denklem 3.3’ teki gibi hesaplanır.

$$GYM = \eta_{(yakıt)} * YBF \quad (3.3)$$

Denklem 3.3’de kullanılan indislerden GYM; günlük yakıt maliyeti, YBF ise doğalgazın birim fiyatını göstermektedir. Elde edilen GYM değeri ile yıllık çalışma süresi çarpılırsa Denklem 3.4’ teki gibi yıllık ısıtma maliyeti bulunur.

$$YIM = GYM * \text{ÇGS} \quad (3.4)$$

Burada YIM yıllık ısıtma maliyeti; ÇGS ise yıllık çalışılan gün sayısını verir. Bu 4 denklemden faydalanarak besi tankının yıllık ısıtma maliyeti bulunduğu gibi aynı zamanda besi tankına yapılacak uygulamalarla elde edilecek tasarruf potansiyeli de bulunmuş olur. Denklem 3.4 aynı zamanda bize yıllık tasarruf miktarını (YTM) da verir.

Fabrikada bir başka ısı geri kazanım sisteminin uygulanması düşünülen ve özellikle pnömatik valf sistemleri için kullanılan havanın üretildiği kompresör makinasının atık enerji miktarını belirlemek için Denklem 3.5’ teki formül kullanılmıştır. Elde edilecek sonuçlar doğrultusuna göre atık ısıyı değerlendirmek için uygulama yapılacaktır.

$$Q_{(kompresör atık ısı)} = \dot{m} * \Delta h \quad (3.5)$$

Bu eşitlikte Δh ; havanın farklı sıcaklıklardaki entalpi değişimini, \dot{m} ise havanın kütleli debisini vermektedir. Havanın kütleli debisini hesaplariken Denklem 3.6’ dan yararlanılır.

$$\dot{m} = \rho * \dot{v} \quad (3.6)$$

Bu eşitlikte ρ , atık havanın yoğunluğunu, \dot{V} atık havanın hacimsel debisini vermektedir.

Q : Isı enerjisi (kW) \dot{m} :Kütlesel debi (kg/sn) Δh : Entalpi değişimi(kj/kg)

Fabrikada bulunan buhar kazanının toplam çalışma süresini bulmak için Denklem 3.7'den faydalanılmıştır. Buhar kazanının enerji üretim kapasitesi yüksek olduğundan tek vardiyada günlük maksimum çalışma süresi bilinmelidir. Böylece kazanın tükettiği yakıt miktarına bağlı olarak kapasitesine göre günlük çalışmış olduğu süre bulunacaktır. Bu sayede kazanın kapasitesine göre değil kullanım miktarına göre net enerji tasarruf miktarı bulunacaktır. Hesaplanan çalışma süresi ile gerçek kazanç ortaya çıkmış olacaktır.

$$T_{(\text{KAZAN ÇALIŞMA SÜRESİ})} = (\text{KEK}/\text{GET}) \quad (3.7)$$

Eşitlik 4'te KEK; kazan enerji kapasitesini(kW), GET; günlük enerji tüketimini (kj/gün) göstermektedir. KEK değeri bulunurken Çizelge 4.2.'deki kazan ısı gücü (KIG) ve yakıt verimi ($\eta_{(\text{yanma})}$) değerlerinden yararlanarak Denklem 3.8 oluşturulmuştur.

$$\text{KEK} = \text{KIG} * \eta_{(\text{yanma})} \quad (3.8)$$

Fabrikada mevcut sistemde enerji tüketen birden fazla elektrik motorları bulunmaktadır. Kullanılan bu motorların enerji verimlilik düzeylerinin tespit edilmesi ve gerekli tasarruf uygulamalarının yapılması için Denklem 3.9'dan faydalanılmıştır.

$$Q_{(\text{Yıllık elektrik enerjisi tasarrufu})} = \text{MG} * \text{YF} * \dot{I}\dot{S} * [(1/\text{EFF2}) - (1/\text{EFF1})] \quad (3.9)$$

Bu eşitlikte M.G; motor gücü (kW), Y.F; motor yük faktörü, $\dot{I}\dot{S}$; motorun günlük çalışma süresini(h/gün), EFF2 ve EFF1 motorun verimlilik sınıfını

göstermektedir. Elde edilen veriler ışığında fabrikada kullanılan elektrik motorlarının daha verimli motorlarla değiştirilmesinin fabrikaya getirisi hesaplanacaktır.

3.3. Önerilen Sistemin Performans Analizi

Önerilen geri kazanım sisteminin enerji performansına etkisinin belirlenmesi için detaylı analizler yapılarak istenilen üretim dönemlerinde enerji tasarruf miktarı belirlenmiştir. Bu kapsamda sistemler için uygulama sonrasında ortaya çıkan enerji tasarruf miktarları tek tek hesaplanarak yatırımın yıllık mali getirisi hesaplanmıştır.

Getiri değeri uygulanan sistemlerin ömrü ile orantılı olarak önem kazanmakta ve uygulamaya değer olup olmadığının kararı verilmektedir. Bu yüzden gerekli sistemlerin ömür boyu maliyet analizinin yapılması önem kazanmıştır.

3.4. Ekonomik Analiz

Yapılacak yatırımın ekonomik göstergelere göre geri ödeme süresi belirlenecektir. Bunun için önerilen ömür boyu maliyet analizi gerçekleştirilecektir. Böylece yapılması düşünülen enerji tasarruf uygulamalarının gerekli olup olmadığı ortaya çıkarılmış olacaktır. Bunun için analiz kısmında bugünkü değer maliyeti (Present Worth Cost Analysis) yöntemi kullanılmıştır.

Bugünkü değer maliyeti (PWF), gelecekte ödenecek veya alınacak bir miktar paranın bugünkü değerine, bugünkü değer denilmektedir. Bir sistem veya cihazın tüm ömrü boyunca oluşacak toplam maliyeti PWF'yi verir. Bugünkü değeri hesaplamak için kullanılan faiz oranına ise iskonto oranı denir. Bugünkü değeri hesaplamada aşağıdaki işlemler yapılır.

1. Hesaplama yapılacak faiz oranına (i) karar verilir. Bu değer yatırımdan beklenen kar oranını göstermektedir. Genellikle minimum kabul edilebilir kar oranı (MKKO) kullanılır.
2. Projenin ekonomik ömrü tahmin edilir (n)

3. Ekonomik ömür içindeki nakit akışı (gelirler ve giderler) tahmin edilir
4. Net nakit akışı belirlenir.
5. Her bir alternatifin nakit akışının toplam bugünkü eşdeğeri bulunur.

Denklem 3.10'a göre şimdiki maliyet analizi yöntemi aşağıdaki şekilde bulunur. Kullanılan indislerin açıklamaları aşağıda verilmiştir.

$$PWF = [((1 + i)^n - 1)/i(1 + i)^n] \quad (3.10)$$

PWF = Eşdeğer oran i = Faiz Oranı n = Malzemenin ömrü

İndirim faktörü olarak adlandırılan pwf, denklemde olduğu gibi ifade edilebilir. Enflasyon oranına (g) ve faiz oranına (I) bağlıdır ve aşağıda gösterildiği gibi enflasyon için düzeltilmiş bir değerdir. Enflasyona göre düzeltilmiş faiz oranı, i olarak gösterilir ve aşağıdaki eşitliklerle (Denklem 3.11, 3.12) gösterilir (Aktacir, 2005).

$$\text{Eğer } I > g \text{ ise } i = (I - g)/(1 + g) \text{ ve } PWF = ((i + 1)^n - 1)/i * (i + 1) \quad (3.11)$$

$$\text{Eğer } g > I \text{ ise } i = (g - I)/(1 + I) \text{ ve } PWF = 1 / (i + 1) \quad (3.12)$$

Buradan elde edilen PWF değeri ile yatırımın toplam maliyeti (A_0) kullanılarak yatırımın yıllık maliyeti (P_0) Denklem 3.13'teki gibi bulunur.

$$P_0 = A_0 * PWF \quad (3.13)$$

3.5. Fabrikadaki buhar kazanı ve besi suyu tankının incelenmesi

Tipik bir buhar kullanan işletmede, kazanda yakıtın yanmasıyla elde edilen ısı enerjisi ile buhar üretilir. İyi bir ısı enerjisi taşıyıcısı olan buhar, dağıtım hatları ile enerjinin tüketileceği proses ekipmanına sevk edilir. Buharlaştırma ısısını, ısı transfer yüzeylerinden prosese aktaran buhar, aynı basınçta kondens (su) fazına geçerek kazan dairesine geri gönderilir. Hedef fabrikada ise kullanılan buhar proses ve malzemeye tatbik edildikten sonra atmosfere egzoz edilir.

Bir kazanın yakıt tüketiminde gereğinden fazla yakıt tükettiğini anlayabilmek, farklı tüketim şartlarında kazan performansı karşılaştırabilmek için ortak bir parametre belirlemek gerekmektedir. Bu parametre kazan verimi olarak adlandırılır.

Termodinamik olarak kazan verimi, kazandan elde edilen ısı enerjisinin kazana yakıt formunda verilen ısı enerjisine oranıdır.

$$\text{Kazan Verimi} = \frac{\text{Elde Edilen Isı Enerjisi}}{\text{Verilen Isı Enerjisi}} \times 100$$

Her kazan üreticisi firma, kazanının genel verimini ve buna bağlı olarak muhtemel yakıt tüketimini beyan eder. Ancak, beyan edilen bu değerler, hava – yakıt oranı, yakıt özellikleri, baca gazı sıcaklığı, besi suyu değeri, kazan yükleme oranı, izolasyon vb. parametrelerin kabul edilmesine dayanılarak tespit edilir. Zaman içerisinde değişim gösteren parametrelere bağlı olarak kazan verimi dolayısı ile yakıt tüketim miktarı da değişir. Neticede verim düşer, bir başka deyişle kayıplar artar. Buhar kazanlarında kayıplar 5 ana kategoride toplanabilir. Bunlar:

- Baca Kaybı (% 4-12) : Bacadan atılan gazın sıcaklığına bağlı olan duyulur ısı enerjisi kaybı
- Entalpi Kaybı (% 7-9) : Bacadan atılan gazın içerisinde bulunan su buharı ile taşınan gizli ısı enerjisi kaybı
- Çeper (Yüzey) Kaybı (% 1-2) : Kazanın dış yüzeyinden ortama atılan ısı enerjisi kaybı
- Blöf Kaybı (% 2-5) : Kazandan yapılan blöflerle atılan ısı enerjisi kaybı
- Yanma Kaybı (% 0-6) : Brülörden yanmamış olarak atılan yakıtın sahip olduğu ısı enerjisine bağlı kayıplardır (Ünlü, 2009).

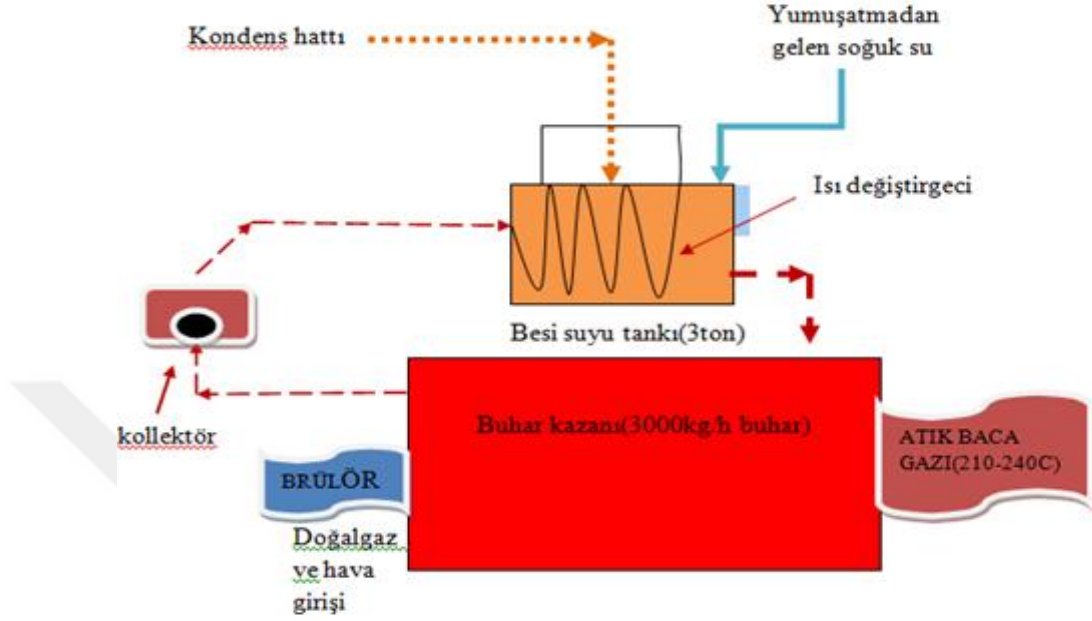
Genellikle bu kayıpların toplamı % 15 oranında olmaktadır. Bu oranın üzerinde olduğu durumlarda kazanda ciddi bir problem olduğu dikkate alınmalı ve gerekli düzeltici faaliyet acil olarak yapılmalıdır (Turhan, 2012).

Fabrikada bulunan buhar kazanı (Şekil 3.5.) incelendiğinde EPS üretim makineleriyle beraber paket dahili şeklinde alınmıştır. Buhar kazanı mevcut kullanım kapasitesi dikkate alındığında mevcut sistemin kapasite artırma gitmiş hali düşünülerek seçilmiş ve bu yüzden kapasitesi günlük tüketime göre yüksek seçilmiştir. Kullanım kapasitesi dikkate alınmadığından enerji verimliliği düşünülmeden alınmış bir buhar kazanı olduğu anlaşılmıştır 3000kg/h' lik bir buhar kapasitesine sahip olan kazan; mevcut üretim prosesine ek makinaları kaldıracak kapasitededir. Bu sebepten dolayı kazanın sürekli dur kalk pozisyonunda olması mevcut elektrik sarfiyatını artırmakta, kazanda tekrarlayan ısınma ve soğuma gerçekleştiğinden yakıt kaybını artırmakta ve kazan verimini olumsuz yönde etkilemektedir. Buhar kazanı aynı zamanda baca atık ısısının değerlendirilmesi düşünülmeden alınmıştır. Bu kapsamda baca atık ısısını kullanmak için bir baca ekonomizeri kullanımı tasarlanmış ve bu uygulamada elde edilecek tasarruf hesaplanmaya çalışılmıştır. Aynı zamanda kazanın otomasyon sisteminin geliştirilmesi yönünde iyileştirmeler yapıp enerji verimliliğinin yanında kazanın kullanım ömrünün uzatılabileceği görülmüştür.



Şekil 3.5. Fabrikadaki buhar kazanı

Şekil 3.6.'da buhar kazanının besi suyu tankı ile beraber çalışması gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Buhar kazanı ve besi suyunun şematik gösterimi

Fabrikada bulunan buhar kazanı EPS üretimi için gerekli buhar enerjisini karşılamaktadır. Buhar kazanı silindirik tip, alev borulu ve 2 geçişli buhar kazanı türündendir. Buhar üretimi için doğal gaz kullanımı mevcuttur. Üretilen buhar, farklı makinalarda EPS üretimi için kullanılmaktadır ve aynı zamanda besi suyu tankının ön ısıtılması için buhar tüketimi gerçekleştirilir. Kazanın kapasitesi ve çalışma bilgileri Çizelge 3.4.' de aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Buhar kazanı kapasite bilgileri

KAZAN	KAPASİTE
Isı Gücü	2 090 kW
Buhar Kapasitesi	3000 kg/h
Yakıt Tüketimi	100 m ³ /h
Yakıt Türü	Doğalgaz
Baca Gazı Debisi:	17 318 m ³ /h (Ort.)
Baca Gazı Sıcaklığı	200 - 240°C
Yanma Verimi	%90 (Ort.)
Bacanın Yerden Yüksekliği	10 m
Günlük Kullanılan Doğalgaz Miktar	1000 m ³ (Max.)
Haftalık Çalışma Gün Sayısı	6 Gün (tek vardiya)

Besi suyu kazanı EPS fabrikasındaki az da olsa kondens hatlarının dönüşünün toplandığı kazana sürekli su girişinin sağlandığı depo görevi gören kısımdır. Aynı zamanda şebekeden alınan soğuk suyu kollektörden gelen buhar vasıtasıyla ısıtarak kazana ısıtılmış bir şekilde su temini sağlar. Kollektörden aldığı buhar, kazan tarafından üretilen buhardır.

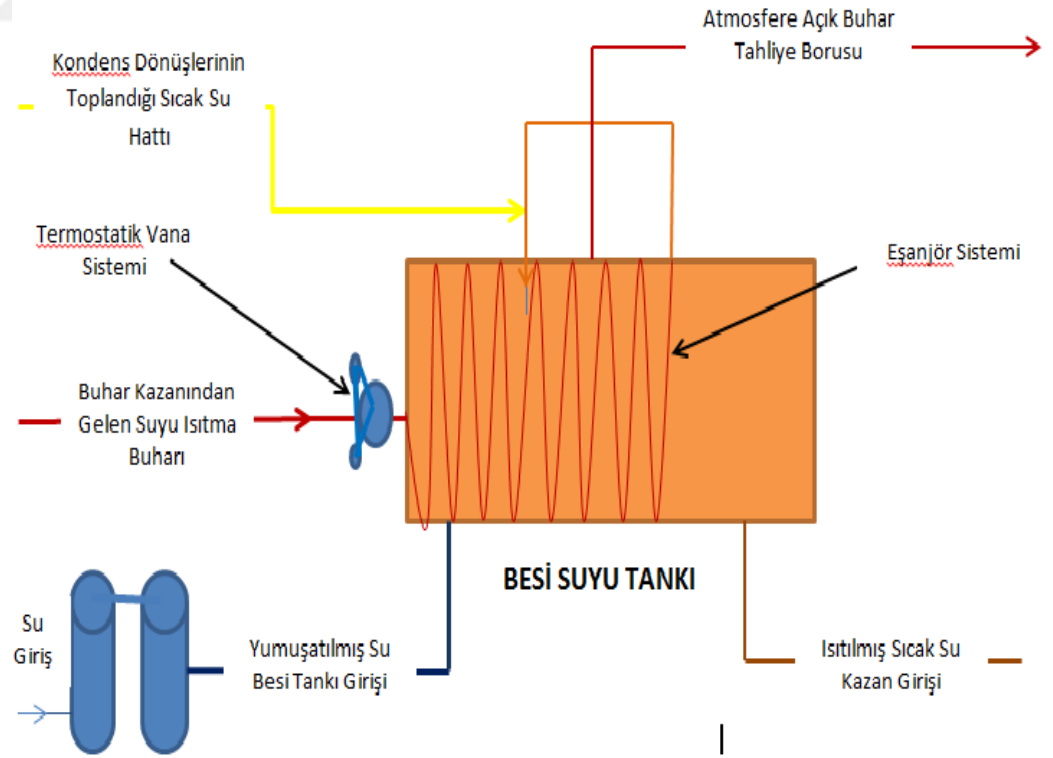
Kazandan gelen buhar kondensatör devresinden geçerek iletim borusu vasıtasıyla besi suyu tankının girişine gelir. Besi suyu tankının girişinde bulunan termostatik vanaya giren buhar eşanjör vasıtasıyla soğuk suyu ısıtarak yoğunlaştırılarak tekrardan tank içine boşaltılır. Kazana girecek besi suyunun sıcaklığı termostatik vana yardımıyla istenilen ölçüde sabitlenir. Böylece istenilen sıcaklığa geldiğinde termostatik vana buharı keserek besi suyu tankındaki suyun daha fazla ısınmasına engel olur. Şekil 3.7. , Şekil 3.8. ve Şekil 3.9.' da besi suyu tankının genel görüntüsü, besleme şekli ve ısıtma şekli gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Termostatik vana görüntüsü



Şekil 3.8. Besi suyu kazanı ve yumuşatma cihazı



Şekil 3.9. Besi suyu kazanı ısıtma şekli

Besi suyu tankının kullanım kapasitesi Çizelge 3.5.'te aşağıdaki şekilde tablo haline getirilerek verimlilik hesaplamalarında kullanılacaktır.

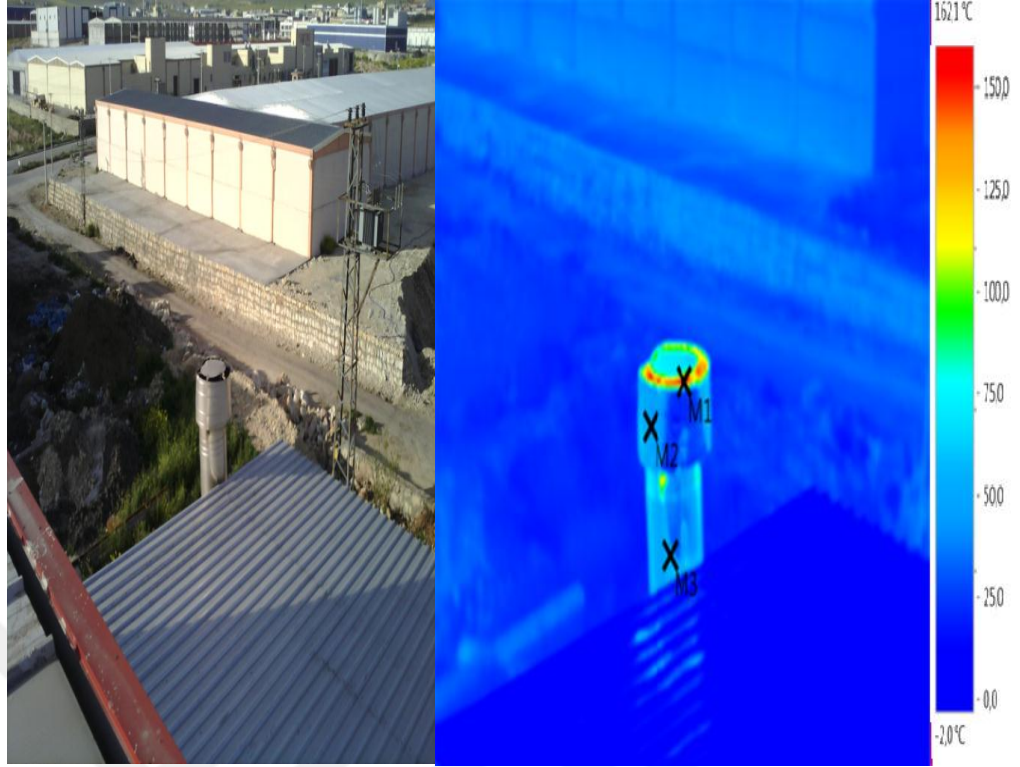
Çizelge 3.5. Besi suyu tank kapasitesi

KONDENS TANKI	KAPASİTE
Kullanılan Su Miktarı	15-20 ton/gün
Su Giriş Sıcaklığı	20°C-30°C
Su Çıkış Sıcaklığı	80°C-90°C
Hacmi	3ton
Kullanılan Su Özelliği	yumuşatılmış
Isıtma türü	Kazan buharı
Dolum Şekli	Elektronik Şamandıra

Fabrikada bulunan buhar kazanının kullandığı doğalgaz yanma işlemi sonrasında yüksek sıcaklıkta artık gazlar şeklinde dışarı atılmaktadır (Şekil 3.10.). Buhar kazanının aynı zamanda besi suyu tankı ön ısıtma işlemi için gerekli buharı buhar kazanından temin etmektedir.

Fabrikadaki bu buhar kazanı sisteminde atık ısının değerlendirilmemesi görülmeyen bir enerji sarfiyatıdır. Aynı zamanda besi suyu tankının sürekli bir şekilde buharla ısıtılması dolayısıyla, besi suyu tankını buhar tüketen bir makine konumuna gelmesi sağlanmıştır.

Bu bilgiler kapsamında kazanda yakılan doğalgazın, bacadan çıkan atık gazının ısısından yararlanarak bir enerji tasarrufu sağlanabileceği, bu uygulamanın kazanda yapılması gereken en önemli uygulama olduğu görülmüştür. Bacadan atılan yüksek sıcaklıktaki gazın, kazana giren besi suyunun ön ısıtmasında kullanılabileceği görülmüştür. Yüksek sıcaklıktaki baca gazının, düşük sıcaklıktaki suyu ısıtarak enerjisini suya aktarması sonucu hem atık ısı değerlendirilmiş olur, hem de buhar tüketimi azaltılmış olur. Burada kazanılacak ısı kazancı buhar kazanına uygulanacak sistemin enerji kapasitesiyle orantılıdır. Sistemin kapasitesi ne kadar fazla olursa olsun besi suyu tankını ısıtma için gerekli enerji miktarından fazla tasarruf sağlanamayacaktır.



Şekil 3.10. Atık baca gazının termal görüntüsü

3.6. Fabrikadaki hava kompresörünün incelenmesi

Basınçlı hava en pahalı enerjidir. Emiş havasının her 5 °C düşük girmesi verimi %2 artırır. Kompresörlerin emişleri kuzey taraftan yaptırılmalıdır. Kompresör atık ısını geri kazanım projeleri ile %60 tasarruf imkanı sağlanabilmektedir. Basınçlı hava kaçaklarını önleme ile 1mm' lik delikten 7 bar basınçta 4.72 m³/h kaçak engellenmiş olur. Bu tasarruf yıllık 52 kW elektriğe tekabül eder. Endüstriyel tesislerde kullanımı yönünden çok değerli, olmazsa olmaz kaynaklardan biri olan "basınçlı hava" bu tesislerin en çok para ödedikleri işlemlerden bir tanesini oluşturmaktadır. Kompresörler birçok sanayi tesisinde en çok enerji harcayan ekipmanların başında gelmektedir. Kompresörler, kurutucular ve diğer destek ekipmanlarının bir yıllık çalışma maliyetleri toplam yıllık ödenen elektrik faturasının % 70'ini oluşturmaktadır. Basınçlı hava sisteminde olacak bir arıza birçok tesiste üretimin durmasına sebep olmaktadır. Günümüzde kompresörsüz bir fabrika düşünmek oldukça zordur. Üretim sahalarında basınçlı hava; matkap, hava tabancaları ve öğütücüler gibi küçük el aletlerinden akışkan depolanması, işlem

tankları ve pnömatik ekipmanlar gibi birçok yerde kullanılmaktadır. Yapılan enerji tasarrufu çalışmalarında, enerji tasarruf potansiyelinin en yüksek olduğu alanlardan birinin basınçlı hava sistemi olduğu görülmüştür. 10 kW ile 10.000 kW arasında üretim kapasitesine sahip kompresör sistemlerindeki yetersiz tesisat ve bakımdan kaynaklanan enerji kaybı, kompresörün harcadığı enerjinin %50'sine varabilir ve basit işletme tedbirleri ile bunun yarısının önlenmesi pratik olarak mümkündür . Bir kompresörü bir sene çalıştırmak için harcanan elektrik enerjisinin maliyeti genelde kompresörün satın alma fiyatını geçer. Örneğin 100 kW gücünde ve %90 verimle çalışan bir elektrik motoruna sahip kompresörün yılda 6000 saat çalıştığı varsayılırsa, 0.07 USD/kWh enerji birim fiyatı için yıllık enerji harcaması 46,600 USD'dir. Bu örnek basınçlı hava sistemindeki tasarrufun rakamsal boyutunu ortaya koymaktadır. Hava kaçıkları, basınçlı hava sisteminde meydana gelen enerji kayıplarının en önde gelen sebebidir. Bir kompresörün hava kaçıklarının oluşturduğu basınç düşümünü önlemesi için daha uzun zaman çalışması gerekmektedir. Çeşitli çalışmaların gösterdiğine göre, üretilen basınçlı havanın yaklaşık % 25'i sızıntılar nedeniyle kayıp olmaktadır. Bu kayıpların tamamen önlenmesi pratik değildir ve % 10'a indirilmesi kabul edilebilir bir sınır olarak benimsenmektedir. Kaçak hava miktarı hat basıncına, basınçlı havanın kaçak noktasındaki sıcaklığına, kompresör emişindeki hava sıcaklığına ve havanın kaçtığı deliğin çapına bağlıdır. Genelde hava kaçıkları, boruların bağlantı yerlerinde, flaşlarda, manşon ve dirseklerde redüksiyonlarda, vana gövdelerinde, filtrelerde, hortumlarda, çek vanalarda, uzatmalarda ve basınçlı havayı kullanan cihazlarda olmaktadır. Sıcaklık değişimleri ve titreşim bağlantılarının gevşemesinin ve böylece de sızıntıların başlıca sebepleridir. Bu nedenle boruların birleşme yerlerini periyodik olarak gözden geçirmek bu konuda yapılacakların başında gelir. Kaçaklar genelde son kullanım yerinde veya basınçlı hava hattının ekipmana bağlandığı yerde olur. Sık sık basınçlı hava girişinin açıp kapandığı bu gibi yerlerde contalar hızla bozulur. Bu nedenle contaların da periyodik olarak bakımının yapılarak eskiyenlerin değiştirilmesi gereklidir. Basınçlı hava kaçıklarını bulmanın birçok metodu vardır. Kullanılan en modern metot, ultrasonik ses detektörü kullanmaktır. Hava kaçıklarının oluşturdukları, insan kulağının duyamayacağı seviyedeki sesleri bir mikrofon vasıtası ile algılayarak, kulağın duyabileceği seviyeye yükselterek çalışan bu cihazlar ile yaklaşık da olsa kaçan havanın miktarını da

tahmin etmek mümkündür. Basıncı hava sistemi kayıplarının hesaplarında kompresör tipine bağlı olarak kompresör verimi kullanılır. Delik çapı büyüdükçe basınç kayıpları eksponensiyel olarak artmaktadır. Bir basınçlı hava hattında eğer basınç 2 atmosferin üstünde ise havanın hızı kaçığın olduğu delikte ses hızına eşittir. Bir basınçlı hava hattındaki delikler dolayısıyla kaçan havanın neden olduğu mekanik iş kaybı bu kaçan havayı sıkıştırmak için kompresörde harcanan işe eşittir (URL-5 , 2010).

3.7. Fabrikadaki elektrik motorlarının incelenmesi

Elektrik motorlarının dünyadaki kullanımına bakarsak; binalarda kullanılan elektriğin %30'u endüstri ve alt yapıda ise % 70'i elektrik motorları tarafından tüketilmektedir. Asenkron elektrik motorları ülkemizin toplam elektrik tüketiminin yaklaşık %36'sını oluşturmaktadır. Hatta sanayide sektörel alanda bu oran % 80'lere kadar çıkmaktadır. Bu sebeple elektrik motorlarında verimi artırıcı önlemler ülkemizin elektrik tüketimi konusundaki tasarruf planlarına büyük katkı sağlayacaktır.

Satın alma maliyeti, ortalama motor ömrü boyunca toplam maliyetin % 2'lik kısmına denk gelmektedir. Tek bir motor sarımının maliyeti toplam tutarın % 1'ini oluşturmaktadır. Elektrik motorunun kullanım ömrü boyunca tükettiği elektrik enerjisinin maliyeti ise toplam maliyetin %97'sine tekabül etmektedir.

Elektrik Motorları 1998 yılında CEMEP (Avrupa Elektrik Makineleri ve Elektroniği İmalatçıları Komitesi) tarafından hazırlanan dokümana göre 1.1 kW ile 90 kW arasında 3 temel verimlilik sınıfında üretilmekte ve değerlendirilmekteydi. (EFF1 sınıf = En verimli EFF2 sınıf = Orta verimli EFF3 sınıf = En verimsiz)

Yeni hazırlanan IEC 60034-30: 2008 standardına göre elektrik motorları için verimlilik sınıfları 0.75 kW ile 375 kW arasına genişletilmiş olup tanımlamaları Çizelge 3.6.'da aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur.

Çizelge 3.6. Elektrik motorlarının sınıflandırılması

CEMEP (1998)		IE4	Süper Premium Verimli
		IE3	Premium Verimli
Yüksek Verimli	EFF1	IE2	Yüksek Verimli
Verimi Artırılmış	EFF2	IE1	Standart Verimli,
Düşük Verimli	EFF3	IEC60034-30 (2008)	

Mevcut motorların yüksek verimli motorlar ile değiştirilmesi konusunda, enerji tasarrufu hesabı yapabilmek için şu bilgilerin bilinmesi gerekir;

- Mevcut motorun anma gücü ve devri (etiket bilgilerinden elde edilebilir)
- Yüklenme oranı (bilinmediği durumlarda yüklenme %80 olarak düşünülebilir)
- Yıllık toplam çalışma saati

Elektrik motor sistemlerinde enerji verimliliğini artırmak için şu hususlara dikkat etmek gerekir:

- Motor Seçimi - Güç Kalitesi - Motor Kontrol Sistemleri
- Güç İletim Sistemleri Ekipmanlar (fan, pompa, kompresör vb.)
- Sistem ve Tasarım Proses Tipi Bakım

Yüksek verimli motor kullanımı ile %10 oranında enerji verimliliği sağlanabilir. İhtiyaca göre doğru ölçülendirme yapılmalıdır, %75-80 yükte motor verimi azami seviyeye ulaşır. 11 kW altı uygulamalarda senkron motor kullanımı %30'a varan tasarruf sağlar. Motorun düşük yükte çalışması, aşırı ısınmaya sebep olur. Motor ömrünü kısaltır. Motor değişiminde, güç ile kullanım süresi birlikte değerlendirilmelidir. Yıllık kullanım süresi 800 saatten az olan motorların değişimi anlamsız olabilir. Tüm bunların yanı sıra motorun verimi tek başına yeterli olmamaktadır. Kullanılacağı sistem ile birlikte toplam sistemin verimliliği göz önünde bulundurulmalıdır. CEMEP (Avrupa Elektrik Makineleri ve Elektronik İmalatçıları Komitesi) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre motorların enerji verimliliği Çizelge 3.7.'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Elektrik motorlarının verim değerlerine göre sınıflandırılması

Çıkış Gücü(kW)	2 Kutuplu Motorlar %			4 Kutuplu Motorlar %		
	EFF1	EFF2	EFF3	EFF1	EFF2	EFF3
1.1	> = 82.8	>= 76.2	< 76.2	>= 83.8	>= 76.2	< 76.2
1.5	> = 84.1	>= 78.5	< 78.5	>= 85.0	>= 78.5	< 78.5
2.2	> = 85.6	>= 81.0	< 81.0	>= 86.4	>= 81.0	< 81.0
3	> = 86.7	>= 82.6	< 82.6	>= 87.4	>= 82.6	< 82.6
4	> = 87.6	>= 84.2	< 84.2	>= 88.3	>= 84.2	< 84.2
5.5	> = 88.6	>= 85.7	< 85.7	>= 89.2	>= 85.7	< 85.7
7.5	> = 89.5	>= 87.0	< 87.0	>= 90.1	>= 87.0	< 87.0
11	> = 90.5	>= 88.4	< 88.4	>= 91.0	>= 88.4	< 88.4
15	> = 91.3	>= 89.4	< 89.4	>= 91.8	>= 89.4	< 89.4
18.5	> = 91.8	>= 90.0	< 90.0	>= 92.2	>= 90.0	< 90.0
22	> = 92.2	>= 90.5	< 90.5	>= 92.6	>= 90.5	< 90.5
30	> = 92.9	>= 91.4	< 91.4	>= 93.2	>= 91.4	< 91.4
37	> = 93.3	>= 92.0	< 92.0	>= 93.6	>= 92.0	< 92.0
45	> = 93.7	>= 92.5	< 92.5	>= 93.9	>= 92.5	< 92.5
55	> = 94.0	>= 93.0	< 93.0	>= 94.2	>= 93.0	< 93.0
75	> = 94.6	>= 93.6	< 93.6	>= 94.7	>= 93.6	< 93.6
90	> = 95.0	>= 93.9	< 93.9	>= 95.0	>= 93.9	< 93.9

Verimliliğin bu şekilde sınıflandırılması; işletmelerdeki teknik sorumlular için motor seçiminde büyük kolaylık sağlamaktadır. Enerji tasarrufu analizlerinde elektrik motorlarının enerji kimliklerinin oluşturulması gerçekleştirilebilmektedir.

Gelişmiş birçok ülkede EFF3 verim sınıfına sahip elektrik motorlarının kullanımları yasaklanmış ve EFF1 verim sınıfına sahip elektrik motorlarının kullanımı yaygınlaştırılmaya çalışılırken ülkemizde birçok endüstriyel tesiste EFF3 verim sınıfına sahip elektrik motorları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun nedeninin daha çok ilk satın alma maliyetlerinin göz önünde bulundurulmasından kaynaklandığı öngörülmektedir. Fakat elektrik enerjisinde sağlanan önemli miktardaki enerji tasarrufu ilk satın alma maliyetini kısa süreli işletme süresinde elimine edebilmektedir. Bu durumu örnek bir uygulama ile tespit edebiliriz. Aynı güç ve devirlere sahip farklı verimlilik sınıflarına sahip iki motor ele alınabilir (URL-6, 2010).

4.ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Fabrika Üretim Hattı ve Yöntemi

EPS (buharla genişletilebilen tanecik) ısı yalıtım malzemeleri içinde pentan gazı olan granül halindeki termoplastik malzemelerden üretilir. Farklı büyüklüklerde (çap) olan tanecikler üretilecek ürün çeşidine göre tedarik edilip, üretimde kullanılmaktadır. Tanecikler içerisinde bulunan pentan gazı, üretim sırasında üzerine tatbik edilen su buharı yardımıyla taneciklerin genişmesini sağlamada kullanılır. Genleşen hammadde tanecikleri içerisinde %98'e kadar hava bulundururlar. Bu sayede ısıl geçirgenlikleri çok düşük olduklarından yalıtım amaçlı kullanılırlar. EPS hammaddesi tanecikleri daha önceden içerisine tedarikçi firma tarafından pentan gazı emdirilip işletmeye ambalajlı bir şekilde gönderilir.

EPS tanecikleri ilk olarak şişirme makinesinde şişirilme işlemine tabi tutulurlar. Burada makineye gelen 0.5 bar basınçtaki buhar EPS taneciklerinin yaklaşık 100 kata kadar büyümesini sağlar. Bu işlem sırasında kullanılan buhar aynı zamanda atmosfere egzoz edilir. Şişirme için kullanılan buhar büyük bir kısmı egzoz olarak atılmakta ve büyük bir enerji kaybı oluşturmaktadır. Tanecikleri şişirme işlemi sırasında üretilen ürün özelliğine göre 90 sn'lik bir çevrimde 55 sn, 210 sn'lik bir çevrimde 175 sn gibi bir zaman diliminde, 0.12 bar ile 0.2 bar buhara tabi tutulmakta ve bu buhar sürekli egzoz edilmektedir. Sistem açık bir sistem olduğundan hammaddeye tatbik edilen buhar, işlem sırasında aynı zamanda atmosfere atılmakta ve yaklaşık % 80'lik kısmı ilk anda kayıp olarak dış ortama bırakılmaktadır.

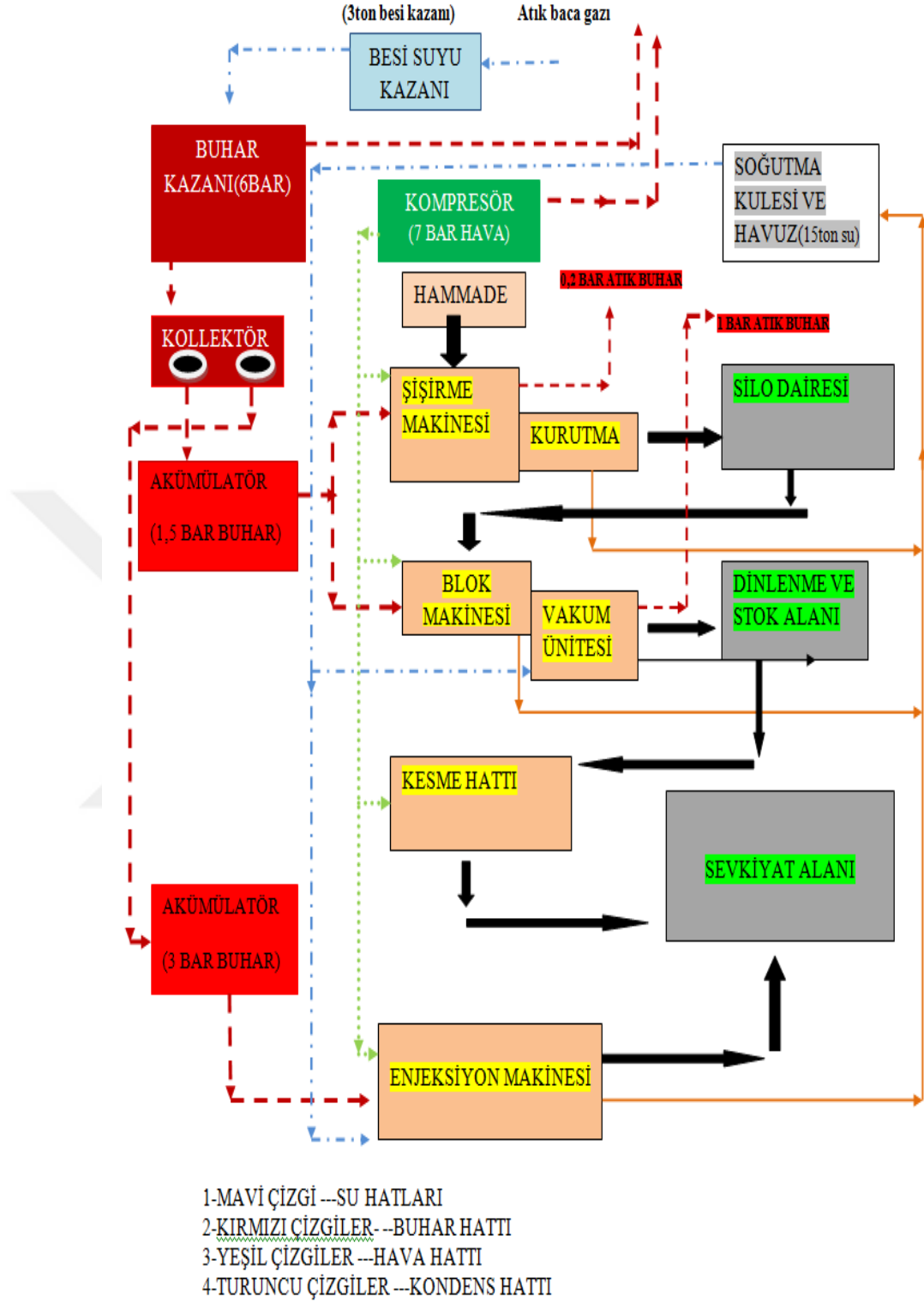
Makinede şişirilen tanecikler daha sonra akışkan yataklı kurutucuda ortam havası ile kurutmaya tabi tutulur. Böylece sıcak ve yumuşak olan tanecikler kurutularak deformasyona uğramadan istenilen yoğunluğun sağlanmasında önemli rol oynar. Kurutmaya tabi tutulan tanecikler dinlenme silolarına gönderilerek dinlenmeye alınırlar. Silolar anti-statik malzemeden üretilmiş olup malzemenin hava sirkülasyonunun sağlanması için gözenekli yapıdadır. Buradaki amaç buhar

yardımıyla şişirmeyi sağlayan pentan gazının atmosfere atılarak bloklama işleminin gerçekleşmesini sağlamak ve aynı zamanda içerisinde nemin de bulunduğu taneciklerin kurumasını beklemektir. Malzeme gözeneklerinde bulunan pentan gazı havadan daha ağır bir gaz olduğundan yer tabanına çöker ve doğal hava sirkülasyonu ile ortamdan uzaklaştırılır. Silo dairesinin ısısının yüksek olması pentan gazı salınımının ve taneciklerin kurumasının hızlı olması anlamına gelmektedir. Bu işlem ne kadar hızlı gerçekleştirilirse üretim kapasitesi olumlu yönde etkilenir. Bu sayede işletmede kullanılan üretim başına kullanılan enerji düşürülerek enerji verimliliği pozitif yönde etkilenmiş olur. Silo dairesinde pentan gazının atmosfere bırakılması işlemi beklendikten sonra ürün blok makinesine hava fanı yardımıyla gönderilerek burada 1.5'bar da gelen buharla pişirme(kalıplama) işlemi gerçekleştirilir. Buharlama esnasında tanecikler birbirlerine yapışarak bal peteği bir görünüm halini alır. Bu esnada buharlama şekillerine göre atık buhar atmosfere atılır. Blok makinesinde kalıplanan ürün daha sonra dinlenme alanına alınarak kurumaya bırakılır. Yaklaşık 7 ile 21 gün arasında dinlendirilen ürünler kesme makinesine alınarak söve, levha ve asmolen çeşitlerinde farklı ölçülerde kesilirler.

Elektrik maliyetleri de hesaba katılırsa (aylık ortalama 4000 TL) enerji giderleri aylık toplam maliyetin yaklaşık % 12'sini oluşturmaktadır. Hammadde fiyatının maliyet hesabında büyük yer kapladığı EPS üretiminde enerji maliyetlerinde yapılacak iyileştirmeler rekabet gücünü artırarak, düşük kar oranına sahip sektörde işletmeyi pazar payında avantajlı hale getirerek hem işletmeye katkısı olacaktır, hem de yapılan enerji tasarruflarıyla bölge sanayisine ve diğer yatırımcılara kayıp enerjinin değerlendirilmesi konusunda örnek olacaktır. Bu hesaplamalar ve uygulamalar bu bölümde ayrıntılı bir şekilde aşağıdaki aşamalarda gösterilmiştir.

4.2. Fabrika Enerji ve İş Akış Seması

Edessa Strafor bünyesinde kullanılan ve işletmeye ait makinelerin her birinin enerji ölçümleri ayrı ayrı yapılmıştır. Bu parametrelerden yola çıkarak buhar, elektrik ve hava kullanılan bölümler ve makineler Şekil 4.1.'deki gibi gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Fabrika enerji ve iş akış şeması

Fabrika bünyesinde kullanılan enerji akışı ve değerleri, üretim makinaları ayrı ayrı dikkate alınarak Çizelge 4.1.'de tablo halinde aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur.

Çizelge 4.1. Makine ekipmanları ve kullanılan enerji çeşitleri

Üretim Makineleri	Üretimde kullanılan enerji kaynakları			
	BUHAR	ELEKTRİK	HAVA	SU
Buhar Kazanı	Kondens Tankı Ön Isıtması	Kazan Otomasyonu	-	15-20 ton
Eps Şişirme Makinesi	0.5 Bar Basınçta Buhar	Fan Motorları ve Otomasyonda	Pnömatik Sistemlerde	-
Eps Şişirme Kurutucusu	-	Fan Motorlarında	Yön Kapaklarında	-
Kompresör	-	Hava Üretiminde	-	-
Eps Blok Makinesi	1.5 Bar Basınçta Buhar	Fan Motorları ve Plc Otomasyonu	Pnömatik Sistemlerde	Nem Alma İşleminde
Eps Blok Vakum Ünitesi	-	Vakum Pompalarında	Pnömatik Sistemlerde	Vakum Pompaları
Soğutma Kulesi	-	Fan Motoru Ve Pompa	-	-
Eps Kesme Makinesi	-	Kesme Tellerinde	Kesim Sabitlemesinde	-
Buhar Akümülatörü	Buhar Depolama	-	-	-

4.3. Fabrikadaki Proseslerin Enerji Analizi

Fabrikadaki enerji analizi yapılırken, kullanılan enerji çeşidine ve miktarına bağlı olarak maliyetlerin değişiklik gösterdiği görülmüştür. Bu kapsamda fabrikanın daha önceki verilerinden maliyet giderleri tek vardiya sistemine belirtilmiştir.

Doğalgaz Tüketimi: 1000 m³ (günlük max. tüketim)

Elektrik tüketimi : 3500 TL- 4500 TL (aylık tüketim)

Su Tüketimi : 15 ton- 20 ton (günlük tüketim)

4.3.1. Buhar kazanı ve besi suyu tankının enerji analizi

Günlük besi suyunu ısıtmak için gerekli enerji miktarı Denklem 3.1 ve Denklem 3.2'ye göre aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$Q_{(\text{besi tankı})} = m * c * (T_2 - T_1) = 15000\text{kg} * 4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} * 60\text{K} = 3762000 \text{ kJ}$$

1m³ doğalgazdan elde edilen alt ısı enerjisini $H_u = 34485 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3}$ kabul edilmiştir.

$\eta_{(yakıt)} = Q_{(besi tankı)} / Hu = 3762000 \text{ kJ} / 34485 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} = 109 \text{ m}^3$ olarak bulunur.

2017 yılı verilerine göre doğalgaz yakıt birim fiyatı $1.17 \frac{\text{tl}}{\text{m}^3}$ olduğundan Denklem 3.3'e göre besi suyu tankını ısıtmak için günlük yakıt maliyeti hesaplanmış olur.

$GYM = \eta_{(yakıt)} * YBF = 109 \text{ m}^3 * 1.17 \frac{\text{tl}}{\text{m}^3} = 128 \frac{\text{tl}}{\text{gün}}$ olarak bulunur. Denklem

3.4' ten kazanın yıllık ısıtma maliyeti;

$YIM = 128 \frac{\text{tl}}{\text{gün}} * 300 \text{ gün} = 38400 \frac{\text{tl}}{\text{yıl}}$ olarak bulunur. Bulunan bu değer mevcut

sistemde buhar kazanından elde edilen buharla besi suyu tankının yıllık ısıtma maliyetini verir. Uygulanması düşünülen sistemlerle yıllık bu miktar kadar tasarruf sağlama imkanı vardır.

4.3.2. Eps şişirme makinesi enerji analizi

Edessa Strafor fabrikasında buhar tüketimi genellikle EPS taneciklerinin şişirilmesinde ve bloklanmasında ve buharın bir kısmı da besi suyu tankının ısıtılmasında kullanılmaktadır. Buhar tüketiminin olduğu şişirme makinesi görüntüsü Şekil 4.2.'de verilmiştir.



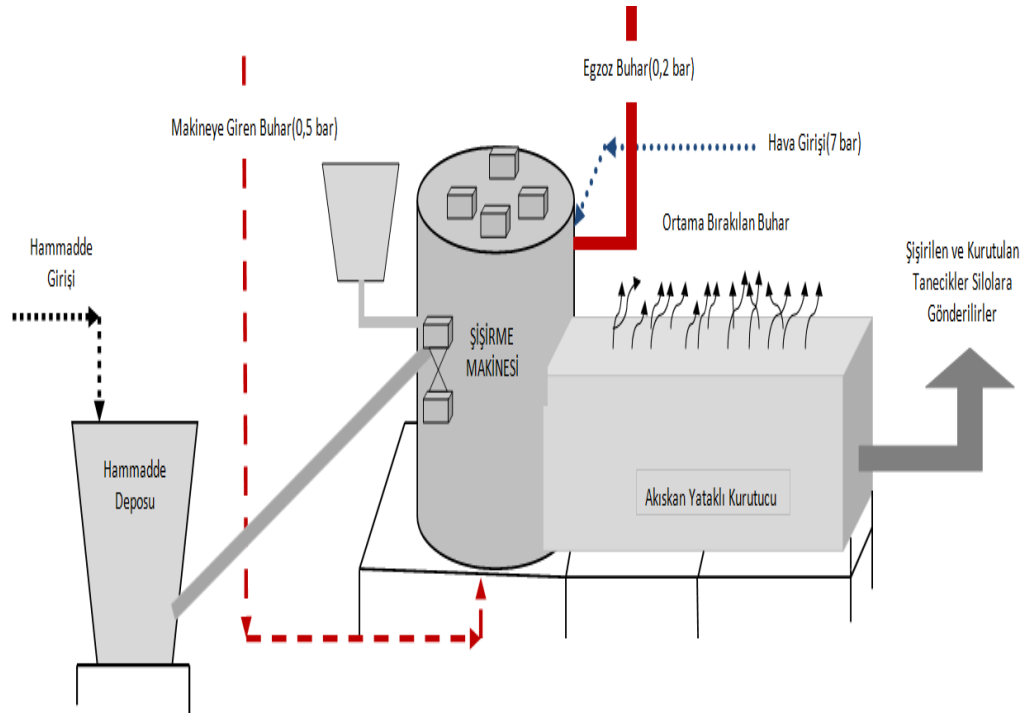
Şekil 4.2. Eps şişirme makinesi

Üretilen buhar proseslerde kullanıldıktan sonra genellikle egzoz edilerek dışarı atılmakta ve sistem açık sistem devresi şeklinde çalışmaktadır. Buhar tüketimi malzemenin üretimi aşamasından sonra en çok burada kayıp enerji haline dönüşür.

Şişirme makinesi buhar kazanından kolektör yardımıyla buhar akümülatörüne depolanan ve buradan gelen 1.5 bar basınçtaki buharı basınç düşürücü vana sistemiyle 0.5 bar basınca düşürüldükten sonra buhar tüketimini gerçekleştiriyor.

Makine hammadde deposundan aldığı malzemeyi istenilen ağırlıkta tartarak pnömatik kelebek vana ile iç haznesine alıyor. Burada daha önce 0.5 bar basınca düşürdüğü buharı oransal kelebek vana yardımıyla istenilen basınç limitleriyle malzemeye tatbik ettiriyor.

Buhar giriş ve egzoz vanaları oransal olarak kendiliğinden ayarlanıyor ve sürekli atmosfere açık haldedir. Yani malzeme şişirme işlemi boyunca sürekli buhara maruz kalıyor ve bu buhar malzemeye tatbik ederek aynı zamanda atmosfere egzoz ediliyor. Bu işlemler Şekil 4.3.'de şişirme makinesi şematize edilerek gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Genel sistem enerji akışı

Şişirme makinasında enerjinin kayıp olarak yaşandığı en büyük yer egzoz olarak atmosfere bırakılan buhardır. Üretim esnasında makinaya giren buhar aynı zamanda egzoz olarak dışarı atılmaktadır. Bu makinada kullanılan buhar; buhar kazanında üretilen toplam buharın %30 ile %45'i arasında bir tüketimi gerçekleştirir. Geri kalan buhar blok makinesi ve besi suyu tankını ısıtmada kullanılır.

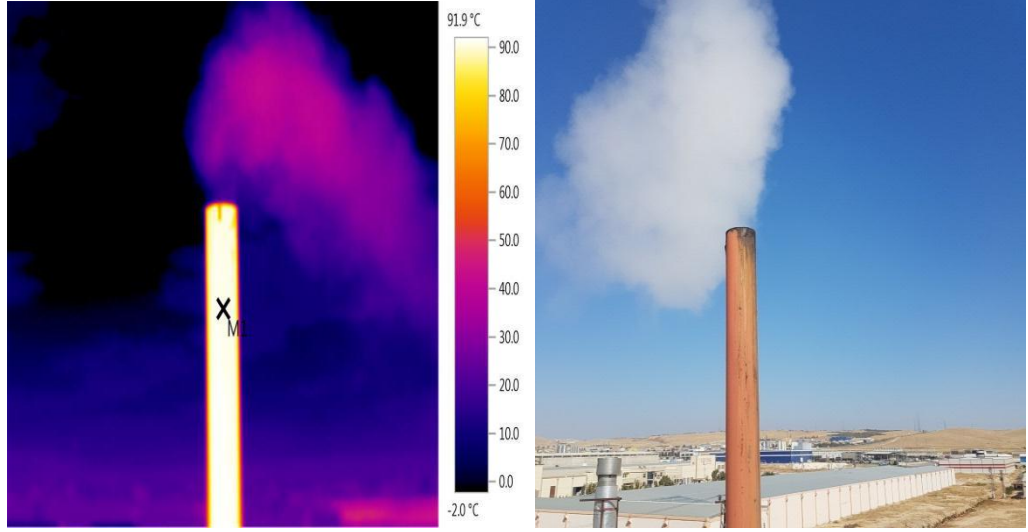
Atık buhar basınç ve zamanları şişirme makinesi için Çizelge 4.2.'de tabloda sunulmuştur. Tabloda verilen çevrim; hammadde alma, şişirme, boşaltma, kurutma, tekrar hammadde alma sürelerini kapsar. Böylece verilen sürelerde belirli miktar hammadde alınarak şişirilir ve tekrar tekrar işlemler devam eder. Buharlama işlemleri oransal pnömatik aktüatörlü vana yardımıyla belirli basınç ve açıklık değerlerinde malzemeye tatbik ettirilir.

Çizelge 4.2. Şişirme makinesinin üretim süreleri

	Buhar basıncı (bar)	Zaman (s)
1.buharlama	0.10	20
2.buharlama	0.15	30
3.buharlama	0.20	50
Kurutma	0.00	30
Bekleme ve diğer çevrime geçiş	0	10
Toplam çevrim süresi	-	140

Dizayn edilecek tasarruf modelleriyle burada hem doğalgazdan, hem de tüketilen su miktarından tasarruf etme imkanı sağlanabilir. Günlük tüketilen su miktarının 15 ile 20 ton arası olduğunu düşünürsek atık gazın yoğunlaştırılmasıyla bu miktar ciddi oranda düşecektir. Aynı zamanda yoğunlaşan su tekrar kazan için kullanılacağından sıcak su tasarrufu sayesinde doğalgaz tasarrufu da sağlayacaktır.

Dikkat edilmesi gereken konu burada uygulanması düşünülen eşanjörün, makine işleyişine olumsuz tepki vermemesidir. Şişirme makinesinde egzoz edilen atık gazın termal kamera görüntüsü Şekil 4.4.' de aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 4.4. Şişirme makinesi egzoz buhar ve termal kamera görüntüsü

4.3.3. EPS şişirme makinesi kurutma ünitesi analizi

Şişirme makinasına birleşik olan ve aynı otomasyon sistemiyle çalışan kurutma ünitesi aşağıda Şekil 4.5. 'de verilmiştir.



Şekil 4.5. Akışkan yataklı kurutucuda kurutma

Şişirme makinesinde buhar tatbik edilen ve genişleyen EPS tanecikleri işlem bittikten sonra kurutma haznesine boşaltılırlar. Burada sıcak ve nemli olan EPS tanecikleri kurutucu fan yardımıyla nemi uzaklaştırılarak dinlenme silolarına başka

bir fan yardımıyla gönderilir. Buradaki amaç genleşen EPS taneciklerinin kurtularak tanecik boyutunun deforme olmasını engellemektir.

Kurutma esnasında dış ortama gözle görülür şekilde buhar salınımı olur. Buhar kaybının olduğu bu bölge ürün kurutma açısından ve buhar tasarrufu açısından olumsuzluklar teşkil eder. Buradaki atık buhardan yararlanarak ortam ısıtması sağlanabilir. Şekil 4.5.'de ortama bırakılan buhar açıkça görülmektedir.

4.3.4. EPS blok makinesinin atık ısı analizi

EPS şişirme makinesinde şişirilen ve dinlenme silolarına gönderilen granül tanecikler burada pentan gazı salınımı yapıldıktan sonra bloklama işlemine tabi tutulurlar. 6 bar buhar basıncında basınç düşürücüye gelen buhar burada 1.5 bar a kadar düşürülerek akümülatörde depo edilir. Fan motoru vakumu ile makine içerisine alınan tanecikler 1.5 bar basınçta buhara tabi tutularak pişirilirlir.

Basınca maruz kalan tanecikler birbirlerine yapışarak adeta bal peteği görünümünü alırlar. Ortalama bir blok çıkarma işlemi 5 ile 6 dakika arası sürer. Buradaki süre malzemenin silo dairesinde yeterli şekilde kurumması ile doğru orantılıdır. Silo dairesinde gaz salınımı ne kadar iyi olursa bloklama işlemi o kadar kısa sürer. Bunun için silo dairesine hava menfezleri açılarak doğal sürkülasyon sayesinde yerde biriken havadan ağır olan pentan gazının uzaklaştırılması sağlanır.

Farklı yoğunluk ve dış etkiye maruz kalmış EPS taneciklerinin bloklanma işlemi Çizelge 4.3.'te aşağıdaki gibi tablo haline getirilmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı yoğunlukta blok çıkış süreleri

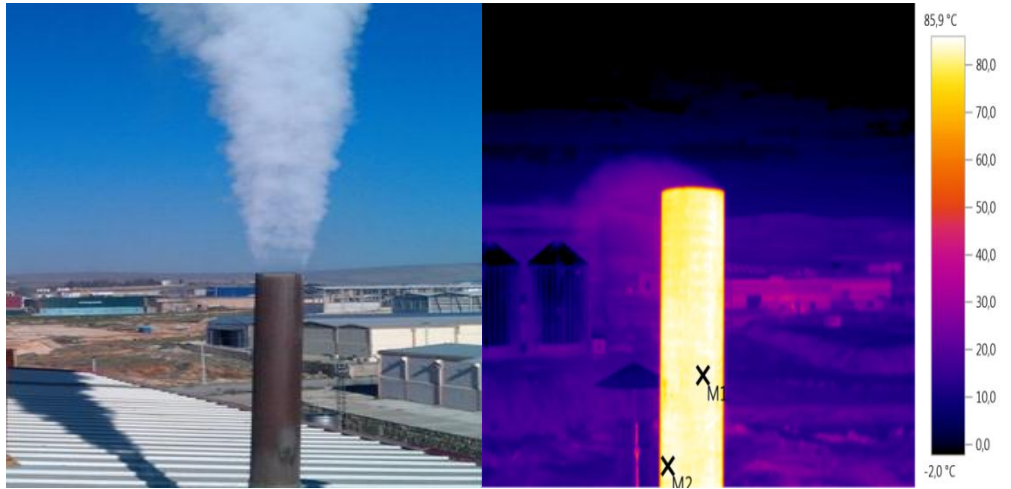
Ürün adı	Normal blok çıkış süresi(sn)	Dinlenmemiş blok çıkış süresi(sn)
10 DNS	165	200
16 DNS	180	260
18 DNS	210	320
20DNS	240	410
22DNS	340	500
24DNS	410	850
16 DNS (K)	600	1000
18 DNS (K)	700	1200

Blok makinesi dolum silosu ve vakum ünitesi ile beraber Şekil 4.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Blok makinesi

EPS taneciklerinin bloklanma işlemi sırasında taneciklere tatbik edilen buhar egzoz şeklinde atmosfere atılır. Buradaki buhar kaybı oldukça fazla olmakla beraber fabrikada buhar dolayısıyla doğalgaz tüketiminin en fazla olduğu makinedir. Şekil 4.7.'de blok makinesinden atmosfere egzoz edilen buharın termal kamera görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.7. EPS blok makinesinden atmosfere atılan buhar

Blok makinesi EPS taneciklerini birleştirme işlemi sırasında kullandığı buhar enerjisinin büyük kısmını egzoz eder. Bu atık enerjiyi değerlendirmek sistem için büyük enerji kazancı sağlayabilir. Burada egzoz edilen buharı Çizelge 4.4.'de görebiliriz. Tabloda çevrim; malzeme alma, vakumlama, buharlama işlemleri basınç düşürme, tekrar malzeme alma sürelerini içerir.

Çizelge 4.4. Blok makinesinin atık buhar basınç ve zamanları

	Buhar basıncı(bar)	Zaman(s)
Vakumlu buharlama	0.18	10
1.buharlama	0.45	20
2.buharlama	0,60	10
3. buharlama	0.73	6
Bekleme ve diğer çevrime geçiş	0	274
Toplam çevrim süresi	-	320

4.3.5. Kompresör makinesi enerji analizi

Fabrikada kullanılan hava kompresörü fotoğflanarak Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Hava kompresörünün görüntüsü

Basınçlı hava elde etmek için kompresörlerde harcanan elektrik enerjisinin %94 veya fazlası ısı enerjisi olarak geri kazanmak ve işletmenin herhangi bir noktasındaki ısı ihtiyacını gidermek mümkündür. Bu miktarı hesaplamalar kısmında bulmak mümkündür. Böylece hem atık ısıdan faydalanılmış olacak hem de işletmenin enerji maliyeti ve çevreye olan etkisi azalacaktır (Karataş, 2013).

Çalışma sırasında yapılan incelemeler sırasında kompresörlerden gelen atık ısıdan enerji elde edilmesi konusunda oldukça yüksek bir potansiyel gözlemlenmiştir. Kompresör egzozlarından çıkan gazın sıcaklığı 55 °C, 61 °C, 78 °C ve 57 °C olarak ölçülmüştür.

Bu sıcak havayı işletmede bulunan en yakın silo dairesinde eps taneciklerinin kurutulmasına yardımcı olması düşünülerek bu atık ısıyı kullanabiliriz. Kompresörün egzoz debisi; ölçülen egzoz hızları egzoz kesit alanı ile çarpılarak hesaplanabilir. Hesaplanan ısı enerjisi, kompresör dairesine en yakın alan için ortam ısıtmasında kullanılabilir veya tesisin ihtiyacı olan sıcak suyun üretilmesinde kullanılabilir.

Enerji verimliliği incelenen fabrika için kompresör yeri baz alınırsa kompresör kazan dairesine yerleştirilmiş ve buhar kazanı yanında konumlandırılmıştır. Kompresörün ayrı bir bölüme alınarak hava aldığı bölümün kuzey yönüne çevrilmesi ile verim artırılmış olur. Böylece yoğunluğu artmış havanın kompresörde sıkışması daha kolaylıkla sağlanabilir. Kazan dairesinde normal ortam sıcaklığının 10 °C üzerinde olduğunu düşünürsek kompresörün en az %4 verimi artırma şansımızın olduğu hesaplamalarda görülecektir.

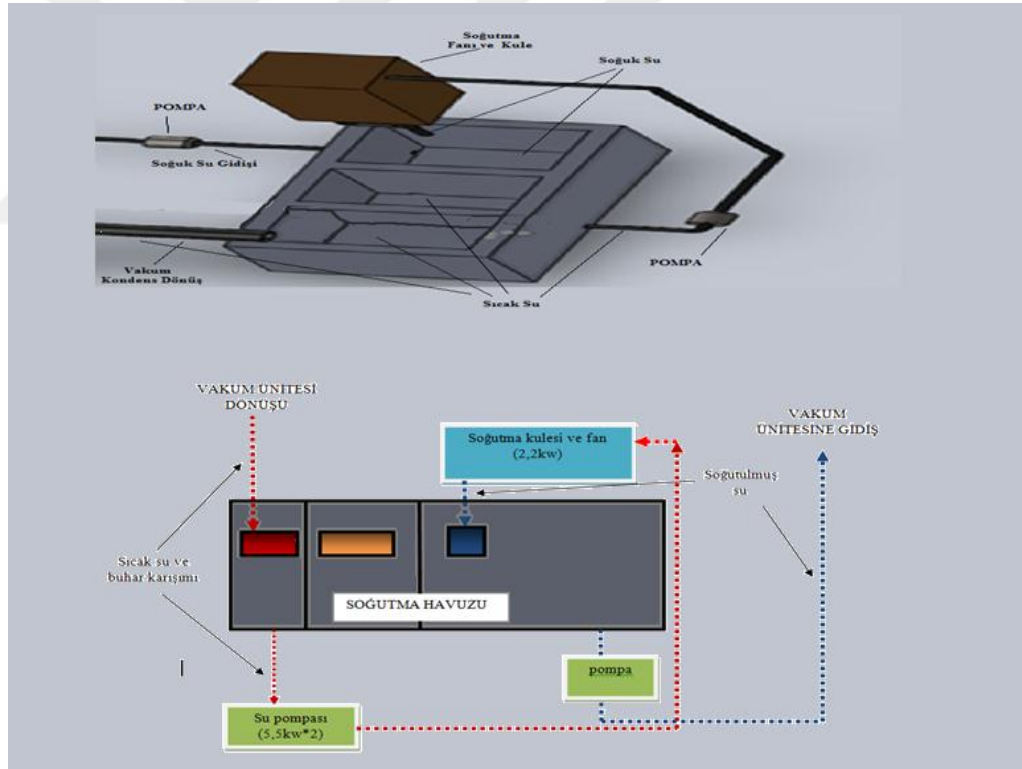
Fabrika bulunan kompresör üretim yapılısın yapılmasın sürekli çalışmaktadır. Tek vardiya veya çift vardiya olsun kompresör motoru sürekli çalışmakta ve tüm çalışma süresi boyunca elektrik tüketmektedir. Kompresörde kullanılan elektrik motorunun düşük verime sahip olmasından dolayı ayrıca elektrik sarfiyatı fazladır. Çizelge 4.5.'te fabrikada kullanılan kompresörün teknik değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kompresör kapasite değerleri

Tip	TIDY 25	Güç (Kw)	18.5
Basınç(bar)	7.5	Ağırlık (kg)	420
Kapasite (m³/dk)	3.3	Frekans (Hz)	50

4.3.6. Soğutma kulesi enerji analizi

Soğutma kulesi sıcak su kondenslerinin toplandığı ve bu suyun soğutma fanı yardımıyla soğutulmuş vakum ünitesinin soğuk su ihtiyacını karşıladığı yerdir. Daha çok EPS enjeksiyon makinesinin kalıp soğutmasında ve vakum ünitesi su ihtiyacında kullanılsa da aynı zamanda akümülatörlerin takviye su ihtiyacı da bu sistemden karşılanıyor. Şekil 4.9.'da üç boyutlu çizim ile ve şematik gösterim ile aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.9. Soğutma kulesi üç boyutlu çizim ve şematik gösterim

Soğutma kulesinin havuz hacmi 15 ton su ile sürekli dolu durumdadır. Kondens sularının fazla gelmesiyle fazla kısım tahliye bölümü yardımıyla dışarı atılır. Su sıcaklığı pompanın kuleye suyu çıkarmasıyla fanın hava yardımıyla bu suyu

soğutması şeklinde ayarlanır. Suyun sıcaklığı soğutulmazsa 90°C' lere kadar çıkabilir. Bu sıcak suyun enerjisi fabrika sahasında farklı bölümlerde değerlendirilebilir. Bunun için kış aylarında idari bina ısıtması için mevcut sisteme sirkülasyon pompası eklemek yeterli olacaktır.

Sistemin en büyük eksiğinden birisi sürekli çalışır vaziyette pompaların ve fanın soğutma işlemi yapmasıdır. Bu soğutma suyun gereğinden fazla soğumasına, elektrik sarfiyatının artmasına ve EPS enjeksiyon makinesinin üretim kalitesinin düşmesine neden olur. Bu iki ayrı çözüm üzerinde durulması sistem ve enerji verimliliği için faydalı olacaktır.

4.3.7. Elektrik motorlarında enerji verimliliği analizi

Fabrikada bulunan elektrik motorları hidrolik sistemlerde, EPS malzemesinin taşınması amacıyla fanlarda, vakum ve su pompalarında kullanılmaktadır. Şekil 4.10. , Şekil 4.11. ve Şekil 4.12.'de motorların görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.10. Elektrikli fan motorlarına örnek



Şekil 4.11. Vakum motorlarına örnek



Şekil 4.12. Hidrolik motorlarına örnek

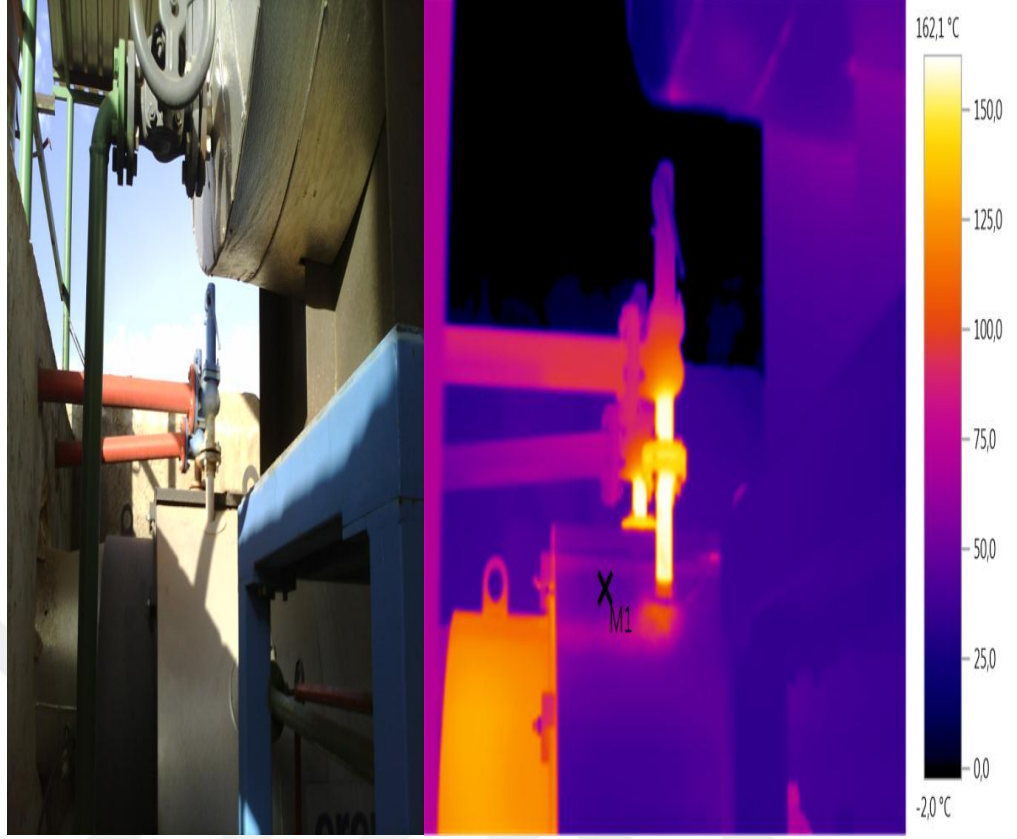
4.3.8. Buharın proseslere taşınması sırasında oluşan dağıtım ve iletim kayıpları analizi

Edessa Strafor fabrikası ortalama günlük tek vardiya sistemine göre çalışmaktadır. Üretimi yapılan EPS yalıtım ve dekorasyon ürünlerinin buhar ihtiyacı buhar kazanı tarafından sağlanırken, buhar kazanı her gün vardiya bitiminde kapatılıp her vardiya başlangıcında tekrar aktif hale getiriliyor. Bu üretim şekline dolaylı olarak fabrikada suyun soğuması ve tekrar ısıtılması sonucunda bir sürü enerji kayıpları ortaya çıkmaktadır. Buhar kazanında ve akümülatörlerde bulunan buharın vardiya bitiminden başlangıcına kadar soğuması dış ortama taşınım yoluyla ve dağıtım hatlarında ki iletim ve taşınım yoluyla ısı kaybından kaynaklanıyor. Bu değerler Çizelge 4.6.'da ayrıntılı şekilde buhar ve üretimdeki doğalgaz kayıplarını gösterecek şekilde düzenlenmiştir.

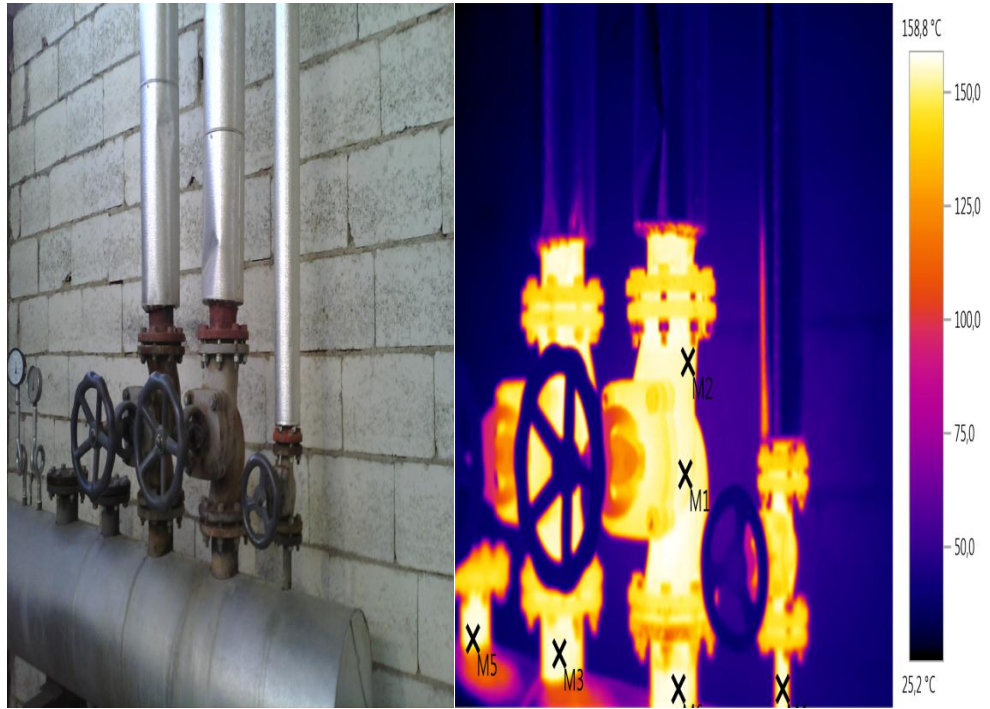
Çizelge 4.6. Dağıtım ve çalışma sisteminin oluşturduğu kayıplar

TARİH	Dış ortam sıcaklığı (°C)	Şişirme ünitesinin devreye girmesi için harcanan doğalgaz miktarı (2bar için)	Blok ünitesinin devreye girmesi için harcanan doğalgaz miktarı (P=6bar için)	Günlük tüketilen doğalgaz	Üretilen blok miktarı	Kayıp Yüzde Olarak (ORT)
26.03.2015	16	60 m ³	75 m ³	620 m ³	-	9.6
30.03.2015	12	75 m ³	99 m ³	710 m ³	127 blok	10.5
17.04.2015	10	55 m ³	80 m ³	570 m ³	-	9.6
22.04.2015	10	70 m ³	90 m ³	580 m ³	109 blok	12.06
23.04.2015	13	60 m ³	85 m ³	-	-	-
27.04.2015	9	72 m ³	95 m ³	694 m ³	-	10.3
Ortalama	-	65.33 m³	87.33 m³	634.8 m³	-	10.52

Fabrikada bulunan buhar dağıtım hatlarında bir diğer eksik olarak yetersiz ızalasyon yapımı görülmüştür. Özellikle kondens hatları, buhar vanaları ve basınç düşürücü vanalar, pislik tutucularda ızalasyon eksiklikleri bulunmaktadır. Bu eksiklikler termal kamerayla görüntüleme yöntemiyle Şekil 4.13. , Şekil 4.14. , Şekil 4.15. ve Şekil 4.16.'da gösterilmiştir.



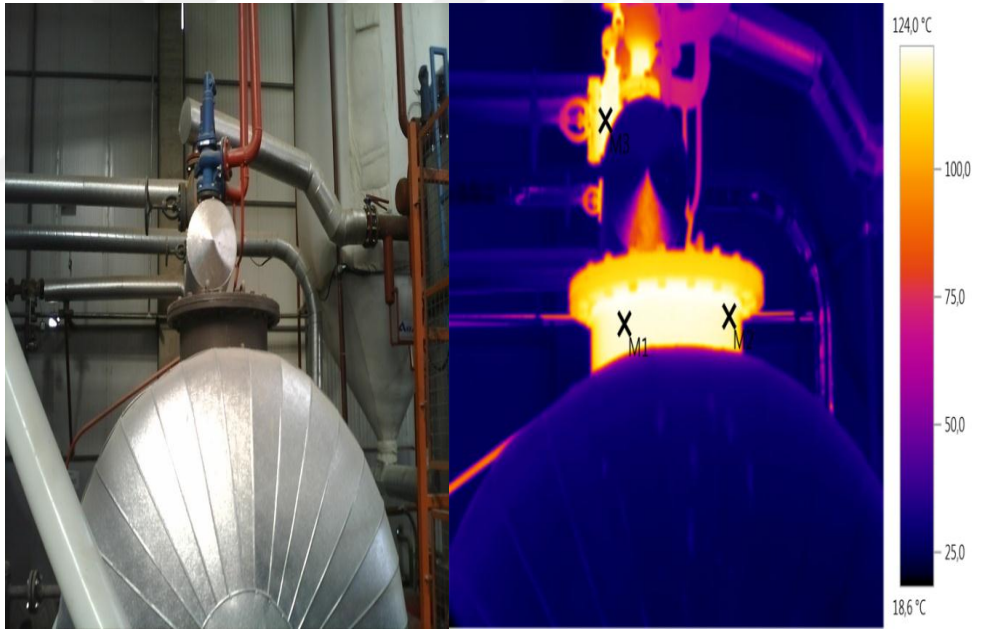
Şekil 4.13. Buhar kazanı baca çıkışı ve emniyet ventilleri termal görüntüsü



Şekil 4.14. Kollektör dağıtım vanalarının termal görüntüsü



Şekil 4.15. Besi suyu tankının eşanjör bağlantı sisteminin termal görüntüsü



Şekil 4.16. Akümülatör yalıtımsız kapak termal görüntüsü

4.3.9. Kondenstop sistemlerinin enerji analizi

Edessa Strafor bünyesinde kondenstop hatları kontrol edilerek buradaki kondenstoplar teste tabi tutulmuşlardır. Böylece çalışır durumdaki ve çalışmayan kondenstoplar belirlenmiş ve gerekli tedbirler alınmıştır. Fabrika bünyesinde kazan

dairesi bölümünde bir adet kondensobun çalışmadığı test cihazı sayesinde belirlenmiş ve yenisi ile değiştirilmiştir. Test sonuçlarına göre kondensobunların durumları tablo haline getirilerek Çizelge 4.7.'de işletme için bir rapor şeklinde sunulmuştur.

Çizelge 4.7. Kondensobunların hatlardaki kullanım durumu

No	TİP	Basınç (Bar)	D	Kaçak	Buhar Kaçağı Kg/H	Kullanım Yeri	Yıllık kayıp miktarı
1	TDK - 45 - TERMODİNAMİK	1.5	1"	<u>iyi</u>	2.3	AKÜMÜLATÖR	520.00 TL
2	TDK - 45 - TERMODİNAMİK	0.5	1/2"	<u>iyi</u>	2.1	ŞİŞİRME ÜNİTESİ	474.00 TL
3	TDK - 45 - TERMODİNAMİK	0.25	1/2"	<u>iyi</u>	2.1	ŞİŞİRME ÜNİTESİ BUHAR GİRİŞİ	474.00 TL
4	TDK - 45 - TERMODİNAMİK	1.5	3/4"	<u>iyi</u>	2.3	BLOK MAKİNASI	520.00 TL
5	TDK - 45 - TERMODİNAMİK	1.5	1/2"	<u>iyi</u>	2.2	BLOK MAKİNASI KONDENS	495.00 TL
6	TDK - 45 - TERMODİNAMİK	1.5	1/2"	<u>iyi</u>	2.2	KOLLEKTÖR KONDENS	495.00 TL
TOPLAM KAYIP							2978.00 TL

Kondensobunlar işletmedeki diğer makine ve cihazlara nazaran basit ve kullanımı çok daha kolay bir cihazdır. Adet olarak ciddi bir maliyeti de yoktur. Fakat sağlıklı çalışmıyor ise aşağıdaki ciddi problemler karşımıza çıkacaktır. Buhar kayıpları sebebi ile enerji sarfiyatını arttırır. Koç darbeleri sebebi ile kendinden önce veya sonraki cihazlara ciddi zararlar verebilir. Prosesin verimliliğini azaltır ve üretim kaybına sebebiyet verir. Bir işletmenin temel amaçlarından biri olan birim/zaman başına üretim miktarını etkileyeceğinden, kondensobun seçimine gösterilen dikkat ve özenin en az iki katı bakımı için de gösterilmelidir. Kondensobun öncelikle profesyonel cihazlarla (DR Trap vb. test cihazıyla) test edilmiş olmalıdır. Kontrol sonucu hangi kondensobunların bakıma ihtiyacı olduğu tespit edildikten sonra, bakımın yerinde mi yoksa atölye ortamında mı yapılacağına kararı verilmelidir. Bu karar için birkaç konunun dikkate alınması gerekmektedir.

a- Kondensobun demontaj zorluğu dikkate alınmalıdır.

- b- Bağlantı tipi dişli yada flanşlı ise atölye ortamına alınabilir, fakat kaynaklı bağlantı ise yerinde bakım yapmak gerekebilecektir.
- c- Özel demontaj aletleri gerektiren bir kondensstop ise yine atölye ortamına alınması gerekir.
- d- Yedek parça değişim durumunun zorluğu dikkate alınmalıdır.
- e- Kondensstopun montaj yerine ulaşım durumu dikkate alınmalıdır.
- f- Bakım sırasında operatörün çalışabilme durumunun zorluğu dikkate alınmalıdır.
- g- Bakımı yapacak olan personelin kondensstoplar ile ilgili bilgi, beceri ve tecrübesi dikkate alınmalıdır.

Fabrikadaki kondensstopların buhar kaçağını hesaplanırsa aşağıdaki gibi yıllık buhar kayıp miktarını verecektir. TDK - 45 TERMODİNAMİK 1/2" kondensstopun yıllık buhar kaçak miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\text{Kaçak miktarı} = 2.3 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 8.5 \text{ h} * 26 \frac{\text{gün}}{\text{ay}} * 12 \frac{\text{ay}}{\text{yıl}} = 6100 \frac{\text{kg}}{\text{yıl}}$$

1 kg buhar elde etmek için 2508 kJ/h 'lik enerji ihtiyacı vardır. Buradan yıllık kaçak miktarı 15298000 kJ/yıl olarak bulunur. Bu kondensstopun yıllık kaçak miktarı sebebiyle fabrikaya verdiği enerji kaybı miktarı 520.00 TL olarak bulunur.

Bu faktörler dikkate alınarak kondensstopun yerinde mi veya atölye ortamında mı bakımı yapılacağına kararını deneyimli personel tarafından verildikten sonra, kondensstopun bakımı yapılır ve sonrasında bakımın başarılı olup olmadığına dair bir ölçüm yapmak gerekecektir. Bu test hem zamandan hem de paradan tasarruf etmemizi sağlayacaktır.

4.3.10. Bakım ve onarımın enerji verimliliği üzerindeki etkisi

Fabrikada kullanılan makinaları göz önüne aldığımızda periyodik bakımların kullanılan enerjinin verimli kılınması için ne kadar önemli olduğunu görebiliriz. Aynı zamanda bu periyodik bakımların işçi sağlığı ve güvenliği yönünden iş

ortamına katkı sağladığı gibi enerji verimliliği bakımından da getirisi yüksek olacaktır.

Fabrikada buhar kazanını ele aldığımızda her 6 ayda bir yetkili servis tarafından brülör kısmı özellikle olmak koşuluyla bakım yaptırılıyor. Kazanın emniyet ventilleri, alev yönlendiricileri kontrol ediliyor. Yetkili kişiler tarafından brülörün yakıt hava karışımı ayarı en iyi noktaya getirilerek hem düzgün yanmanın sağlanması gerçekleştiriliyor, hem de yanmadan atılacak doğalgazın engellenmiş olması sağlanıyor. Fabrikadan edinilen verilere göre düzgün ayarlanmayan yakıt karışımının tek vardiya çalışma sistemine göre etkisi günlük 1000 m³ doğalgaz tüketiminde 250 m³ 'e kadar doğalgazın boşa gitmesi anlamına geliyor.

Fabrikada bir diğer enerji tüketen kompresör makinasının yıllık iki defaya mahsus bakımları yetkili servis tarafından yapılmaktadır. Kompresörde özellik hava, yağ filtrelerinin değiştirilmesi, kompresörde kullanılan yağın değiştirilmesi kompresörün kullanım ömrü için ve özellikle kompresör verimi için önemlidir. Servis tarafından zamanında bakımın yapılması sıkıştırılan havanın az enerji harcanarak üretilmesi anlamına gelir. Bu da kompresörde kullanılan elektrik enerjisinde tasarruf sağlar. Böylelikle bakıma yıllık giden maliyet, işletmeye elektrik tasarrufu ve makinenin kullanım ömrünün uzaması olarak yansır.

4.4. Enerji Geri Kazanımı Sistemi Uygulamaları

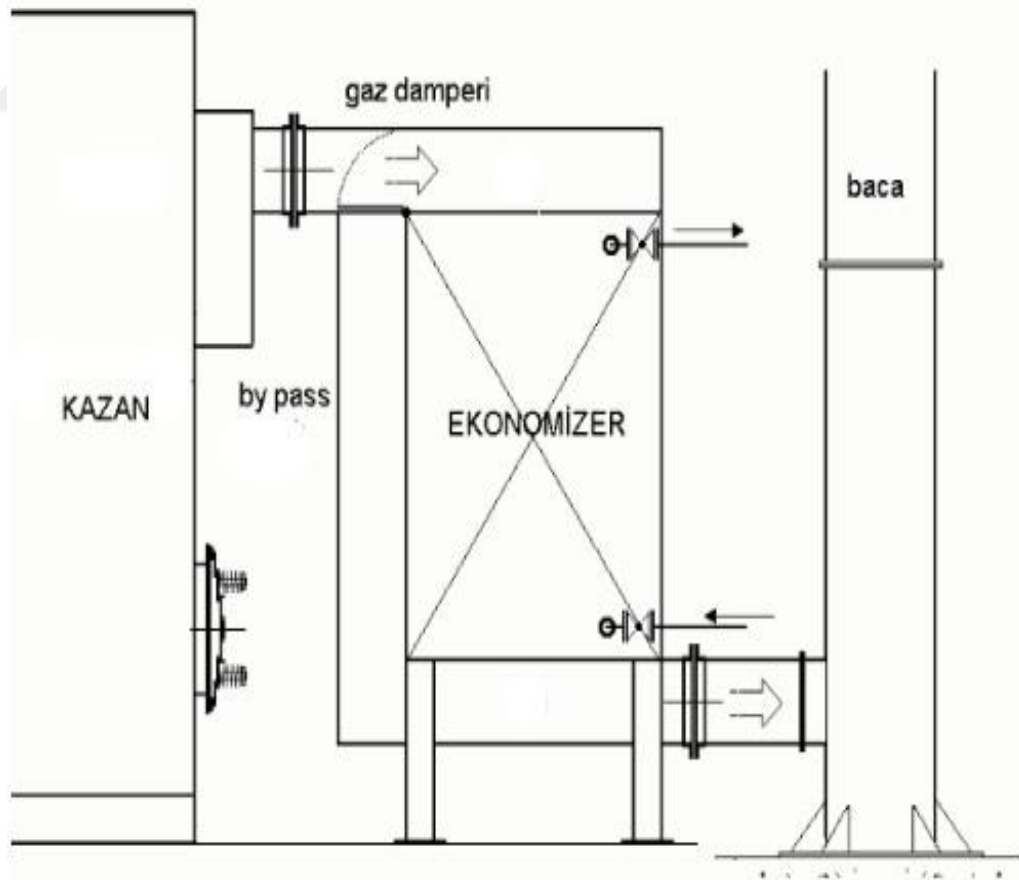
4.4.1.Buhar kazanı ekonomizer uygulaması

Edessa Strafor fabrikasında bulunan buhar kazanının ısı geri kazanım sistemlerinden olan baca gazının ısısından yararlanarak besi suyu tankının ısıtılması sisteme ciddi bir enerji tasarrufu sağlayacağı görülmüştür. Kazana giren besi suyunun ısıtılması için gerekli maliyet ve yapılabilecek tasarruf aşağıdaki hesaplamalarda bulunmuştur. Kazanı terk eden duman gazlarının sıcaklığı, kazandaki suyun doyma sıcaklığından 40–75°C fazladır. Hiçbir önlem alınmaz ise buhar kazanlarında duman sıcaklıkları 190-350°C arasında dışarı atılmaktadır. Halbu ki

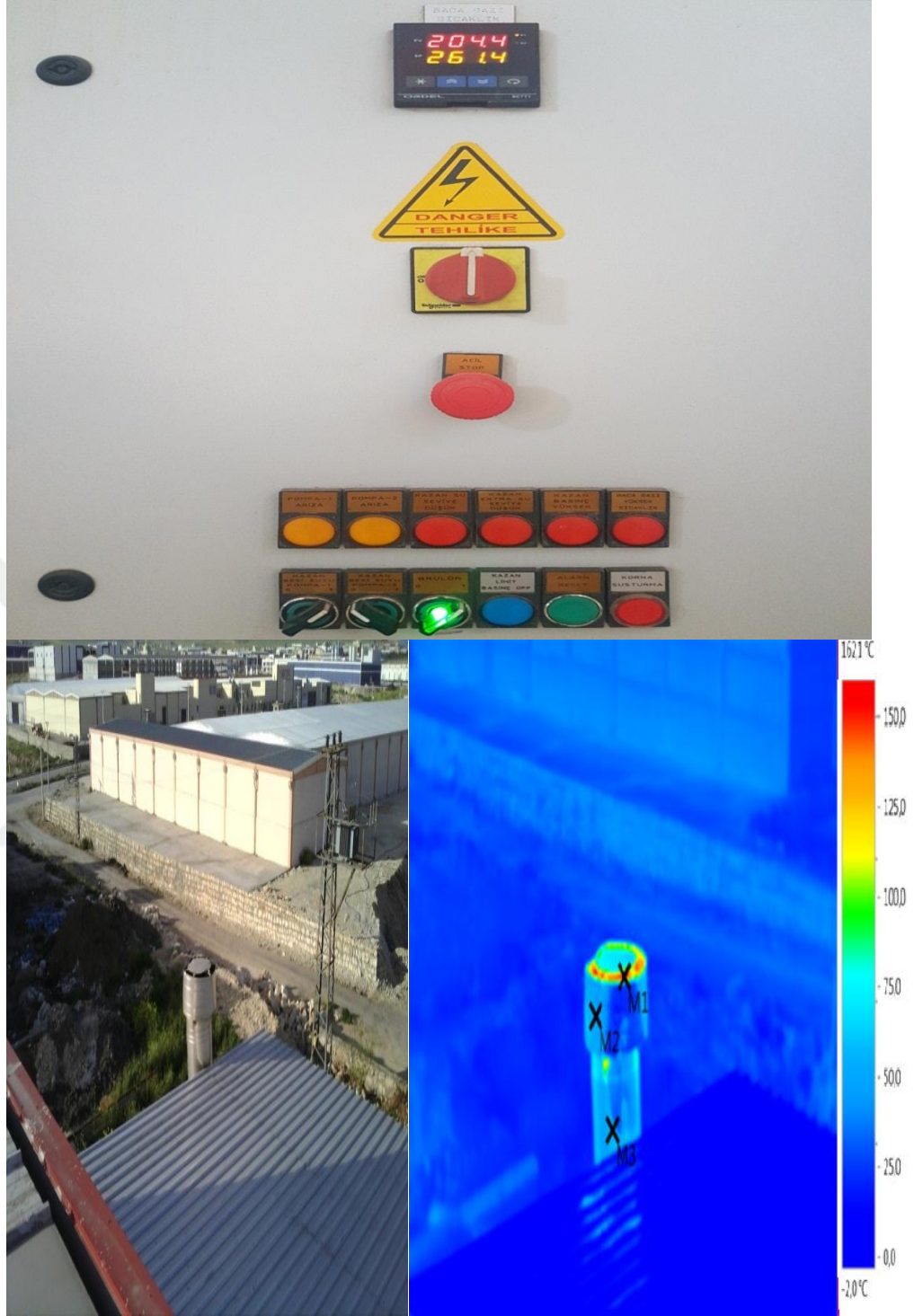
duman gazları, yakıtın kükürt içeriğine bağlı olarak asit yoğuşma sıcaklığına kadar soğutulabilir.

Bu sıcaklık farkından faydalanabilmek ve enerji tasarrufu sağlamak için baca gazı ekonomizeri kullanılır. Geri kazanılacak enerji ile brülör yakma havasını veya besi suyunu ısıtmak mümkündür. Fabrikada öncelikle uygulanması düşünülen sistem besi suyu ısıtma amacıyla ekonomizerli sistemdir. Buradan günlük sadece kazana giren suyun ön ısıtması olarak 109 Nm^3 'lük doğalgazın verdiği enerjiyi kullandığımızı görebiliriz. Seçilecek ekonomizerin kapasitesine göre bu enerjinin tamamını veya büyük bir kısmını geri kazanmak mümkündür.

Buhar kazanı bacası için ekonomizer montaj görüntüsü Şekil 4.17.'de , bacanın termal görüntüsü ve baca sıcaklığı Şekil 4.18.'de gösterilmiştir. Bacanın en tepe noktasındaki kazanın stop durumunda termal görüntü elde edilmiştir.



Şekil 4.17. Ekonomizerli buhar kazanı bağlantı şekli



Şekil 4.18. Buhar kazanı bacası sıcaklık ölçümü ve termal kamera görüntüsü

Buhar kazanı bacası için düşünülen ekonomizer ile besi suyu tankını ısıtarak buhar tüketiminde tasarruf sağlamak için sistemin Çizelge 4.8.'deki gibi bir özellikte ekonomizere ihtiyacı vardır. Belirlenen kapasitedeki ekonomizer ile hesaplanan değerdeki kadar tasarruf sağlamak mümkündür.

Çizelge 4.8. Ekonomizer parçaları

SU EKONOMİZÖRÜ		1 adet
Kapasite		340590 kJ/h
Isınan Akışkan		102°C – 118°C (sıcak su)
Isıtıcı Akışkan		213°C – 140°C (duman gazı)
EKONOMİZÖR ARMATÜRLERİ		
Glob vana	DN40 PN16	3 adet
Glob vana	DN20 PN16	1 adet
Termometre	Ø 100 0-400°C	2 adet
Emniyet ventili	DN25 PN16	1 adet
Manometre	Ø 100 0-40 bar	1 adet
Manometre mus.	1/2"	1 adet
Glob vana	DN20 PN16	1 adet
Termometre Dia100	0 - 200°C	2 adet

Kazanın günlük çalışma süresini bulmak için Denklem 3.7' ye göre aşağıdaki gibi hesaplama yapılır.

KEK = 2090 kW * 0.9 = 1881 kW bulunur. Doğalgaz yakıtının alt ısıl değeri olarak $H_u = 8250 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3} = 34485 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3}$ kabul edilerek;

$GET = 1000 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} * 34485 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} = 34485000 \frac{\text{kJ}}{\text{gün}}$ bilgilerinden yola çıkılarak Denklem 3.6'ya göre kazanın günlük gerçek çalışma süresi bulunur.

$T_{(\text{kazan çalışma süresi})} = 34485000 \frac{\text{kJ}}{\text{gün}} / (1881 \text{ kW} * 3600 \frac{\text{sn}}{\text{h}}) = 5.1 \frac{\text{h}}{\text{gün}}$ olarak bulunur. 2090 kW kapasiteli buhar kazanı için 340590 kJ/h kapasiteli dikey tip ekonomizer baca gazı sıcaklık ve kullanım suyu debisine göre seçilmiştir. Buna göre hesaplama aşağıdaki gibi Denklem 3.1, Denklem 3.2, Denklem 3.3 yardımıyla yapılır.

$$Q_{(\text{KAZANÇ})} = 340590 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} * 5.1 \text{ h} = 1598080 \frac{\text{kJ}}{\text{gün}}$$

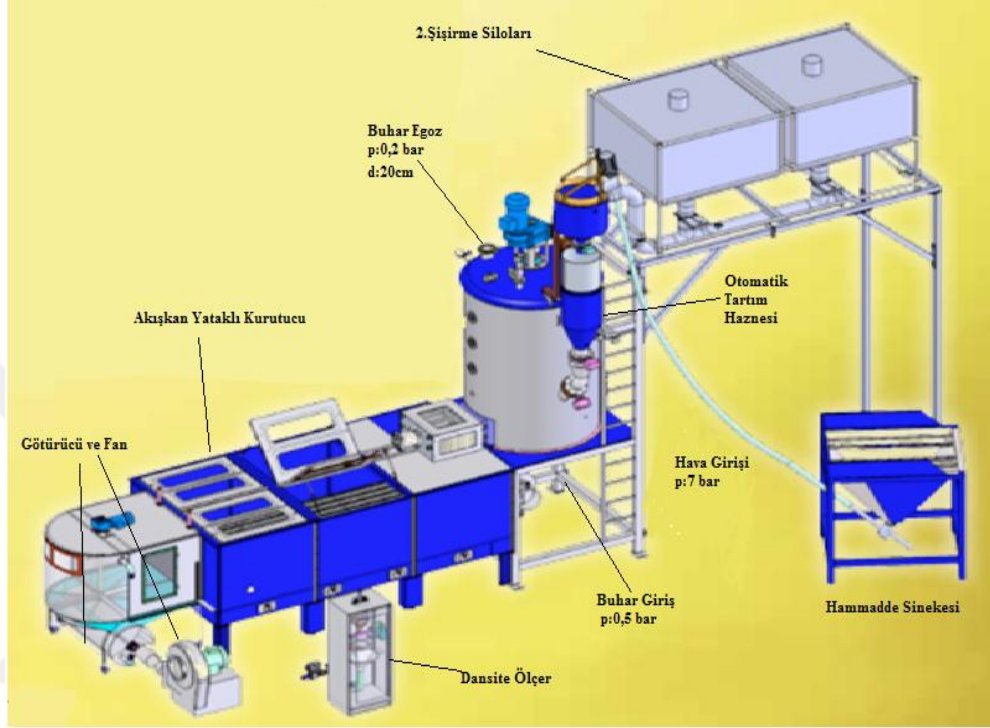
$$m_{(\text{YAKIT})} = 1737009 \frac{\text{kJ}}{\text{gün}} / 34485 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} = 50.37 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}}$$

$GYM = 50.37 * 1.17 = 58.93 \frac{\text{tl}}{\text{gün}}$ kazanc sağlanabilir. Yıllık kazanç miktarını bulacak olursak Denklem 3.4'ten bulunur.

$YKM = 58.93 \frac{\text{tl}}{\text{gün}} * 300 \text{ gün} = 17679 \frac{\text{tl}}{\text{yıl}}$ kazanç sağlanmış olur. Yani ekonomizerin yıllık tasarruf miktarı tek vardiya sistemine ve kazanın gerçek çalışma süresine göre maliyetinin hemen hemen yarısı kadardır.

4.4.2. Şişirme makinesi ısı geri kazanımı için eşanjör uygulaması

Şişirme makinesinin bölümleri ve giren-çıkan enerji miktarları Şekil 4.19.'da aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4.19. EPS şişirme makinesinin görünümü

Şişirme makinası atık buhar bacası verileri için;

$$V_{ORT} = 24.793 \text{ m/sn}$$

$$SICAKLIK = 90-103 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$BACA \text{ ÇAPI} = 0.1 \text{ m}$$

$$BACA \text{ YÜKSEKLİĞİ} = 10 \text{ m}$$

$$BACA \text{ DEBİSİ} = 627.937 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0.17 \frac{\text{m}^3}{\text{sn}} \text{ değerleri ölçülmüştür.}$$

Şişirme makinesinin 140 sn'de bir çevrim (tur) yaptığını düşünülürse aşağıdaki gibi bir sonuç elde edilmiş olunur.

$$\text{Günlük çalışma süresi} = 9 \text{ saat} * 3600 \text{ sn} = 32400 \text{ sn}$$

$$= 32400 \text{ sn} / 140 \text{ sn} = 232 \frac{\text{çevrim}}{\text{gün}}$$

$$\begin{aligned} \text{Günlük bacadan atılan atık buhar} &= 0.17 \frac{\text{m}^3}{\text{sn}} * 100 \frac{\text{sn}}{\text{çevrim}} * 232 \frac{\text{çevrim}}{\text{gün}} \\ &= 3944 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} (\text{tek vardiyada kayıp buhar enerjisi}) \end{aligned}$$

Şişirme makinesinden atık olarak atılan buhar değerlendirilmesi için eşanjör uygulaması düşünülmüştür. Gerekli uygulama için birden fazla eşanjör firmasıyla görüşme sonucu düşük basınçta daha yüksek verim elde edilmesi için plakalı eşanjör çeşidi kullanılması uygun görülmüştür. Eşanjörde bulunan plakalar sayesinde akışkanın ısı transferi daha kolay sağlanmakta ve akış kanalları sayesinde karşı basınç minimum düzeyde olmaktadır. Bu özellikle aynı zamanda şişirme makinesinde üretim kalitesini düşürme sorunu ortadan kalkmış olacaktır. Şişirme makinesi için düşünülen eşanjör fiyatı aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur.

PLAKALI EŞANJÖR: 4000 TL

İŞÇİLİK : 15000 TL (MALZEME DAHİL)

$$\text{Eşanjörün sağladığı maximum kazanç; } 59920 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 250465 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

Şişirme makinasının günlük buhar atma süresi farklı yoğunlukta malzemelerin şişirilmesi için her bir çevrimde buharlama süresi ortalama 80 sn düşünüldüğünde günlük buhar egzoz etme süresini Denklem 3.1, Denklem 3.2, Denklem 3.3, Denklem 3.4 yardımıyla hesaplayabiliriz.

$$232 \text{ çevrim} * 80 \frac{\text{sn}}{\text{çevrim}} / 3600 \frac{\text{sn}}{\text{h}} = 5.15 \text{ h olarak bulunur.}$$

$$Q_{(\text{KAZANÇ})} = 250465 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} * 5.15 \text{ h} = 1289897 \frac{\text{kJ}}{\text{gün}} \text{ kadar enerji elde edilir. Buradan}$$

Denklem 3.2'ye göre hesaplama yaparsak;

$$\eta_{(\text{yakıt})} = 1289897 \frac{\text{kJ}}{\text{gün}} / 34485 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} = 37.4 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} \text{ doğalgaz miktarına denk gelir.}$$

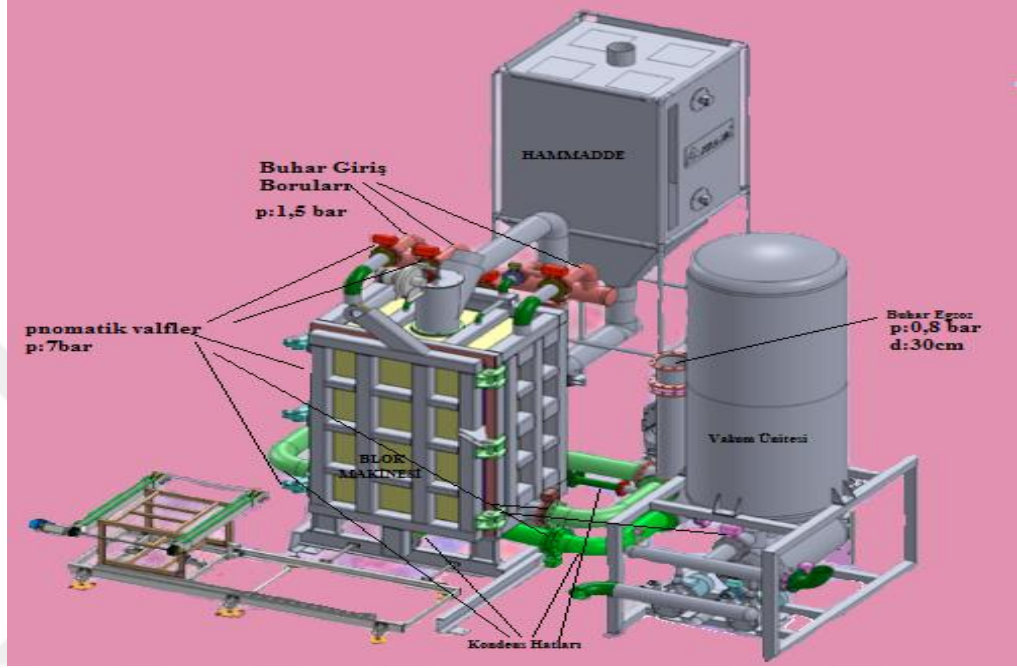
Denklem 3.3'e göre günlük yakıt maliyeti;

$$GYM = 37.4 \frac{\text{m}^3}{\text{gün}} * 1.17 \frac{\text{tl}}{\text{m}^3} = 43.76 \frac{\text{tl}}{\text{gün}}$$

$$YIM = 43.76 \frac{\text{tl}}{\text{gün}} * 300 \text{ gün} = 13128 \frac{\text{tl}}{\text{yıl}} \text{ tasarruf miktarı sağlar.}$$

4.4.3. Blok makinesi ısı geri kazanımı için eşanjör uygulaması

Blok makinesinin bölümleri ve giren-çıkan enerji miktarları Şekil 4.20.'de aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4.20. EPS blok makinesinin görünümü

Blok makinesinin buhar bacasının ölçüm değerleri aşağıda verilmiştir.

$$V_{ORT}=5 \text{ m/sn} \quad SICAKLIK= 75-103 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \text{ÇAP}=0.25 \text{ m}$$

$$BACA \text{ YÜKSEKLİĞİ}=10\text{m} \quad BACA \text{ DEBİSİ}= 872.528 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0.242 \frac{\text{m}^3}{\text{sn}}$$

Blok makinesinin 320 sn de bir çevrim(tur)yaptığı kabul edilmiştir.

$$\text{Günlük çalışma süresi} = 9 \text{ saat} * 3600\text{sn}/320\text{sn} = 101 \frac{\text{çevrim}}{\text{gün}}$$

$$\text{Günlük bacadan atılan atık buhar} = 0.242 \frac{\text{m}^3}{\text{sn}} * 320\text{sn} = 77.44 \frac{\text{m}^3}{\text{çevrim}}$$

$77.44\text{m}^3/\text{çevrim} * 101\text{çevrim/gün} = 7840\text{m}^3/\text{gün}$ atık buhar kaybını oluşturur. Kayıp enerjinin eşanjörle değerlendirilmesi konusunda prosede malzeme kalitesini etkileyecek sorunlar ortaya çıkaracağından ısı geri kazanım uygulaması blok makinesi için uygun görülmemiştir.

4.4.4. Kompresörün atık ısı değerlendirilmesi için baca uygulaması

Edessa Strafor fabrikasında daha önce kompresör atık ısının değerlendirilmediği analiz kısmında tespit edilmiştir. Bu atık ıyı değerlendirme işlemi silo dairesinde EPS taneciklerini kurutma amaçlı yapılması en doğru ve ilk ihtiyaç olarak görülmüştür. Kompresör değerleri fabrika ortamında test ölçüm cihazlarıyla alınarak aşağıdaki gibi oluşturulmuştur. Kazanım potansiyeli Eşitlik 5'e göre hesaplanırsa fan atık ısı miktarı hesaplanmış olur.

Fan Alanı: 0.24 m^2

Ortam nemi:%20

Dış ortam sıcaklığı: $22 \text{ }^\circ\text{C}$

Fan çıkış sıcaklığı: $58 \text{ }^\circ\text{C}$

Atık hava hızı: 2 m/sn

$h_{2(\text{fan çıkış sıcaklığında})} = 331 \text{ kJ/kg}$

$Q_{(58 \text{ }^\circ\text{C de hava yoğunluğu})} = 1.032 \text{ kg/m}^3$

$h_{2(\text{ortam sıcaklığında hava})} = 295 \text{ kJ/kg}$

$\dot{v} = (0.4 * 0.6) * 2 = 0.504 \frac{\text{m}^3}{\text{sn}}$

bilgilerinden yola çıkılarak Eşitlik 6' ya göre;

$\dot{m} = \dot{v} * \rho = 0.52 \frac{\text{kg}}{\text{sn}}$ atık ısı debisi hesaplanır. Atık ısı enerjisini hesaplamak için

Denklem 3.5' den yararlanılmıştır.

$$Q_{(\text{atık ısı})} = \dot{m} * (h_2 - h_1) = 17.83 \text{ kJ/sn bulunur.}$$

Fanın her 4 dakikada bir 2.5 dakika boyunca çalıştığı görülmüştür. Bu bilgilerden yola çıkılarak kompresörün atık ısını hesaplayabiliriz. 9 saatlik kompresör çalışmasında fan 5.625 saat çalışır. Buradan yıllık ısı kazancı aşağıdaki gibi bulunur.

$$Q_{(\text{atık ısı})} = 17.83 \frac{\text{kW}}{\text{h}} * 5.625 \frac{\text{h}}{\text{gün}} * 300 \frac{\text{gün}}{\text{yıl}} = 30093 \frac{\text{kW}}{\text{yıl}}$$

Yukarıda hesaplanan ısı enerjisi, kompresör dairesine en yakın alan için ortam ısıtmasında kullanılabilir veya tesisin ihtiyacı olan sıcak suyun üretilmesinde kullanılabilir. Edessa Strafor fabrikasında kullanılan bu sistemde atık hava silo dairesine direk verilmektedir. Daha öncede bahsedildiği gibi silo dairesinin sıcak olması EPS taneciklerinin gaz salınımını kolaylaştırmakta ve bloklama işlemi sırasında üretim kolaylığı sağlamaktadır.

Tek vardiya sistemine göre günlük 50 ile 150 m³ arasında üretim kapasitesinde değişiklik yapma potansiyeline sahip olmak için EPS taneciklerinin kurutulması oldukça önemi blok üretim çevrimi tablosunda görölmektedir. Aynı zamanda silo dairesinde yer tabanında biriken pentan gazlarının ortamdaki uzaklaştırılması iş güvenliği ve fabrikanın güvenliği açısından oldukça önemlidir. Pentan gazı tutuşma ve yanma özelliği fazla olan bir gaz olduğundan ortamdaki uzaklaştırılması için hava sirkülasyonunun sağlanması gerekir.

Kompresör makinesinde hava hatlarının kontrolü de önemlidir. Bu sebeple Edessa Strafor bünyesinde bulunan hava hatları incelenmiştir. Hava hatlarında bağlantı yerlerinde tespit edilen hava kaçaqları düzeltilmiştir. Hava kullanan pnömatik vanalar, hava tabancaları, pnömatik valflerin kontrolleri sağlanarak arızalı olan parçalar tamir takımlarıyla tamir edilerek ya da yenisiyle değiştirilerek hava kaçaqları minimize edilmiştir.

Ayrıca kompresörün verimsiz sınıfa ait 18.5 kW elektrik motoru daha verimli motorla değiştirilerek yıllık 422.00 TL tasarruf sağlamak mümkündür. Yapılacak olan bu uygulama motorun yaklaşık 1/3 ömrü süresine kadar amortisman sağlayacaktır.

4.4.5. Soğutma havuzu ve kulesinde enerji tasarrufu uygulaması

Fabrika bünyesinde blok üretim aşamasında çalışmakta olan prosesin gerektiğinden fazla enerji harcadığı ve bu enerjinin birden fazla uygulamayla geri kazandırılabilereceğı görölmüştür.

4.4.5.1. Soğutma kulesinde enerji tasarruf uygulaması

Soğutma kulesi üretim bölgesinin dış kısmında olup vakum ünitesi ve enjeksiyon makinesiyle doğrudan bağlantılıdır. Soğutma kulesi ve havuzundan aynı zamanda akümülatörlerde eksilen suyun temini için pompalarla su gönderilir. Şekil 4.21.' de soğutma kulesi gösterilmiştir.



Şekil 4.21. Soğutma kulesinin gösterimi

Sistem sürekli çalışmakta olup kondens edilen su-buhar karışımını soğutma görevini görüyor. Böylece soğutulmuş su vakum ünitesine gönderilerek blok makinesindeki ürün daha kısa sürede ve olabildiğince kuru bir şekilde çıkmasını sağlıyor. Sürekli çalışan soğutma sistemi otomasyonlu hale getirilmediğinden ihtiyaç dışı durumlarda da çalışarak enerji sarfiyatını artırıyor. Şekil 4.22.'de termostatın soğutma kulesi panosuna montaj şekli görülmektedir.



Şekil 4.22. Soğutma kulesi panosuna termostat montajı

Burada sisteme eklenebilecek olan sıcaklık termostatu sayesinde istenilen sıcaklık aralığında motorlar devreye girerek gereksiz çalışmayı önlemiş olur.

1 ADET Fan Motoru: 2.5 kW/h } TOPLAM: 7.7kW/h
 1 ADET Su Pompası: 5.5 kW/h }

$$\text{Yıllık tüketim: } 7.7 \frac{\text{kW}}{\text{h}} * 9 \frac{\text{h}}{\text{gün}} * 300 \frac{\text{gün}}{\text{yıl}} = 21621.6 \frac{\text{kW}}{\text{yıl}}$$

Termostat fiyatı: 120.00 TL } TOPLAM: 220.00 TL
 İşçilik maliyeti : 100.00 TL }

Tasarruf edilen saat miktarı: 6 saat

$$7.7 \text{kw/h} * 6 \text{h/gün} * 26 \text{gün/ay} * 12 \text{ay/yıl} = 14414.4 \text{ kW/yıl}$$

$$21621.6 \text{ kW/yıl} - 14414.4 \text{ kW/yıl} = 7207.2 \text{ kW/yıl tasarruf sağlanmıştır.}$$

$$7207.2 \text{ kW/yıl} * 0.35 \text{krş/kW} = 2522.00 \text{ tl/yıl}$$

4.4.5.2. Soğutma havuzunda ısı geri kazanım uygulaması

Soğutma kulesinin atık enerji potansiyeli fazla olduğundan çeşitli çalışmalar ek olarak yapılabilir. Edessa Strafor fabrikasında aynı zamanda depoda biriken sıcak suyun idari bina ısıtma ihtiyacının karşılanması amacıyla projelendirmesi de yapılmıştır. Bunun için gerekli tek eksik olan sistemde suyun dolaşmasını sağlamak amacıyla sirkülasyon pompası temin edilmiştir. Kullanılan sirkülasyon pompasının bağlantı şekli ve görüntüsü Şekil 4.23.'da verilmiştir.



Şekil 4.23. Genel sistem görünüşü

Sistem için gerekli olan sirkülasyon pompası sayesinde, 70°C' ye kadar makinaların kondens dönüşleri ve vakum ünitelerinin egzozuyla ısıtılan 15000 kg kapasitedeki sıcak su havuzundan yararlanarak idari bina ısıtması gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

Bina toplam alanı 190m² olduğu düşünülürse ve binanın doğalgaz ile ısıtıldığını düşünürsek(kombi ısıtıcısı var kabul edilmiştir)binanın ısınma maliyeti yaklaşık aylık bazda 300.00TL - 400.00TL arasında olacaktır.

Pompanın en son kademe çalışıp 245 W gücünde çalıştığını düşünürsek 24 saat süreli, 3 ayda yaklaşık 500 kW elektrik harcar. Buda yaklaşık olarak 175 TL gibi bir rakam demektir.

Bu bilgilerden de anlaşılacağı üzere sistemi uygulamaya dökmek hem ucuz ısınmayı sağlayacağı gibi hem de soğutma fanı ve pompasının daha az çalıştırılarak elektrik sarfiyatını azaltacağı da görülmüştür.

4.4.6. Elektrik motorlarında elektrik sarfiyatını azaltma

Edessa Strafor bünyesinde kullanılan elektrik motorları analiz kısmında görüleceği üzere orta sınıf motorlar olup enerji verimliliği bakımından artık tercih edilmeyen motorlardır. Fabrikadaki kullanılan elektrik motorları 3 fazlı olup güç kapasitesi çokta yüksek olmayan ve çalışma süreleri birbirinden farklı olarak değişkenlik gösteren elektrik motorlarıdır.

Kullanılan elektrik motorları EPS taneciklerinin taşınmasında, makine içi vakum işlemlerinde, hava emiş görevlerinde, EPS kesimlerindeki tel soğutma işlemlerinde, konveyör sistemlerinde, hidrolik basınç sistemlerinde, hava üretiminde, su çevrimi sisteminde ve diğer birkaç farklı görevde fabrikada kullanılmaktadır.

Fabrikada bulunan elektrik motorları adet ve sınıfları aşağıdaki gibi tablo haline getirilmiştir. Daha yüksek verimli motor kullanımlarında elde edilecek tasarruf miktarları hesaplanarak tabloya aktarılmıştır. Motorların çalışma saatleri makinaların kullanımı dikkate alınarak tek vardiya üzerinden günlük olarak hesaplanmıştır. Elektrik motorlarının ilk yatırım durumlarına göre ve farklı vardiya sürelerine göre maliyet hesabı ömür boyu maliyet analizi kısmında ayrıca hesaplanarak tasarruf miktarları ortaya çıkarılacaktır.

Çizelge 4.9.'da oluşturulan tasarruf miktarları elektrik motorlarının enerji analizi kısmında verilen Çizelge 3.7.'den faydalanarak oluşturulmuştur. Elektrik

motorlarının farklı model ve markasına göre verimlilik, ilk yatırım, enerji tüketimi gibi unsurları değişkenlik göstermektedir.

Çizelge 4.9. Fabrika elektrik motorlarının sınıf ve kapasitesi

Çalışma Süresi	Motor adedi	Motor gücü(kw)	verim	sınıf	Kullanım yeri	Yıllık Tasarruf Miktarları
5saat	7	5.5	%87.6	IE-2	EPS taneciklerinin taşınmasında	555.00 tl/yıl
7saat	2	4	%87	IE-2	Vakum ünitesinde	195.00 tl/yıl
7saat	2	5.5	%87	IE-2	Soğutma grubunda	222.00 tl/yıl
-	2	5.5	%85.2	IE-2	EPS enjeksiyon makinesi	Kullanımı Az
-	1	4	%86.6	IE-2	EPS enjeksiyon makinesi	Kullanımı Az
-	1	7.5	%88.7	IE-2	EPS enjeksiyon makinesi	Kullanımı Az
6saat	3	0.42	-	IE-2	Hurda ünitesi	62.00 tl/yıl
6saat	2	2.2	%83.2	IE-2	Hurda ünitesi	132.00 tl/yıl
6saat	1	3.5	-	IE-2	Hurda ünitesi	91.00 tl/yıl
6saat	1	4	%85.8	IE-2	Hurda ünitesi	83.00 tl/yıl
4.5saat	8	0.25	-	IE-2	Kesme makinasında	-
4.5saat	4	0.75	-	IE-2	"	-
9,5	1	18.5	%89.3	IE-2	Kompresör	422.00 tl/yıl
4.5saat	1	0.18	-	IE-2	Kesme makinasında	-
4.5saat	1	5.5	%84.6	IE-2	Kesme makinasında	71.00 tl/yıl
4.5saat	1	4	-	IE-2	Kesme makinasında	62.00 tl/yıl
9.5saat	2	0.25	-	IE-2	Mixer	-
9.5saat	1	2.2	%84.3	IE-2	Şişirme ünitesi	104.00 tl/yıl
9.5saat	1	5.5	-	IE-2	Şişirme ünitesi	151.00 tl/yıl
9.5saat	1	4	-	IE-2	Şişirme ünitesi	132.00 tl/yıl
1saat	1	5.5	%87.7	IE-2	Blok ön vakum	Kullanımı Az
8saat	2	5.5	%87.7	IE-2	Vakum ünitesi	254.00 tl/yıl
TOPLAM	45	155.99	Tasarruf Miktarı Toplamı			2536.00 tl/yıl

Motorların haftada 6 gün ve günde 5 saat çalıştığı varsayılırsa ki çoğunlukla daha fazla çalışmaktadır, bu da yaklaşık olarak yıllık 1 440 saat eder. Motorların genel olarak % 75 yük faktörü ile çalıştığı kabul edilebilir. Hesaplamalar farklı motor büyüklüğü ve farklı çalışma saatleri olduğundan her motor için ayrı ayrı yapılmıştır. Denklem 3.9'a göre yıllık elektrik enerjisi tasarrufu aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$Q = 5.5 \frac{\text{kw}}{\text{h}} * 0.75 * 1440 \frac{\text{h}}{\text{yıl}} * \left[\left(\frac{1}{0.857} \right) - \left(\frac{1}{0.886} \right) \right] = 226.86 \frac{\text{kWh}}{\text{yıl}}$$

Bu motorlardan işletmede 7 adet olduğundan;

$$7 \text{ adet} * 226.86 = 1588 \frac{\text{kWh}}{\text{yil}}$$

$$1588 * 0.35 \text{tl} = 555 \frac{\text{tl}}{\text{yil}} \text{ elektrik tasarruf sağlanabilir.}$$

Fabrikada bulunan elektrik motorları tabloda da görüleceği üzere farklı güç ve farklı kullanım süreleri ve kullanım alanlarında bulunmaktadır. Kullanılan bu motorların kullanım amaçları, süreleri, yerleri ve kullanımında maruz kaldıkları yükler farklı olsalar da hepsi orta sınıf yani standart motorların bir üst seviyesinde olan yüksek enerji verimliliğine sahiptir. Verimlilikleri incelendiğinde ilk yatırım işlemi sırasında bu konuda dikkatli davranılmamış, verimlilik yönünden motorların seçimi konusunda istekte bulunmamıştır. Makinalarda kullanılan elektrik motorları marka, kalite ve verimlilik yönünden değerlendirilmeye tabi tutulmamıştır. Çizelge 4.10.'da görüleceği üzere farklı güçlerde ve değişken çalışma sürelerine sahip motorlara göre daha yüksek verimli motor kullanımında elde edilecek enerji tasarrufları ortaya konmuştur.

Çizelge 4.10. Fabrikadaki elektrik motorlarının ilk yatırım fiyatları ve işletme maliyetleri

Motor gücü(kw)	Sınıfı	Verim	Fiyatı (TL+kdv)	Yıllık Tüketim Miktarı	Amortisman Süresi	Günlük Çalışma Süresi
5.5	IE2	> = 85.7	519.00	3396.00 TL	YIL	7 saat
	IE3	>= 88.6	618.00	3285.00 TL	YIL	9.5 saat
4kw	IE2	> = 84.2	382.00	2514.00 TL	YIL	9.5 saat
	IE3	> = 87.6	454.00	2416.00 TL		
2.2	IE2	> = 81.0	237.00	1950.00 TL	YIL	9.5 saat
	IE3	> = 85.6	281.00	1858.00 TL		

Motorlar ayrı ayrı incelendiğinde ve çalışma saatleri dikkate alındıklarında bazılarında motor değişiminin yapılması enerji tasarrufu açısından pek yararlı olacağı görülmüştür. Yapılan hesaplamalara göre yüksek verimli sınıfta kullanımda olan motorlar, premium verimli motorlarla değiştirildiğinde kullanım ömrünün ½'si zamanında amortisman sağladığından, iyi bir yatırım olacağından değiştirilmeleri tavsiye edilmiştir. Ancak kullanım saati az olan motorların amortisman süreleri daha fazla olacağından değiştirilmesi değerlendirilmemiştir. Fabrika bünyesinde tespit edilen enerji geri kazanım uygulamalarından yapılması basit ve fazla maliyet gerektirmeyen birkaç uygulama hayata geçirilmiştir. Tespiti ve uygulaması yapılan

bu çalışmaların fabrika bünyesinde uygulama sonucunda kazanımları şimdiki maliyet analizi yöntemiyle oluşturulmuştur.

4.4.7. Yalıtımsız vana ve boruların yalıtılması ile elde edilen kazanımlar

Fabrikada buhar hatlarında kullanılan vanalar ve dağıtım hatlarının yalıtım eksiklikleri termal kamerayla görüntülenerek bu doğrultuda yalıtımsız ve yalıtımı eksik olan hatlara izolasyon uygulaması yapılmıştır. Hesaplamalarda vanalar için kullanılan bazı kabul şartları ve örnek hesaplama Çizelge 4.11. üzerinde verilmiştir. Yalıtımı yapılan buhar iletim vanalarının enerji tasarruf hesaplamaları aşağıdaki örnek tablo üzerinden yardım alınarak yapılmıştır (URL-7, 2016).

Çizelge 4.11. Vanaların standart enerji kaybı hesap tablosu

Vana ve Armatür Ceketi Fizibilite Hesabı														
Eşdeğer boru boyları(flanslar dahil)= 1.5 m 1 m ³ doğalgazdan elde edilen enerji=8.635 kW Toplam çalışma süresi=7488 h/yıl 1 m ³ doğalgaz fiyatı=0.815 tl										ortalama değerlerdir.			*ortalama yüzey sıcaklık toleransı 10 ° C dir.	
Çap	1m boru için hesaplan ısı kaybı (W/mK)		Yalıtımla kazanılan enerji tasarruf oranı	Yalıtımsız			Yalıtımlı			Yıllık kazanç (tl)	Yüzey sıcaklığı			
	Yalıtımsız	Yalıtımlı		kW/yıl	doğalgaz (m ³)	Kayıp	kW/yıl	doğalgaz (m ³)	Kayıp		ilk (°C)	Son (°C)		
DN 20	88	20	76.9	986	114	93.04	228	26	21.56	71.51	160	32		
DN 40	158	28	82.3	1770	205	167.04	313	36	29.5	137.54	160	33		
DN 65	248	37	85.1	2788	323	263.1	415	48	39.16	223.94	160	34		
DN 80	290	41	85.9	3258	377	307.44	461	53	43.49	263.95	160	34		
DN 100	373	49	86.8	4186	485	395.04	550	64	51.95	343.09	160	34		
DN 125	455	57	87.5	5116	592	482.82	639	74	60.31	422.51	160	34		
DN 150	538	65	88	6043	700	570.25	727	84	68.57	501.68	160	35		

Bu görüntülemeler kapsamında 2 adet DN 40, 2 adet DN 65, 2 adet DN 100, 2 adet DN 80 ve 2 adet DN 150 vanalarla birlikte farklı çap ve uzunlukta boruların izolasyon eksikliği görülmüştür. Eksiklik görülen vana ve borularda yalıtım çalışmaları fabrika bünyesinde vakit kaybetmeden uygulamaya konulmuştur. Hesaplamalarda tablodan farklı olarak yıllık çalışma saati ve doğalgaz metreküp

fiyatı güncel ve fabrikaya göre alınmıştır. Bu hesaplamalarda elde edilen kazanım miktarı Çizelge 4.12.'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Yalıtımsız vanaların enerji kayıpları

Vana Cinsi	Vana Adedi	Yalıtımsız Doğalgaz Kaybı(m ³ /yıl)	Yalıtımlı Doğalgaz Kaybı(m ³ /yıl)	Tasarruf Doğalgaz Miktarı(m ³ /yıl)	Tasarruf Miktarı (TL /yıl)
DN 40	3	245.0	43.0	202	236.3
DN 65	2	255.0	38.0	217	253.9
DN 80	1	150.0	21.0	129	151.0
DN 100	8	1535.0	203.0	1332	1 558.4
DN 125	2	398.0	58.5	339.5	397.2
DN 150	2	555.0	66.5	488.5	571.5
TOPLAM				2707.7	3168.0

Fabrikada yalıtımı eksik olan vanaların enerji kayıpları yukarıdaki tabloda hesaplanmıştır. Enerji kayıplarının giderilmesi için fabrikada bulunan yalıtımsız vana ve borulara yalıtım uygulaması yapılmıştır. Bunun için yalıtkan malzeme olarak izocam, dış yüzeyine alüminyum sac levha (krom alaşımı) ve alüminyum folyo kullanılmıştır. Fabrika ilk kurulumu sırasında artık halde depoda bulunan yalıtım malzemeleri kullanıldığından bu uygulama için fabrikanın herhangi bir gider maliyeti oluşmamıştır. Yalıtım yapılan vana ve dağıtım borularından bazıları Şekil 4.24. ve Şekil 4.25.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.24. Kollektör ve akümülatör üzerindeki buhar vanalarının yalıtım yapılmış görüntüsü



Şekil 4.25. Farklı bölümlerde yalıtım uygulaması görüntüsü

4.5 Enerji Geri Kazanım Sistemlerinin Ömür Boyu Maliyet Analizi

4.5.1. Buhar kazanı ekonomizeri ömür boyu maliyet analizi

Buhar kazanı ekonomizer uygulaması için yer tespiti, kapasite tespiti, atık ısı tespiti ve kullanım kapasiteleri belirlenmiştir. Bu bilgiler kapsamında gerekli firmalardan ekonomizer fiyat teklifi alınmış, maliyet hesabı Çizelge 4.13.'de oluşturulmuştur.

Çizelge 4.13. Ekonomizerli ve ekonomizersiz sistemin maliyet tablosu

	Ekonomizersiz Kazan	Ekonomizerli Kazan
YATIRIM MALİYETİ		
Ekonomizer	0 tl	37282 tl
İşçilik	0 tl	8 000.00 tl
Toplam	0 tl	45282.00 tl
İŞLETME MALİYETİ		
Elektrik	1474 tl/yıl	2948 tl/yıl
Doğalgaz	365040 tl/yıl	346714 tlyıl
Toplam	366514 tl/yıl	349.662 tl/yıl
Kullanım Saatleri	9saat/gün	

Maliyet hesabı yapılan tüm uygulamalar için enflasyon oranı % 9.22, faiz oranı % 11.5 alınmıştır. Faiz oranı enflasyon oranından büyük olduğundan Denklem 3.11'deki denklemden enflasyona göre faiz oranı (i) bulunur.

$$i = (0.115 - 0.0922) / (1 + 0.0922) = 0.021 \text{ olarak bulunur.}$$

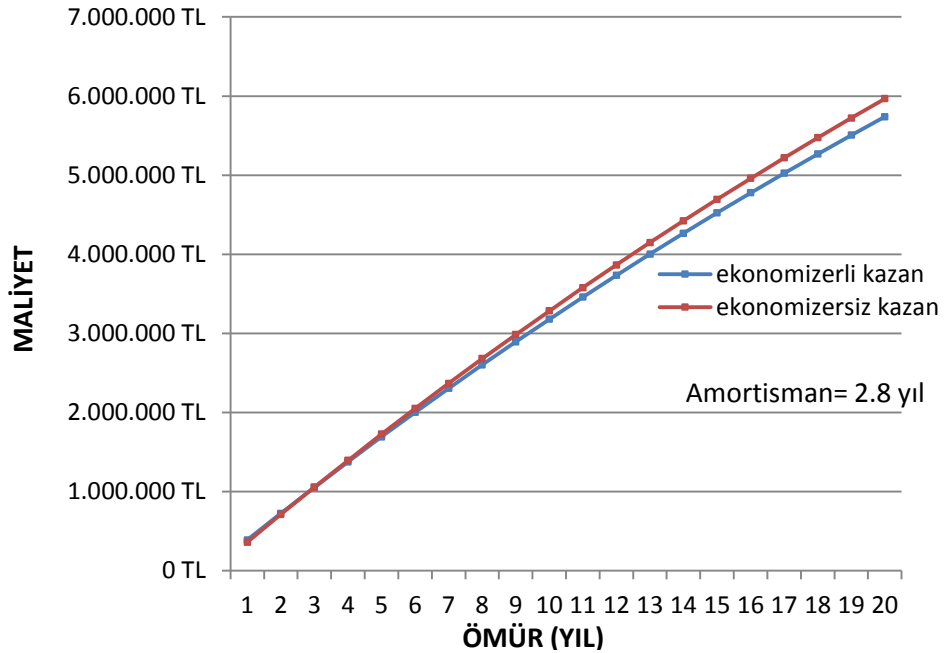
$PWF = (((0.021 + 1) - 1) / 0.021 * (0.021 + 1)) = 0.98$ birinci yıl için ortaya çıkan değerdir. Buradan ilk yıl için ortaya çıkan maliyet değeri Denklem 3.13'teki gibi bulunur.

$P_0 = 0.98 * 349662 \frac{TL}{yıl} = 342512 \frac{TL}{yıl}$ olarak ekonomizerli kazan maliyeti ilk yıl için elde edilir. Ekonomizer ömrünü 20 yıl olarak kabul ettiğimizden dolayı yıllara göre maliyet dağılımı aşağıdaki Çizelge 4.14.'de hazırlanmıştır.

Çizelge 4.14. Sistemin yıllara göre maliyet dağılımı

Yıl	PWF	Ekonomizerli Sistem (tl/yıl)	Ekonomizersiz Sistem (tl/yıl)	Kazanç (tl/yıl)	İndirim	İlk Yatırım
1	0.98	342512	359019	16852	16507	45282
2	1.94	678020	710697	16852	32677	45282
3	2.88	1006668	1055184	16852	48516	45282
4	3.80	1328595	1392627	16852	64032	45282
5	4.70	1643939	1723169	16852	79230	45282
6	5.58	1952835	2046952	16852	94117	45282
7	6.45	2255415	2364115	16852	108700	45282
8	7.30	2551807	2674792	16852	122985	45282
9	8.13	2842138	2979116	16852	136977	45282
10	8.94	3126533	3277217	16852	150684	45282
11	9.74	3405112	3569222	16852	164110	45282
12	10.2	3677995	3855257	16852	177261	45282
13	11.8	3945298	4135442	16852	190144	45282
14	12.3	4207135	4409898	16852	202763	45282
15	12.7	4463617	4678742	16852	215125	45282
16	13.8	4714855	4942088	16852	227233	45282
17	14.9	4960956	5200050	16852	239094	45282
18	14.8	5202024	5452736	16852	250712	45282
19	15.5	5438163	5700256	16852	262093	45282
20	16.1	5669473	5942714	16852	273241	45282

Çizelge 4.17.' de oluşturulan veriler yardımıyla Şekil 4.26.'daki ekonomizerli buhar kazanı ve ekonomizer kullanılmamış buhar kazanının ömür boyu maliyet grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 4.26. Ekonomizer maliyet analizinin grafiksel görünümü

Buradan elde edilen sonuca göre yapılacak yatırım tek vardiya sistemi ve kullanım değerlerine göre kendisini 2.8 yılda amorti edecektir. Kazan kullanımının artması veya diğer vardiyaaların açılma potansiyeli olması dolayısıyla amortisman süresi daha kısa zamanda gerçekleşebilir. Mevcut durumda bile yatırımın fabrika için faydalı bir yatırım olacağı görülmüştür. Fabrikanın yaklaşık 5 yıldır EPS sektöründe oluşunu göz önünde bulundurursak kazan ekonomizeri yatırımın ilk başında yapılmış olsaydı günümüz itibari ile kendi yatırımının iki katı olacak miktarda tasarruf sağlamış olacaktı. Bu veriler bile sistemin hala verimlilik yönünden uygulamaya ihtiyacı olduğunu ortaya koymaktadır.

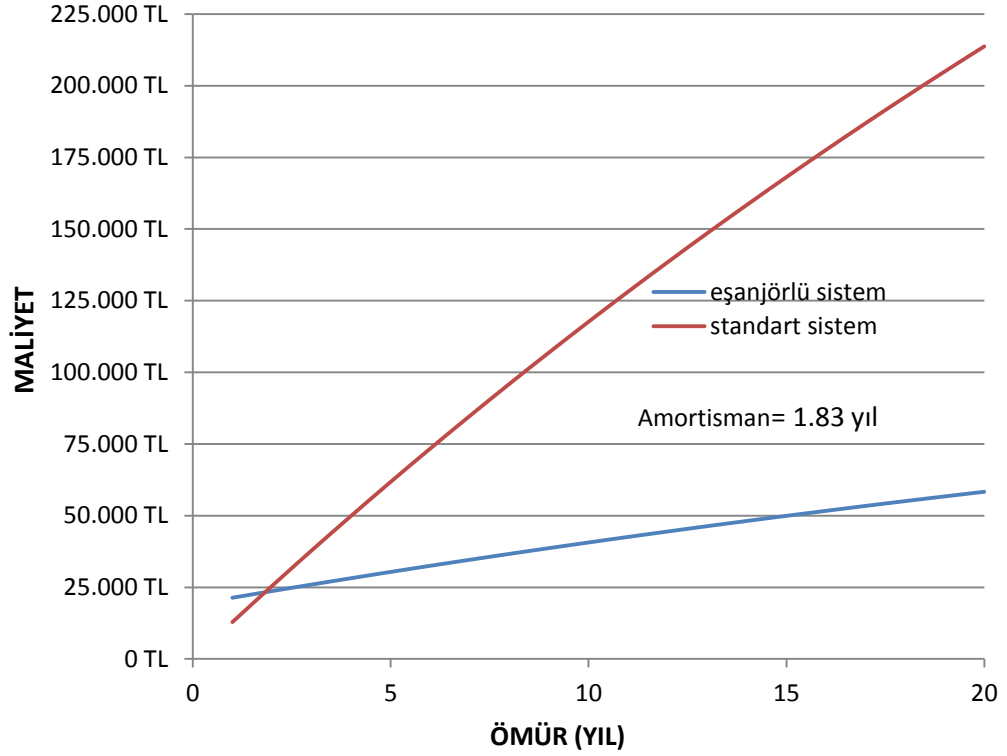
4.5.2. Şişirme makinesi eşanjör sisteminin ömür boyu maliyet analizi

Şişirme makinesi için enerji analizi kısmında hesaplanan uygulamaya göre atık buharın enerjisini geri kazanmak için eşanjör uygulaması düşünülmüştür. Eşanjör uygulaması yapılabilmesi için atık buhar atmosfere çıkış basınç ve değerlerinin eşanjöre giriş ve çıkıştaki değerleriyle aynı olması gerekir. Aksi takdirde şişirme prosesi düzgün bir şekilde çalıştırılmaz. Bu nedenle eşanjör önüne veya arkasına emiş fanı kullanılmalı ve bu fan prosesle otomasyonlu şekilde devreye konulmalıdır. Şişirme makinesi bacası için kullanılacak eşanjörden elde edilecek ısının kazan besi tankının ısıtılması veya yoğunlaştırılmış suyun tekrar kazanda kullanılması yöntemleriyle enerji tasarrufu sağlanabilir. Bu kapsamda fabrikada bulunan ve kazana su temini sağlayan su deposunun ön ısıtılması ve yoğunlaşan suyun biriktirilmesi düşünülmüştür. Eşanjörün ilk yatırımı Çizelge 4.15.'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Eşanjörlü ve standart sistemin maliyet tablosu

	EŞANJÖRLÜ SİSTEM	STANDART SİSTEM
YATIRIM MALİYETİ		
Eşanjör	4000 TL	0 TL
İşçilik (boru ve fan motoru dahil)	15000 TL	0 TL
Toplam	19000TL	0 TL
İŞLETME MALİYETİ		
Elektrik (4 kW)	2835 TL	
Doğalgaz	-	13128 TL
Toplam	2835 TL	13128 TL
Kullanım Saatleri	9saat/gün	

Eşanjör ilk yatırımında şişirme makinesi egzoz çıkışı ve su deposu arasında kurulacak hattın kurulum, yalıtım ve ilk yatırımı işçilik bedelleri içinde verilmiş olup, maliyet analizi eşanjörün maksimum ısı verimi üzerinden hesaplanmıştır. Buna göre eşanjörün maliyet analizi Şekil 4.27.'deki gibi bulunmuş ve amortisman süresi yaklaşık olarak 1.83 yıl bulunmuştur.



Şekil 4.27. Eşanjör maliyet analizinin grafiksel görünümü

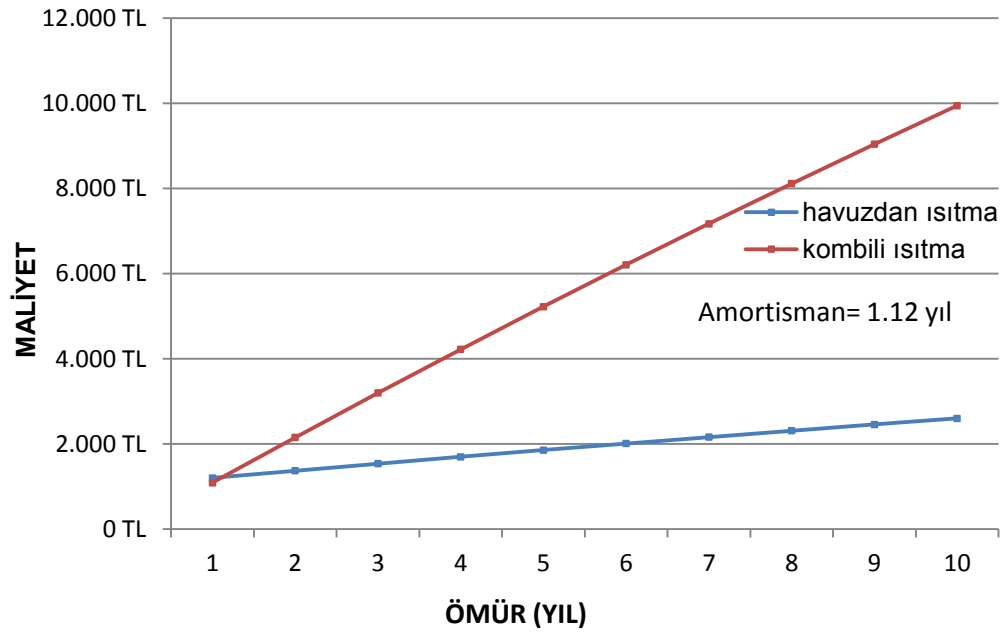
4.5.3. Soğutma havuzundan idari bina ısıtmasının ömür boyu maliyet analizi

Soğutma kulesi ısı geri kazanımı için uygulanan bu sistemde mevcut idari bina ısıtması için doğalgazlı kombili bir ısıtma sistemiyle karşılaştırma yapılmıştır. Mevcut sistemde kombi var olarak kabul edilmiş ve kombinin ilk yatırıma etkisi bu yüzden hesaba katılmamıştır. Fabrika idari binasının ısıtılan alanı enerji analizi bölümünde gösterilmiş ve bu alan üzerinden doğalgaz yakıt sarfiyatı işletme maliyeti olarak ortalama bir değer kabul edilmiştir. Uygulaması düşünülen ısıtma sisteminin farklı ısıtma yöntemlerine göre ilk yatırım maliyeti verileri Çizelge 4.16.'daki gibi aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur.

Çizelge 4.16. Isıtma sisteminin ilk yatırım maliyet tablosu

	KOMBİLİ ISITMA	HAVUZDAN ISITMA
İLK YATIRIM MALİYETİ		
Pompa	0 TL	750,00 TL
Bağlantı Parçaları	50 TL	180,00 TL
İşçilik	0 TL	100,00 TL
TOPLAM	50 TL	1.030,00 TL
İŞLETME MALİYETİ		
Elektrik	60 TL	175 TL
Doğalgaz	1.050 TL	0 TL
TOPLAM	1.110 TL	175.00 TL
KULLANIM SAATLERİ	24 saat	

Çizelge 4.19’da oluşturulan veriler yardımıyla Şekil 4.28.’deki idari binanın doğalgaz veya mevcut soğutma kulesi sıcak su havuzundan ısıtılmasının ömür boyu maliyet grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 4.28. Sistemin ömür boyu maliyetinin grafiksel görünümü

Bu sistemin uygulanması son derece gerekli ve yerinde olup işletmeye pozitif yönde katkı sağlayacaktır. Kombili ısıtma sistemine göre sistem kendini 1.12 yılda amorti edecektir. Fabrikada bu sistemin uygulaması yapılmıştır ve sistem kış şartlarında ısıtma ihtiyacı için çalıştırılmıştır. Dış ortamın 3°C ile 8°C olduğu

koşullarda iç ortam sıcaklığı farklı çalışma koşullarına göre 20 °C'ye kadar ısıtma sağlanmıştır.

4.5.4. Mevcut elektrik motorlarının daha verimli motorlarla değiştirilmesinin maliyet analizi

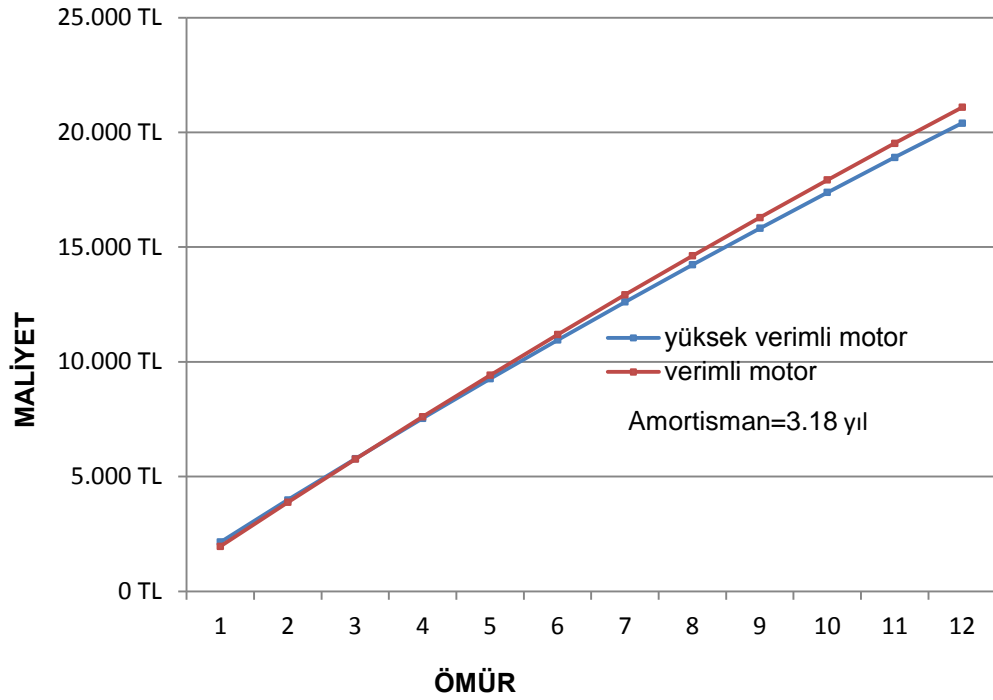
Elektrik motorlarında maliyet analizi yapılırken mevcut elektrik motorlarının yüksek verimli motorlarla değiştirilmesi düşüncesiyle hesaplamalar yapılmıştır. Fabrika ilk yatırımında enerji verimliliği dikkate alınmış olsaydı amortisman süreleri minimuma indirilmiş olur, çalışma saatleri fazla önem teşkil etmezdi. Ancak mevcut şartlarda motorların değişimi için çalışma saatleri yüksek motorlar tercih edilmeye çalışılmıştır. Maliyet hesaplamalarında mevcut sistem dışında kullanım süreleri ve motorun ilk yatırımı yeni yapılacak şekilde düşünülerek ayrıca hesaplamalar yapılarak farklı amortisman süreleri bulunmuştur.

4.5.4.1. 2.2 kW 9.5 saat çalışan bir motorun maliyet analizi

2.2 kW günlük tek vardiya sistemine göre 9.5 saat çalışan bir motorun ilk yatırım maliyeti fabrikada mevcut sistemde standart verimli motor olduğu göz önüne alınarak Çizelge 4.17.'deki gibi oluşturulmuştur. Burada oluşturulan bilgiler kapsamında verimliliği farklı motorların ömür boyu maliyet analiz grafiği Şekil 4.29'da verilmiştir.

Çizelge 4.17. 2.2kW motorun ilk yatırımı

	Standart verimli motor	Yüksek verimli motor
Motor	0 TL	281 TL
İŞLETME MALİYETİ		
elektrik	1950 TL	1858 TL
Bakım onarım	50 TL	50 TL
TOPLAM	2 000 TL	1 938 TL
KULLANIM SAATLERİ	9,5 saat	



Şekil 4.29. 2.2 kW.9.5 saat çalışan bir motorun ömür boyu maliyet analizi

Mevcut motorun farklı çalışma süreleri ve yatırım maliyetlerinde Çizelge 4.18.'deki gibi farklı senaryo şekillerine göre amortisman süreleri değişmektedir. Sonuçlarda da görüleceği üzere motor çalışma süresi amortisman süresini doğrudan etkilemektedir.

Çizelge 4.18. Farklı durumlarda 2.2 kw elektrik motorunun amortisman süresi

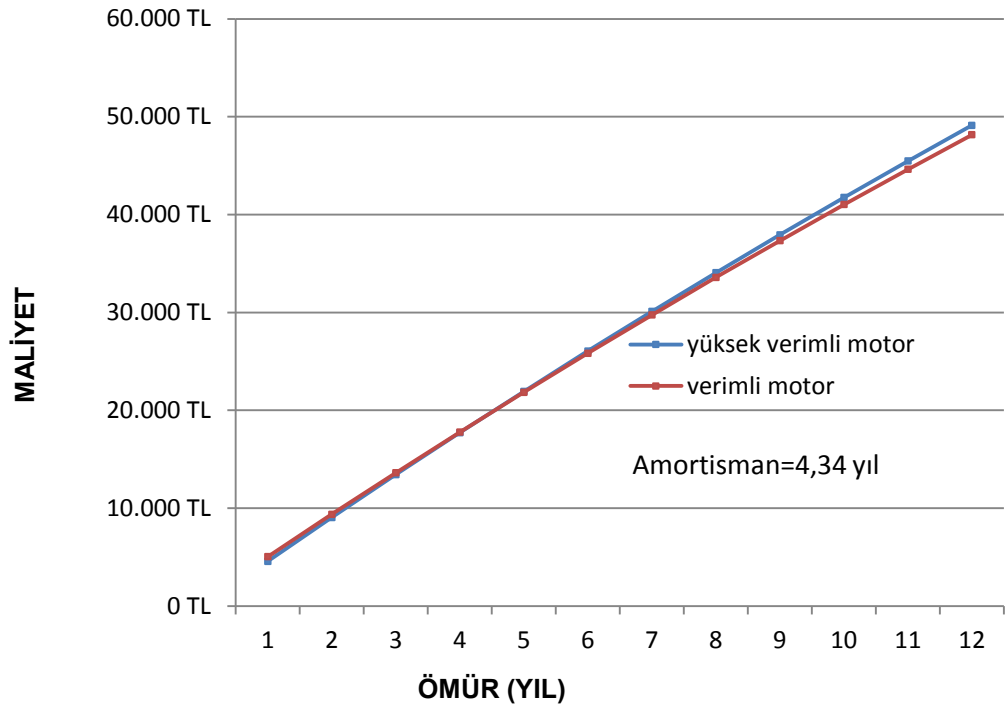
Senaryo	Çalışma Süresi	Sistemdeki Motor Durumu	Amortisman Süresi(yıl)
1	9.5 saat/gün	var	3.18
2	24 saat/gün	var	1.23
3	9.5 saat/gün	yok	0.48
4	24 saat/gün	yok	0.2

4.5.4.2. 5.5Kw 9.5 saat çalışan bir motorun maliyet analizi

5.5 kW günlük tek vardiya sistemine göre 9.5 saat çalışan bir motorun ilk yatırım maliyeti fabrikada mevcut sistemde standart verimli motor olduğu göz önüne alınarak Çizelge 4.19'daki gibi oluşturulmuştur. Burada oluşturulan bilgiler kapsamında motorların ömür boyu maliyet analiz grafiği Şekil 4.30.' da verilmiştir.

Çizelge 4.19. 5.5 kW motorun ilk yatırımı

		Standart verimli motor	Yüksek verimli motor
İLK YATIRIM MALİYETİ			
	motor	0 TL	618 TL
İŞLETME MALİYETİ			
	Elektrik	4 608 tl	4 458 tl
	Bakım onarım	50 tl	50 tl
	TOPLAM	4 658 TL	4 508 TL
KULLANIM SAATLERİ	9,5 saat		



Şekil 4.30. 5.5 kW 9.5 saat çalışan bir motorun ömür boyu maliyet analizi

Mevcut motorun farklı çalışma süreleri ve yatırım maliyetlerinde Çizelge 4.20.'de farklı senaryo şekillerine göre amortisman süreleri değişmektedir.

Çizelge 4.20. Farklı durumlarda 5.5 kw elektrik motorunun amortisman süresi

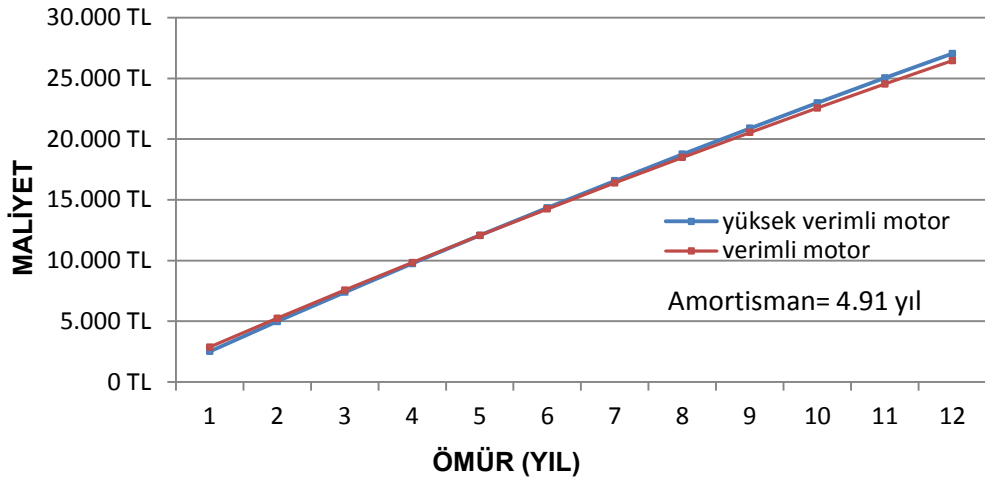
Senaryo	Çalışma Süresi(h/gün)	Sistemdeki Motor Durumu	Amortisman Süresi(yıl)
1	9.5	var	4.38
2	24	var	1.66
3	9.5	yok	0.67
4	24	yok	0.26
5	7	var	5.97
6	7	yok	0.91

4.5.4.3. 4 Kw 9.5 Saat Çalışan Bir Motorun Ömür Boyu Maliyet Analizi

4 kW günlük tek vardiya sistemine göre 9.5 saat çalışan bir motorun ilk yatırım maliyeti fabrikada mevcut sistemde standart verimli motor olduğu göz önüne alınarak Çizelge 4.21.'deki gibi oluşturulmuştur. Burada oluşturulan bilgiler kapsamında verimliliği farklı motorların ömür boyu maliyet analiz grafiği Şekil 4.31.'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. 4 kW motorun ilk yatırımı

		Standart verimli motor	Yüksek verimli motor
Motor ilk yatırım		0 tl	454 tl
İşletme Maliyeti	Elektrik	2 514 tl	2 416 tl
	Bakım onarım	50 tl	50 tl
	TOPLAM	2 564 TL	2 466 TL
Kullanım Süresi		9,5 saat	



Şekil 4.31. 4kW 9.5 saat çalışan bir motorun ömür boyu maliyet analiz

Mevcut motorun farklı çalışma süreleri ve yatırım maliyetlerinde Çizelge 4.22.'de farklı senaryo şekillerine göre amortisman süreleri değişmektedir.

Çizelge 4.22. Farklı durumlarda 4 kW elektrik motorunun amortisman süresi

Senaryo	Çalışma Süresi(h/gün)	Sistemdeki Motor Durumu	Amortisman Süresi(yıl)
1	9.5	var	4.91
2	24	var	1.88
3	9.5	yok	0.75
4	24	yok	0.29

Yapılan analizlere göre elektrik motorlarında tasarruf amaçlı yatırımlarda motorların kullanım süreleri çok önemlidir. Motor gücü küçükte olsa motorların daha verimli motorlarla değiştirilmesi için yıllık kullanım miktarlarının iyi hesaplanması önemlidir. Fabrika bünyesinde kullanılan motorların bazılarının enerji analizleri yapılmış ve motorların çalışma sürelerine ve kapasitelerine göre farklı amortisman süreleri elde edilmiştir. Elde edilen veriler ışığında fabrika yönetimine gerekli tavsiyelerde bulunulmuştur.



5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Günümüzde küreselleşen ekonomi ile artan rekabet şartları endüstriyel işletmeleri enerji maliyetlerini önemli hale getirmiştir. Önceleri yakıt ucuz ve rekabetin az olmasından dolayı enerji maliyetleri fazla önemsenmiyordu. Bugün ise sanayi tesisleri ya da endüstriyel işletmeler, boşa yakıt tüketme lüksüne sahip değildir. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de tek amaç, minimum yakıt tüketimi ile maksimum enerji elde etmek olmak zorundadır. Üst yönetimden en alt kademedeki çalışana kadar, enerji tasarrufunu prensip edinmiş ve çalışmalarını bu doğrultuda planlamış sanayi tesisleri ya da endüstriyel işletmeler günün sonunda aynı iş için daha az enerji tüketimini sağlayacaklardır.

Doğru ve güncel bilgilere ulaşılabilmesi ve enerji tasarrufu çalışmalarının gerçekçi olarak planlanabilmesi için deneyimli, tarafsız ve profesyonel danışmanlardan alınacak destek ile çalışmalara yön verilmelidir. Teknolojide yaşanan gelişmeler ile sağlanan faydalar takip edilerek, doğru seçilmiş yüksek hassasiyetli ölçüm aletleri kullanılarak sürekli ölçüm ve gözlem yapılmalıdır.

Yapılan ölçüm ve gözlemler kayıt altında tutularak, enerji tasarrufu çalışmalarının işletmeye sağladığı faydalar gözlemlenmeli, yapılacak analiz ve yorumlamalar ile aksaklıkların üzerine gidilmelidir.

Her türlü tüketim değerinin bilinmesi, yapılacak ya da yaptırılacak olan ön enerji etüdü ve detaylı enerji etüdü ile kayıpların tamamının tespiti enerji tasarrufu çalışmalarına başlamanın yeter şartı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Enerji tasarruf çalışmalarına gerekli mali kaynak ve insan gücü temin ve tesis edilerek kısa, orta ve uzun vadede bu çalışmaların getirileri en iyi şekilde değerlendirilmelidir.

Tez çalışmasında enerji tüketen proseslerin incelenmesi sonucu fabrikanın enerji kullanım miktarları hesaplanmıştır. Yapılması uygun olacak enerji geri

kazanım sistemleriyle beraber değişen enerji kullanım miktarları aşağıdaki tabloda bir araya getirilerek fabrikadaki tüketimi ortaya çıkarılmıştır. Bu enerji miktarları aynı zamanda TEP değerlerine göre hesaplanarak sunulmuş ve fabrikanın enerji yönetimine ihtiyaç duyup duymadığına karar verilmesi için bilgi kaynağına dönüştürülmüştür. Fabrikanın enerji verimliliği için yatırım ve kazanç miktarları Çizelge 5.1.'de verilmiştir. Elde edilen bu bilgilerden yola çıkılarak Çizelge 5.2. ve Çizelge 5.3.'te genel enerji kullanımları ve değişimleri ortaya konmuştur.

Çizelge 5.1. Fabrika enerji geri kazanım uygulamaları ve getirileri

	Yatırım	Ömür (yıl)	Yıllık Getirisi	Yıllık Kazanç
Buhar Kazanı Eşanjörü	45282.00 TL	20	17679.00 TL	%39
Şişirme Makinesi Eşanjörü	19000.00 TL	15	13128.00 TL	%69
Kompresör Bacası Atık Isı Kazanımı	200.00 TL	-	9993.00 TL	-
Soğutma Kulesi Otomasyonu ve Isınma	1250.00 TL	10	3422.00 TL	%270
Yalıtım	500.00 TL	-	3165.00 TL	%630

Çizelge 5.2. Fabrika yıllık enerji maliyet değişimi

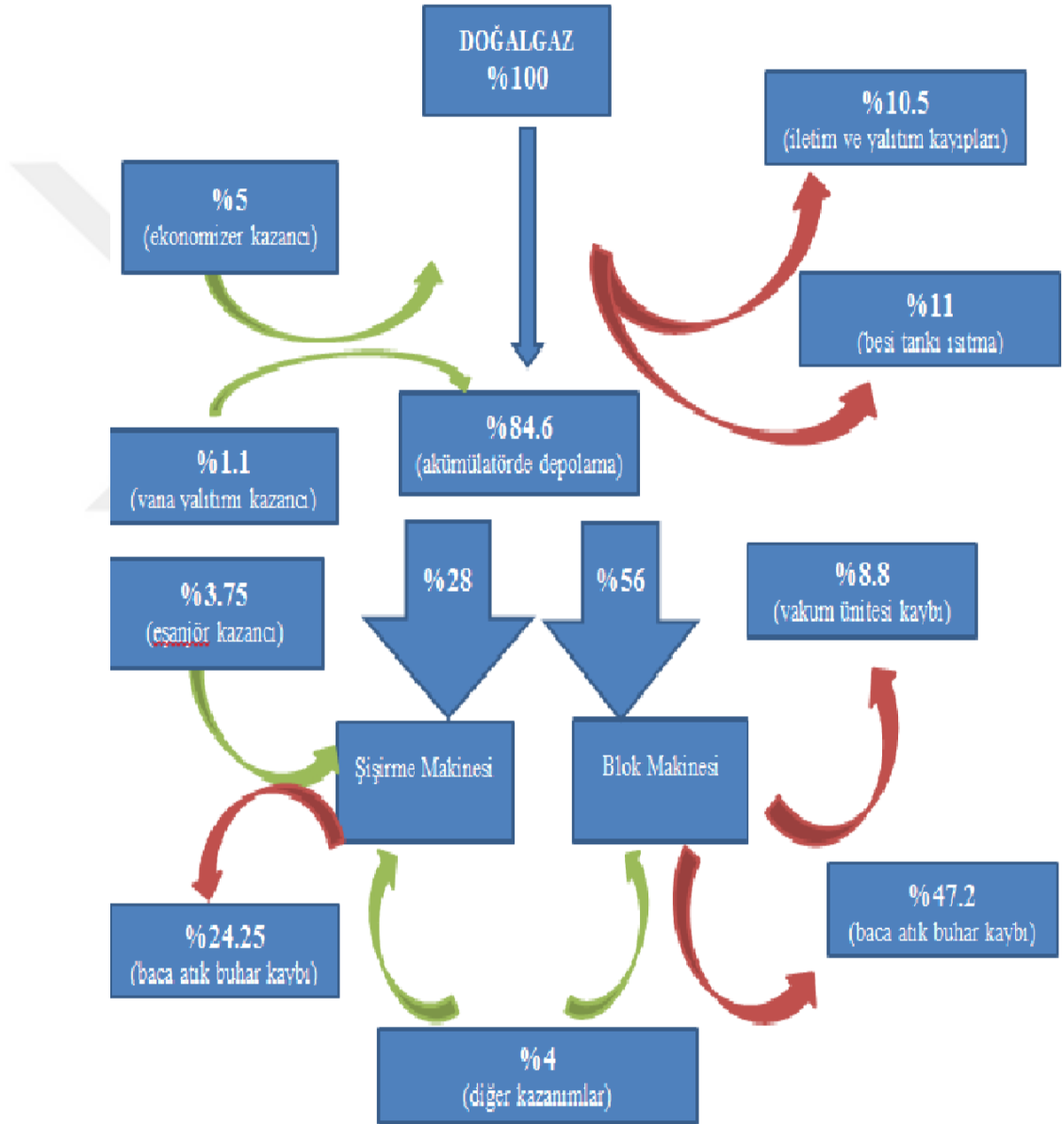
Fabrika Bünyesinde Uygulamalar Sonucu Geri Kazanılabilinecek Enerji Tasarruf Miktarı			
	Önce(yıllık)	Sonra (yıllık)	Yüzde%
Doğalgaz	300000 m ³	259641m ³	13.5
Elektrik	50000 TL	46000 TL	8
Su	6200 ton	4350 ton	30

Çizelge 5.3. Fabrika yıllık enerji maliyet TEP değişimi

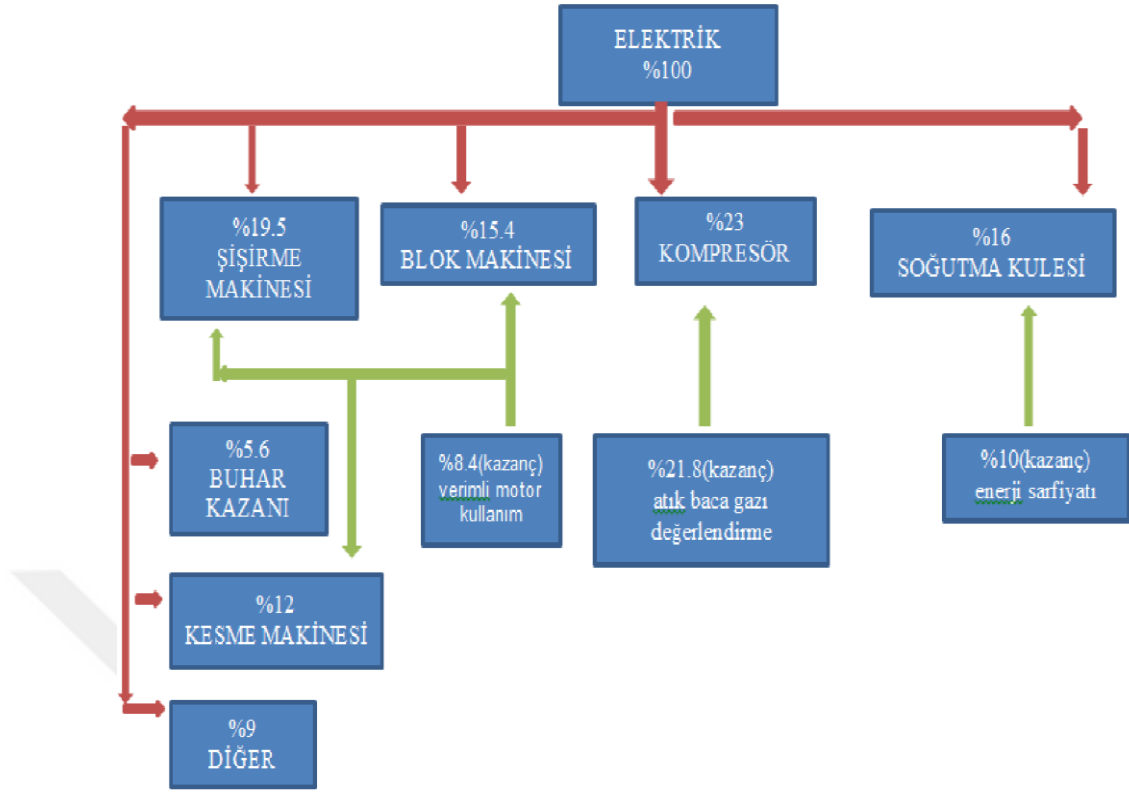
Miktar	Birim	Enerji Kaynağı	Katsayı	Uygulama Öncesi TEP Değeri	Uygulama Sonrası TEP Değeri
300	binm ³	Doğal Gaz	0.825	247.5	214.204
150	binKWh	Elektrik	0.086	12.9	11.76
-	kWh	Hidrolik	0.086	-	-
-	kWh	Jeotermal	0.860	-	-
TOPLAM YAKIT TÜKETİMİ (TEB)				260.4	225.963

Edessa Strafor fabrikasında yapılan incelemelerde enerji verimliliği yönünden eksiklikler ve yapılabilecek uygulamalar tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu

uygulamalar üretici firma sahibine bildirilerek gerekli adımların atılması yönünde çalışmalar başlatılmıştır. Yapılan enerji dönüşüm değerlerine göre fabrikada kullanılan enerji miktarı 2000 TEP değeri altında kaldığı için enerji yöneticisi atanmasına gerek yoktur. Ancak fabrikada kullanılan enerjinin daha verimli halde kullanılarak tüketimin azaltılacağı ortaya çıkmıştır. Kullanılan enerji çeşitlerinin uygulama yapıldıktan sonra kazanımları Şekil 5.1. ve Şekil 5.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Doğalgaz enerjisi kullanımı durumu



Şekil 5.2. Elektrik enerjisi kullanımı durumu

Fabrikada görülen eksiklikleri ve önerilenler maddeler halinde aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.

1) Buhar kazanı kapasitesi, buhar tüketen makine kapasitelerinden oldukça fazla olduğundan kazan verimi olumsuz yönde etkilenmektedir. Kazan brülörü sürekli çalışmayıp, dur-kalk pozisyonunda çalıştığından elektrik sarfiyatı ve doğalgaz sarfiyatı fazla olmaktadır. Bu da işletmeye enerji gideri olarak yansımaktadır.

2) Buhar kazanı sisteminde baca gazı ısı geri kazanımı yoktur. Bununla ilgili çalışma yapılarak yatırım maliyeti ve elde edilecek kazanım miktarı belirlenmiştir. Bu sistemle kazana giren besi suyu ısıtılarak buhar ve doğalgaz tasarrufu yapılması hedeflenmiştir. İşletme bünyesinde en kısa zamanda uygulamaya geçileceğinin bilgisi alınmıştır. Aynı zamanda yapılacak uygulamanın ısı kapasitesi yeterli ihtiyacı karşılayamadığından dolayı besi suyu ön ısıtması için sisteme ek bir sistem olarak güneş enerjisi ile suyun ısıtılması da düşünülebilir.

3) Buhar kazanı otomatik blöf sisteminin olmadığından dolayı yapılan blöfler yanlış ya da miktarı düzensizdir. Kazana monte edilecek ekonomizer yanında otomatik blöf sistemi de monte edilerek bu işlemler otomasyonlu hale getirilebilir. Böylece kazanda oluşan blöf kayıpları azaltılmış ve oluşabilecek kazan kireçlenmesine karşı önlem alınmış olunur. Kazan kireçlenmesi dolayısıyla kazanda %50 'ye varan enerji kayıpları oluşma potansiyeli vardır.

4) Kazanda brülörde yakılan hava-yakıt karışımı düzenli periyotlarda yetkili servis tarafından bakımı yapıldığından maksimum düzeyde çalışması verimli hale getirilmiştir.

5) EPS şişirme makinesinde buhar kullanımının oldukça verimsiz olduğu tespit edilmiştir. Makinede kullanılan buharın egzoz edilmesinde önemli enerji kayıpları yaşanmaktadır. Bu soruna çözüm olarak makine egzoz buharına eşanjör tasarımı önerilmiş, sıcak buharla besi suyu kazanına giden suyun ön ısıtılması düşünülmüştür. Böylece doğalgaz ve su tüketiminde tasarruf sağlanmıştır.

6) Soğutma kulesi sisteminde soğutma fanı ve motorunun gereğinden fazla çalıştığı tespit edilerek sistem otomasyonlu hale getirilmiştir. Böylece sistemde kullanılan elektrik sarfiyatı %70 oranında azaltılmıştır. Sistem yapılan uygulama sonucunda istenilen sıcaklık aralığında devreye giriş yapmaktadır. Ayrıca fabrika bünyesinde kurulumu gerçekleştirilen ek bir enjeksiyon makinesinin de soğutma kulesi otomasyonu için üretimde hayati öneme sahip olduğu belirlenmiştir.

7) Buhar iletim borularında ve vanalarında görülen yalıtım eksiklikleri belirlenerek gerekli çözümler üretilmeye çalışılmıştır. Böylece buhar dağıtım hatlarından oluşabilecek kayıplar minimize edilmeye çalışılmıştır. Bunun için gerekli uygulamalar yapılmış ve istenilen sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle yalıtımsız buhar vanalarının enerji kayıpları minimize edilmiştir.

8) Hava kompresöründeki atık ısı geri kazanımı silo dairesinde hammadde taneciklerinde kurutma işlemi için faydalı hale getirilmiştir. Daha önce kompresörün

hava aldığı ortama salınımı yapılan sıcak havanın silo dairesine atılması sağlanarak hem EPS blok üretim kapasitesi artırılması, hem de kompresörün verimliliğinin artırılması yönünde adım atılmıştır. Ayrıca hava kompresörünün bulunduğu ortam ve konum olarak olumsuz durumda olduğu fabrika yönetimine bildirilmiştir.

9) Fabrikada bulunan makinaların periyodik bakımlarının işletme ekonomisine giderden çok görünmeyen kazanç sağladığı tespit edilmiştir. Bu bakımlarla üretim kayıpları azaltılmış, iş güvenliği artırılmış, aynı zamanda enerji tüketen proseslerin enerji kullanımının azaltılması sağlanmıştır.

10) İşletme bünyesinde bulunan elektrik motorlarının verimlilik sınıfı incelenerek işletme giderine yaptığı olumsuzluklar belirlenmeye çalışılmıştır.

Yapılan çalışmalar dikkatle incelendiğinde görülecektir ki hiçbir üretim prosesini %100 verimle çalıştırmak mümkün değildir. Bunun yanında bütün proses sistemlerinde enerji verimliliği bakımından verim artırma çalışmaları yapılabilir. Bu prensibe dayanarak fabrikada bir takım değişikliklerde bulunulmuştur. Yapılan her uygulama başlangıçta maliyet gibi gözükse de amortisman süreleri sona ermesiyle birlikte işletmeye rekabet alanında doping etkisi yaratmaktadır. Özellikle enerji maliyetlerinin tavan yaptığı, giderlerin arttığı ve kazanç miktarlarının azalma doğrultusunda olduğu günümüzde verimlilik işletmeler için kazanç miktarlarını artırma konusunda ciddi potansiyele sahiptir. Yapılan tez çalışmasında, fabrikanın tek vardiya sistemine göre enerji tasarruf miktarını %15'e yakın bir düzeyde bulunmasına rağmen; üç vardiyalı sisteme göre çalışan aynı tip fabrikada tasarruf miktarları ciddi oranda artış gösterecektir.

Özellikle sanayide Edessa Strafor gibi EPS üretim tesisleri, ülkemizde yapı yalıtımı sektöründe oldukça fazla olmakla beraber, aynı zamanda ambalaj sektörü, balıkçılık sektörü, kapı üretim sektörü, otomotiv sektörü, vb. birçok sektörde bulunmaktadırlar. Faaliyet gösteren bu sektördeki hemen hemen bütün firmalar yurt içi üretim yapan makinaları satın almakla beraber üretim şekilleri hemen hemen birbirinin kopyası şeklindedir.

Buhar tüketiminin yoğun ve artarak devam ettiği sektörde özellikle makinaların tasarımı konusunda biz mühendisleri tasarım ve yenilenmeye yöneltmelidir. Sektörde kullanılan üretim proseslerinin atık enerjiyi dönüştürme konusunda daha iyi tasarlanması, hem sektör maliyetleri için hem de ülkemizde bulunan diğer sektörler için örnek teşkil edecek seviyede olmalıdır.



KAYNAKLAR

- ACAR, E. , 2012. Enerji Yoğunluklu Bir Fabrikanın Enerji Verimliliği Özelinde İncelenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 160s.
- AKTACİR, A. , 2005. Dış İklim Verilerinin İklimlendirme Sistemi Cihaz Kapasitesine Etkisi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 189s.
- ANONİM, 2017. Mevzuat Bilgi Sistemi, Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara.
- ANONİM, 2008. TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği Oda Raporu, Ankara Makine Mühendisleri Odası, Ankara.
- DEMİRTAŞ, N. , 2002. Sanayide Enerji Verimliliği ve Uygulaması. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 92s.
- DURUKAFA, D. , 2010. Buhar Üretim Merkezlerinde Enerji Verimliliğinin Arttırılması ve Bir Endüstriyel Tesisin Analizi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 122s.
- DÜZGÜN, B. , 2014. Türkiye’nin Enerji Verimliliğinin Değerlendirilmesi: Beyaz Sertifikalar Sisteminin Türkiye’ye Uygulanabilirliğinin İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 103s.
- HAYDAROĞLU, C. , 2006. Türk Sanayinde Enerji Verimliliği ve Yoğunluğunun Analizi. Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 120s.
- KARATAŞ, A. , 2013. Basınçlı Hava Sistemlerinde Enerji Verimliliği, Bir Çelik Fabrikasının Hava Denetleme Çalışması. Tesisat Mühendisliği, (132):19-26.
- KAYA, M. , 2012. Sanayide Enerji Verimliliği Potansiyeli ve Basınçlı Hava Sistemlerinde Verimlilik. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 194s.
- KOÇLU, A. , 2011. Tekstil Endüstrisinde Plakalı Isı Değiştiricilerle Atık Isı Geri Kazanım Sistemi ve Performansı. Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Uşak, 101s.
- KORKMAZ, F. , 2012. Türkiye Çay Sektörünün Mevcut Durumu ve Bir Çay Fabrikasında Enerji Verimliliği Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 112s.
- OLGUN, B. , KURTULUŞ, O. , GÜLTEK, S. , HEPERKAN, H. , 2009. Enerji Verimliliği ve Türkiye’deki Mevzuat. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 6 - 9 Mayıs İZMİR, s.397-408.
- ÖZER, S. , 2004. Buhar Sistemlerinde Kondensatör, Flaş Buhar ve Kazan Blöf Sistemi İle Enerji Geri Kazanımı. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Edirne, 61s.
- ÖKKE, M. , 2015. Malatya Şeker Fabrikasında Bir Enerji Verimliliği Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 123s.

- ÖZYURT, H. , 2016. Fabrika Üretim Hattında Üretim Kapasitesini Artırmak ve Enerji Verimliliğini Sağlamak. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 76s.
- SÖĞÜT Z. ve OKTAY Z. , 2006. Sanayi Sektöründe Enerji Taramasının Enerji Verimliliğine Etkisi ve Bir Uygulama. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10: 151-162
- TURHAN, F. , 2012. Endüstriyel Bir Buhar Kazanında Enerji Verimliliği ve Çevresel Etkileri. Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Karabük, 31s.
- URL-1, 2017. Türkiye İstatistik Kurumu Sektörel Enerji Tüketim İstatistikleri, Vito A.Ş. http://www.vito.com.tr/content.asp?c_id=1001
Erişim Tarihi: 16.05.2017
- URL-2, 2011. ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi. Evd Enerji Yönetimi ve Dan. Hizm. San. Tic. Ltd. Şti. http://www.emo.org.tr/ekler/1e9a35c8a1d9357_ek.pdf
Erişim Tarihi: 16.06.2017
- URL-3, 2017. Termal Kamerayla Isı Kaybı Görüntüleme, Testo A.Ş. <https://www.testo.com/tr-TR/urunler/termografi-ozellikler>
Erişim Tarihi: 16.06.2017
- URL-4, 2016. Dr. Trap Kondensop Test Cihazı, Ayvaz A.Ş. http://www.ayvaz.com/pdf/yayinlar/Ayvaz_Kondenstop_Brosuru.pdf
Erişim Tarihi: 25.08.2016
- URL-5, 2010. . Enerji Verimliliği Örnek Projeleri, Gaziantep Üniversitesi. http://www.tskb.com.tr/i/content/486_1_mehmet-kanoglu-enerji-verimlilik-ornek-projeleri.pdf
Erişim Tarihi: 16.06.2017
- URL-6, 2010. Elektrik Motor Sistemlerinde Enerji Verimliliği. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü. http://www.eie.gov.tr/verimlilik/document/elektrik_motorlari.pdf
Erişim Tarihi: 12.09.2016
- URL-7, 2016. Buhar Vanası Yalıtım Kaybı Hesabı, ETS Endüstriyel. www.techjack.com.tr
Erişim Tarihi: 12.09.2016
- ÜNLÜ, O. , 2009. Sanayide Enerji Tasarrufu Çalışmalarının Önemi ve Buhar Sistemleri İle İlgili Uygulama Örnekleri. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi. 6 - 9 Mayıs İZMİR, s.67-80.
- SOMUNCU, T. , 2016. Enerji verimliliği enerji tasarrufunu sağlayabilir mi? Türkiye için "Rebound etki" simülasyonu. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 70s.
- YALÇINKAYA, 2016. Sanayi Etüdü Özelinde Bir Tekstil Fabrikasının Enerji Verimliliği. Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Karabük, 104s.
- YILDIZ, A. , 2013. Basınçlı Hava Kurutucusu Isı Geri Kazanım Ünitesi Isı Değiştiricisi Tasarımı ve Had Kullanarak Sayısal Analizi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 66s.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı İsmail KARABACAK
Uyruğu T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi AMASYA - 26.10.1988
Telefon : 5443421778
e-mail : i.karabacak_05@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise :	Merzifon Yabancı AMASYA	2006
	Dil Ağırlıklı Lise	
Üniversite :	Harran Üniversitesi ŞANLIURFA	2012
Yüksek Lisans :	Harran Üniversitesi ŞANLIURFA	2017

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2012-....	Edessa Strafor EPS Fabrikası ŞANLIURFA	Makine Mühendisi