KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEKSTİL SANAYİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ: ENTEGRE BİR TEKSTİL FABRİKASI ÖRNEĞİ

MEHMET ÖNDER SERT

KOCAELİ 2018

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEKSTİL SANAYİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ: ENTEGRE BİR TEKSTİL FABRİKASI ÖRNEĞİ

MEHMET ÖNDER SERT

Prof. Dr. Durmuş KAYA
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Muharrem EYİDOĞAN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Doç. Dr. Ethem TOKLU
Jüri Üyesi, Düzce Üniversitesi



Tezin Savunulduğu Tarih: 11.10.2018

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması, entegre bir tekstil fabrikasındaki enerji verimliliği fırsatlarını incelemek ve verimliliği artıracak potansiyeldeki projeleri belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmamda desteğini esirgemeyen, çalışmalarıma yön veren, bana güvenen ve yüreklendiren danışmanım Prof. Dr. Durmuş KAYA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca görüşleri ile çalışmalarıma katkıda bulunan, karşılaştığım her zorlukta desteğini ve zamanını esirgemeyen hocam Dr. Öğr. Üyesi Muharrem EYİDOĞAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Akademik çalışmalarım sırasında, birçok aşamada beni destekleyen hocam Arş. Gör. Ahmet Serhan HERGÜL'e teşekkür ediyorum.

Her zaman manevi desteklerini hissettiğim, her aşamada sıkıntılarımı ve mutluluklarımı paylaşan eşim Havva TEMİZ SERT'e ve oğlum Ömer Musab SERT'e teşekkürlerimi sunarım.

Ekim-2018 Mehmet Önder SERT

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
TABLOLAR DİZİNİ v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ vi
ÖZET viii
ABSTRACT ix
GİRİŞ 1
1. GENEL BİLGİLER 2
1.1. Tekstil Sektörü 2
1.2. Enerji Verimliliği 4
1.3. Dünya'da Enerji Verimliliği 5
1.4. Türkiye'de Enerji Verimliliği 6
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 8
3. DENEYSEL MATERYAL VE METODLAR 12
4. ENTEGRE TEKSTİL İŞLETMESİNDE ENERJİ TASARRUF POTANSİYELLERİ 14
4.1. Klima Santralleri 14
4.2. Pompalar 15
4.3. Kojenerasyon Tesisi 16
4.4. Basınçlı Hava Sistemleri 17
4.4.1. Genel tasarruf imkânları 18
4.5. Kondenstoplar ve Buhar Kaçakları 19
4.5.1. Buhar kapanları (Kondenstop) 20
4.6. İzolasyonlar 21
4.7. Ring İplik Makineleri 22
4.8. Ramöz Makineleri 23
4.9. Aydınlatma Sistemleri 24
5. ENTEGRE TEKSTİL İŞLETMESİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNE YÖNELİK ÖNERİLEN PROJELER VE TASARRUF MİKTARLARI 26
5.1. Klima Santralleri 26
5.2. Pompalar 28
5.3. Kojenerasyon Tesisi 30
5.4. Basınçlı Hava Sistemleri 33
5.4.1. Boyama, iplik ve örgü bölümü kompresörleri 33
5.4.2. Boyama, iplik ve örgü bölümü kompresör analizleri 35
5.4.3. Basınçlı hava kaçakları 38
5.4.4. İplik, örgü ve boyama bölümü kompresörleri ekonomik analizi 41
5.4.5. İplik ve örgü bölümü analiz sonuçları 43
5.4.6. Basınçlı hava kaçakları analiz sonuçları 43
5.5. Kondenstoplar ve Buhar Kaçakları 43
5.6. İzolasyonlar 46

5.7. Ring İplik Makineleri 54
5.8. Ramöz Makineleri 55
5.9. Aydınlatma Sistemleri 57
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 60
KAYNAKLAR 63
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 65
ÖZGEÇMİŞ 66

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Klima santrali şematik görünümü 14
Şekil 4.2. Santrifüj pompa ve dalgıç pompa 15
Şekil 4.3. Kojenerasyon ünitesi şematik gösterimi 17
Şekil 4.4. Basınçlı hava üreten vidalı kompresörler 18
Şekil 4.5. Bir hava kompresörünün ömrü boyunca maliyet 19
Şekil 4.6. Şamandıralı ve termodinamik kondenstop kesitleri 21
Şekil 4.7. Taş yünü ve cam yünü izolasyon malzemeleri 21
Şekil 4.8. Vana ceketi ve kazan ceketi izolasyon malzemesi 22
Şekil 4.9. Ring iplik makineleri 22
Şekil 4.10. Ram makinesi 23
Şekil 4.11. Eski teknoloji aydınlatma armatürleri 25
Şekil 4.12. Yeni teknoloji LED aydınlatma armatürleri 25
Şekil 5.1. Klima fanları 26
Şekil 5.2. Pompalar 28
Şekil 5.3. Pompa ölçüm fotoğrafları 29
Şekil 5.4. Gaz motoru 30
Şekil 5.5. Kojenerasyon sistemi şematik gösterimi 30
Şekil 5.6. Kojenerasyon sistemi enerji denkliği şematik gösterimi 31
Şekil 5.7. Gaz motoru scada ekranı 31
Şekil 5.8. Sankey diyagramı 32
Şekil 5.9. Boyama bölümü kompresörleri 33
Şekil 5.10. İplik bölümü kompresörleri 33
Şekil 5.11. Örgü bölümü kompresörleri 34
Şekil 5.12. Ultrasonik sızıntı dedektörü 34
Şekil 5.13. 1 Nolu Kompresör etkin güç grafiği 36
Şekil 5.14. 3 Nolu Kompresör etkin güç grafiği 36
Şekil 5.15. 1 Nolu Kompresör Yük Grafiği 37
Şekil 5.16. 2 Nolu Kompresör Yük Grafiği 37
Şekil 5.17. 1 nolu Kompresör Basınç Ayarından önceki Yük Grafiği 38
Şekil 5.18. 2 nolu kompresör basınç ayarı öncesi 38
Şekil 5.19. Basınçlı hava kaçaklarının sebep olduğu kaybın maliyeti 39
Şekil 5.20. 1 nolu kompresör basınç ayarı sonrası aktif güç eğrisi 42
Şekil 5.21. 2 nolu kompresör basınç ayarı sonrası aktif güç eğrisi 42
Şekil 5.22. Doğru montaj şeması 44
Şekil 5.23. 1, 4, 15 ve 28 nolu kondenstop termal kamera ölçümleri 44
Şekil 5.24. Buhar kaçaklarına ait fotoğraflar 45
Şekil 5.25. Ring iplik makineleri 54
Şekil 5.26. Mevcut masura ve yeni masura 54
Şekil 5.27. Ramöz makinaları 55

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1.1. Tekstil terbiyesinde maliyet dağılımları 4
Tablo 5.1. Örgü bölümü klima santralleri elektriksel ölçümü 27
Tablo 5.2. Klima santralleri fanlarından elde edilecek enerji tasarruf miktarı 27
Tablo 5.3. Pompalardan alınan ölçümler 28
Tablo 5.4. Mevcut pompa sistem verimleri 29
Tablo 5.5. Kazan sonrası baca gazı ölçüm değerleri 31
Tablo 5.6. Buhar kazanı ve ekonomizerden alınan ölçümler 32
Tablo 5.7. Eşanjörden alınan ölçümler 32
Tablo 5.8. Kojenerasyon sistemi verimi 32
Tablo 5.9. Basınçlı hava sızıntı ölçümleri 35
Tablo 5.10. Boyama bölümü kompresör ölçümleri 35
Tablo 5.11. İplik bölümü kompresörleri ölçüm değerleri 36
Tablo 5.12. Örgü bölümü kompresör ölçümleri 38
Tablo 5.13. Basınçlı hava kaçaklarının enerji kaybı ve maliyeti 40
Tablo 5.14. İplik bölümü kompresörlerinden elde edilecek tasarruf miktarı 41
Tablo 5.15. Örgü bölümü kompresörlerinden elde edilecek tasarruf miktarı 41
Tablo 5.16. Buhar hatlarındaki kaçaklar 45
Tablo 5.17. Buhar hatlarındaki kaçaklar 46
Tablo 5.18. İzolasyon ölçümleri – Boyama kazanları hariç vanalar 46
Tablo 5.19. İzolasyon ölçümleri – Boyama kazanları yüzeyleri 47
Tablo 5.20. İzolasyon ölçümleri – boyama kazanları vanalar 47
Tablo 5.21. İzolasyon ölçümleri – buhar kazanı ön yüzey 47
Tablo 5.22. İzolasyon ölçümleri – izolasyonsuz hat 47
Tablo 5.23. İzolasyon ölçümleri – Boyama kazanları hariç vanalar 49
Tablo 5.24. İzolasyon ölçümleri – boyama kazan yüzeyleri 50
Tablo 5.25. İzolasyon ile ilgili tasarruf hesaplamaları-boyama kazanları vanalar 52
Tablo 5.26. Buhar kazanı ön yüzey 52
Tablo 5.27. İzolasyonsuz hat 53
Tablo 5.28. Tasarruf hesapları 53
Tablo 5.29. 9 Nolu Ring iplik makinesi için alınan ölçümler 54
Tablo 5.30. Ring iplik makinesi masura değişimi ile gerçekleşecek tasarruf miktarı 55
Tablo 5.31. Kızgın yağ kazanından alınan ölçümler 55
Tablo 5.32. Ramöz makinalarından alınan ölçümler 56
Tablo 5.33. Kızgın yağ kazanı ile ilgili hesaplamalar 57
Tablo 5.34. Ramöz makinaları doğalgaz ve elektrik tüketim değerleri 57
Tablo 5.35. Tasarruf miktarı 57
Tablo 5.36. Mevcut aydınlatma bilgileri 57
Tablo 5.37. Henüz LED olmayan aydınlatma armatürleri yerine önerilen lamba/armatürler 58
Tablo 5.38. Aydınlatma değişimi tasarruf analizi 58

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

$A_{eş}$: Eşdeğer Vana Yüzey Alanı
B : Eşdeğer Faktör
cm : Santimetre
CO : Karbonmonoksit
CO_2 : Karbondioksit
D : Vana Çapı
dB : Desibel
E : Emissivite Değeri
E_a : Kompresör Adiyabatik Verimi
Em : Kompresör Motor Verimi
GJ : Gigajoule
h : Saat
$h_{cısı}$: Taşınım Katsayısı
h_r : Radyasyonla Olan Isı Transfer Katsayısı
Hz : Hertz
k : Havanın Spesifik Isı Oranı
kcal : Kilokalori
kg : Kilogram
kJ : Kilojoule
kW : Kilowatt
kWh : Kilowatt Saat
$L_{eş}$: Eşdeğer Uzunluk
m : Metre
m^3 : Metreküp
MW : Megawatt
MWh : Megawatt Saat
N : Kademe Sayısı
NO_2 : Azotdioksit
O_2 : Oksijen
Po : Kompresör Çalışma Basıncı
Ppm : Parts per Million(Milyonda Bir)
Sm^3 : Standart Metreküp
T_{baca} : Baca Gazı Sıcaklığı
T_i : Boru İçindeki Akışkan Sıcaklığı
TL : Türk Lirası
T_{ort} : Ortalama Yüzey Sıcaklığı
T_s : Yalıtım Sonrası Hedeflenen Yüzey Sıcaklığı
V_f : Kaçan Hava Debisi
€ : Euro
$: Dolar
^oC : Santigrat Derece
Φ : Stefan-Boltzmann Sabiti

Kısaltmalar

AB : Avrupa Birliği
ABD : Amerika Birleşik Devletleri
ARGE : Araştırma Geliştirme
BYKP : Beş Yıllık Kalkınma Planı
EİE : Elektrik İşleri Etüt İdaresi
LED : Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
LPG : Liquid Petrol Gas (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı)
TEP : Ton Eşdeğer Petrol
UETM: Ulusal Enerji Tasarruf Merkezi
VSD : Variable Speed Drive (Değişken Hız Sürücüsü)

TEKSTİL SANAYİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ: ENTEGRE BİR TEKSTİL FABRİKASI ÖRNEĞİ

ÖZET

Bu çalışmada, entegre bir tekstil fabrikasındaki enerji verimliliği fırsatlarının belirlenmesi ve verimliliğin artırılması üzerine çalışılmıştır. Çalışma kapsamında; klima santralleri, fanlar, pompalar, kojenerasyon tesisi, basınçlı hava sistemleri ve kaçakları, kızgın yağ ve buhar kazanı, buhar kaçakları, sıcak hatlar ve yüzeyler, ring iplik makineleri ve ram makineleri, aydınlatma sistemleri mevcut çalışma şartlarında analiz edilmiştir ve iyileştirme potansiyellerine yönelik proje önerileri sunulmuştur.
Klima santrallerindeki bazı fanlar sürücüsüz olarak kontrol edilmektedir. Bu fanların sıcaklık ve nem değerine göre devrini ayarlaması istendiğinden dolayı, sürücüsüz fanlara eklenmesi önerilen sürücüler yardımıyla 427.728,00 kWh/yıl tasarruf sağlanacağı öngörülmüştür. Basınçlı hava sistemleri kapsamında; hava kompresörlerinin çalışma prensibi, basınç set değerleri ve hava kaçakları incelenmiştir. Boş-yük şeklinde çalışan kompresörlere eklenmesi önerilen bir sürücü sayesinde 106.034,40 kWh/yıl tasarruf sağlanacağı öngörülmüştür. Basınç set değeri yüksek olan kompresörlerin, set değerinin değiştirilmesi ile 155.832,00 kWh/yıl tasarruf sağlanacağı öngörülmüştür. Fabrika genelinde 87 noktada tespit edilen hava kaçaklarının giderilmesi ile 540.891,84 kWh/yıl tasarruf sağlanacağı öngörülmüştür. Ring iplik makinelerinde kullanılan eski masuraların, daha hafif yeni masuralarla değiştirilmesi ile 291.480,00 kWh/yıl tasarruf sağlanacağı öngörülmüştür. İşletmedeki florasan ve civa buharlı armatürlerin LED armatürlerle değiştirilmesi ile 322.589,09 kWh/yıl tasarruf sağlanacağı öngörülmüştür.
İzolasyon kontrolü kapsamında; boya kazanlarının yüzeyi ve vanalar, işletmedeki buhar ve kızgın yağ hatlarındaki eksiklikler tespit edilmiştir ve eksikliklerin giderilmesi ile 8.910.276,26 kWh/yıl tasarruf sağlanacağı öngörülmüştür. Kızgın yağ ile kurutma sağlanan ram makinelerinin doğalgazlı sisteme dönüştürülmesi ile 28.205.943,47 kWh/yıl tasarruf sağlanacağı öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Enerji Tasarrufu, Enerji Verimliliği, Entegre Tekstil Fabrikası.

ENERGY EFFICIENCY IN TEXTILE INDUSTRY: AN INTEGRATED TEXTILE FACTORY EXAMPLE

ABSTRACT

In this study, it was applied to determine the energy efficiency measures in an integrated textile factory and to increase the productivity. Scope of work; analysis of the existing operating conditions of the air conditioning plants, fans, pumps, co-generation facilities, compressed air systems and leaks, hot oil and steam boilers, steam leaks, hot faults and interfaces, ring spinning machines and ram machines, and project proposals for improvement potentials It is presented.

Some fans in the air handling units are controlled without a driver. Because these fans are required to adjust the cycle according to the temperature and humidity value, it is anticipated that 427.728,00 kWh/year will be saved with the help of the drivers suggested to be added to the driverless fans. Within the scope of compressed air systems; operating principle of air compressors, pressure set values and air leaks were investigated. It is anticipated that a driver recommended to be added to empty-load compressors will save 106.034,40 kWh/year. Compressors with high pressure setpoints are expected to save 155.832,00 kWh/year by changing the setpoint. It is predicted that the elimination of air leaks at 87 points throughout the plant will save 540.891,84 kWh/year. It is predicted that the replacement of old rollers used in ring spinning machines with lighter new rollers will save 291.480,00 kWh/year. By replacing fluorescent and mercury vapor luminaires operated by LED luminaires, it is predicted to save 322.589,09 kWh/year.

Within the scope of isolation control; the surface of the paint boilers and valves, deficiencies in the operating steam and hot oil lines have been identified and it has been predicted that saving deficiencies will save 8.910.276,26 kWh/year. It is envisaged that the conversion of the ram machines, which are provided with hot oil drying, to the natural gas system will save 28.205.943,47 kWh/year.

Keywords: Energy, Energy Saving, Energy Efficiency, Integrated Textile Plant.

GİRİŞ

Sosyal ve ekonomik kalkınmanın önemli bir parçası olan enerji, toplumların yaşam standardının yükseltilmesinde ve kalkınmanın sürdürülebilir olmasında önemli rol oynar. Dünya ülkelerinde ve ülkemizde, nüfus artışının ve kalkınmanın en önemli girdisi olan enerjiye duyulan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Ancak, enerji kaynaklarının en önemlisini oluşturan petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlar hızla tükenmektedir. Ülkemizdeki enerji kaynaklarının rezervleri pek yeterli değildir. En fazla ihtiyacımız olan kaynaklardan doğalgaz ve petrol rezervleri oldukça kısıtlı, kömür rezervleri miktar olarak fazla olmasına rağmen coğrafi olarak dağınık, düşük kaliteli ve çevre sorunludur. Hidrolik kaynaklarımız ise uzun vadede yetersiz kalmaktadır. Bu nedenlerden dolayı Türkiye, enerjide dışa bağımlı bir ülke durumundadır. Dışa bağımlılığı azaltmak için enerji tasarrufu zorunlu hale gelmiştir. Çünkü tasarruf edilen enerji en ucuz ve en temiz enerjidir.

Enerji kaynaklarının hızla tükenmekte oluşu ve bu kaynakların yol açtığı çevresel sorunlar; enerji verimliliği kavramını gündeme getirmiştir. Enerji verimliliği, yeni teknolojiler kullanarak veya iyileştirme yöntemleri uygulayarak, kaliteyi değiştirmeden üretimi daha az enerji kullanarak gerçekleştirmek demektir. Artan enerji talebini karşılamak ve önümüzdeki yıllarda Türkiye'de oluşabilecek bir enerji açığının önüne geçmek için enerji tasarrufu yapmak zorunlu hale gelmiştir. Enerjinin etkin kullanımı ve enerji tasarruf yöntemleri insanlara anlatılarak farkındalık seviyesi artırılabilir ve böylece ülke ekonomisine sağlanacak katkı çok büyük boyutlara ulaşabilir.

1. GENEL BİLGİLER

Günümüzde, dünyadaki enerji ihtiyacının büyük bölümünü karşılayan fosil yakıt tüketimi hızla artarken, rezervler aynı ölçüde azalmaktadır. Enerjiye olan talep artmadan sabit kalsa bile, yakıt rezervlerinin sınırlı olması nedeniyle, yakın gelecekte tükeneceği tahmin edilmektedir. Enerjiye olan ihtiyacın sürekli artması ile birlikte rezervlerin giderek azalması, enerji kaynaklarının etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasının önemini artırmaktadır.

Türkiye, nüfusu hızla artan ve kalkınmakta olan bir ülke olmasından dolayı enerji tüketimi her geçen gün artmaktadır. Günümüz ekonomi şartlarında işletmelerin rekabet güçlerini koruyabilmeleri, düşük maliyette üretim yapmalarına bağlıdır ve maliyetleri düşürmenin en önemli şartı enerji tasarrufu yaparak üretim yapmaktır. Enerji tasarrufu enerjiyi kullanmamak anlamı taşımaz. Enerji tasarrufu, enerjinin gereksiz kullanım noktalarını belirlemek ve bu israfı ortadan kaldırmak için alınan önlemleri içerir. Böylece, aynı miktardaki mal ve hizmet daha az enerji harcanarak veya aynı miktar enerji harcanırken daha çok mal ve hizmet üretebilir.

1.1. Tekstil Sektörü

Türkiye'de lokomotif sektörlerin başında gelen tekstil, oluşturduğu istihdam ve katma değer açısından oldukça önemli bir sektördür. Tekstil sektörü yüksek enerji tüketimi gerektiren sektörler arasında yer almaktadır. Ülkemizde özellikle 1990-2000 yılları arasında çok hızlı büyüme gösteren tekstil sektörü, bu yıllar arasında yüksek enerji tüketim değerlerine ulaşılmıştır [1].

Tekstil ve hazır giyim sektörleri birbirlerine benzemesine rağmen kendi içlerinde farklılık gösteren sektörlerdir. Tekstil; elyaf ya da pamuk hammaddesinin iplik, dokuma, örme, boya ve baskı süreçlerinden geçip mamul kumaş elde edilmesini kapsamaktadır. Hazır giyim ise mamul kumaşın işlenerek giyim eşyası elde edilmesi sürecini kapsamaktadır. Tekstil ve hazır giyim sektörleri, sanayileşme sürecinde

önemli rol oynayan ve gelişmekte olan Türkiye'nin kalkınmasında ciddi katkıları olan emek ve enerji yoğun bir sektördür [2].

Sektörün güçlü tarafları;

- Sektörün, imalat sanayi üretiminde ve ihracatta itici güçlerden biri olması,
- Türkiye'nin, Çin'den sonra Avrupa Birliği'nin (AB) ikinci büyük tedarikçisi olması,
- Coğrafi konum nedeniyle ihraç pazarlarına yakın olması,
- Türkiye'nin iplikte kullanılan teknoloji açısından ilk sıralarda olması,
- Kaliteli hammadde ve girdi kullanılması,
- Dinamik ve genç nüfusa sahip olmamızdır [2].

Sektörün zayıf tarafları;

- Küresel rekabetin hızla artması,
- Enerji fiyatları ve işçilik maliyetinin Çin gibi rakiplere oranlara yüksek olması,
- AR-GE, enerji verimliliği, yenilenebilir enerjinin kullanımı ve markalaşmada eksiklik,
- Kayıt dışılığın önüne geçilememesi,
- Enerji fiyatlarının dövize direkt bağlı olması ve döviz kurlarının dalgalı olması,
- Yeni teknolojiye ve personel eğitimine yeteri önemin verilmemesidir [2].

Türkiye'de tekstil ve hazır giyim sektörüne 1980'li yılların başlarında yatırımlar yapılmaya başlanmış ve 1990'lı yılların başında büyük bir artış yaşanmıştır. 1980-1990 yılları arasında ihracat yılda ortalama %33 artarak 2,9 Milyar $'dan 12,9 Milyar $'a ulaşmıştır. 2000 yılında ihracat 31 Milyar $ olarak gerçekleşmiştir. İlerleyen yıllarda tekstil sektörü sürekli gelişerek Türkiye ihracatında % 38'lik paya sahip olmuştur.

Tekstil sektöründeki genel girdiler Tablo 1.1'de gösterilmektedir. Genel girdiler arasında enerjinin oranı yaklaşık %14 civarındadır. Üretim maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda enerjinin payı çok önemli bir yer kapsamaktadır [3].

Tekstil sektörü başlangıçta ucuz işgücünden faydalanırken, son yıllarda daha ucuz işgücü olan Çin, Hindistan, Pakistan gibi ülkelerin rekabeti etkilediği açıkça

görülmektedir. İşgücünün ve enerjinin daha ucuz olduğu ülkelerle rekabet edebilmek için enerjinin daha verimli ve tasarruflu kullanması gerekmektedir [3].

Tablo 1.1. Tekstil terbiyesinde maliyet dağılımları

Girdi	**Maliyet (%)**
İşçilik	30
Boya ve Kimyasal Maddeler	22
Enerji (Isı ve Elektrik)	14
Su + Atık Su	4
Diğer	30

1.2. Enerji Verimliliği

Enerji verimliliği; en az kaynak kullanımıyla en çok enerji üretiminin gerçekleşmesi veya aynı miktar enerji kaynağı kullanılarak daha çok üretimin sağlanmasına yönelik çalışmaların tümünü kapsar [4]. US Department of Energy'nin tanımına göre enerji verimliliği; aynı üretimin daha az enerji harcanarak gerçekleştirilmesi, böylece enerji girdisinin üretim içindeki payının azaltılmasıdır [4]. EİE'nin tanımına göre ise enerji verimliliği; üretim miktarını ve kaliteyi düşürmeden, iktisadi kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden tüketilen enerji miktarının en aza indirilmesi şeklinde ifade edilmiştir [4].

Enerji verimliliği tanımını detaylandırırsak; gaz, buhar, ısı, hava ve elektrikteki enerji kayıplarının önlenmesi, çeşitli atıkların geri kazanılması ve değerlendirilmesi, kojenerasyon gibi ileri teknoloji sistemler kullanılarak üretimi düşürmeden enerji talebinin azaltılması, daha verimli enerji kaynaklarının kullanılması ve enerji geri kazanım sistemleri gibi etkinliği artırıcı önlemlerin bütünüdür diyebiliriz [4].

Enerji verimliliği uluslararası rekabet gücü açısından oldukça önemlidir. Sanayide enerji verimliliğini artırmak için, enerji tüketimlerinin takibi, izleme sistemleri, yalıtım, yeni teknolojiler kullanma, iklim şartları ve çevresel etkilere göre uygulama ve değerlendirme gibi çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalara talep yönetimi denilmektedir. Talep yönetimi üç yöntemle yapılırken, çalışmalarının birkaçı birlikte uygulanabilmektedir. Bu yöntemlerin birincisi teknik önlemler olup, yüksek verim sağlayan aydınlatma ve verimli motorlar, soğutma ve ısıtma sistemleri, yalıtım gibi

alanları içerir. İkinci yöntem bilgilendirme olup, hazırlanan teknik bilgi ve belgelerle sanayide faaliyet gösteren firma ve kişilerin bilgi eksikliği giderilmektedir. Bilgilendirme; enerji verimlilik danışmanlığı firmaları tarafından enerji tüketimlerinin düşürülmesi ile ilgili çalışmaları yönlendirmek, danışmanlık yapmak, eğitim ve seminerler düzenleyerek farkındalık seviyelerinin artırılmasını amaçlamaktadır. Üçüncü yöntem ise, farklı tarifeler kullanarak, tüketim yapısını değiştirmek ve üretimi uygun tarifeli zamanda gerçekleştirerek fiyatlandırmalar yapmaktır [4].

1.3. Dünya'da Enerji Verimliliği

1980'li yıllarda yaşanan petrol krizi ve bu krizden kaynaklanan fiyat artışlarına bağlı olarak, enerji verimliliği ile ilgili ilk çalışmalar, sanayileşmiş Batı ülkeleri ve Japonya'da uygulanmaya başlamıştır. Enerji verimliliği çalışmaları, başladığı dönemden beri ülkelerin kalkınma stratejilerini etkileyen en önemli politika konumuna gelmiştir [4]. AB son yıllarda enerji ile ilgili birçok konu ve sorunla karşılaşmıştır. Enerjide dışa bağımlılığın artması, nükleer enerjide güvenlik, elektrik ve gaz piyasalarının serbestleştirilmesi, çevre ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi bu konuların başında gelmektedir. AB Komisyonu bu sorunları çözmek için yeni enerji politikaları oluşturmaktadır [4].

Enerji verimliliği çalışmalarının olumlu sonuçlar verdiği ülkelerden biri de ABD'dir. Yüksek teknolojilerin kullanılması ile birlikte ülkede yaklaşık 30 yıl içinde enerji verimliliği önemli oranda artmıştır. 1973 ile 2000 yılları arasında ABD ekonomisi % 126 oranında büyüme sağlarken, aynı yıllar arasında enerji kullanımındaki artış % 30 düzeyinde gerçekleşmiştir. Bu dönemlerdeki enerji kullanımı ekonomideki büyümeye paralel olsaydı, ABD'de 2001 yılında tüketilen enerji miktarı yaklaşık % 70 daha fazla olacaktı [4].

Enerji konusundan dışa bağımlı olan ülkelerden biri olan Japonya, enerji talebinin yaklaşık % 83'nü ithal etmektedir. Bu nedenle Japonya'da hükümetlerin öncelikli konusunu enerji verimliliği oluşturmaktadır. Dolayısıyla enerji tasarrufuyla ilgili birçok önlem alınmakta ve programlar uygulanmaktadır. Mevsim geçişlerindeki gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farklarının fazla olması ve yaşam standartlarının yüksek olması nedeniyle Japonya'da enerji tüketimleri de yüksektir.

Japonya'da hava sıcaklığının 30^{o}C'nin üzerindeki her bir derecelik artışı, elektrik talebini yaklaşık 4400 MW artırmaktadır. Soğukluğu buz içerisinde depolayan hava soğutma sistemleri sayesinde, geceleri buz üretilip gündüzleri buzun soğukluğundan yararlanılmıştır. Böylece elektriğin daha tasarruflu ve akılcı tüketimi sağlanmıştır [4].

1.4. Türkiye'de Enerji Verimliliği

Ülkemizde enerji verimliliği ile ilgili ifadelere ilk olarak 7. ve 8. Beş Yıllık Kalkınma Planları (BYKP)'nda yer verilmiştir. 7. BYKP'nde, "Türkiye'deki enerji kaynaklarının miktarının ve kalitesinin düşük olması, yüksek maliyetle elde ediliyor olması ve çevre sorunu yaratması gibi nedenlerden dolayı tasarruf programlarının hayata geçirilmesi sağlanacaktır. Ayrıca ithal enerji kaynakları için gerekli döviz ihtiyacının ciddi ekonomik boyutları olmasından dolayı, sanayide ve toplumsal yaşamın her kesiminde enerji yoğunluk değerlerinin aşağıya çekilmesi, verimliliğin artırılması sağlanacaktır." denilmektedir [4].

8. BYKP'nda ise benzer olarak; sosyal ve ekonomik kalkınmanın temel girdisi olan enerjinin; nüfus artışına, sanayileşmeye, şehirleşmeye, teknolojinin yaygınlaşmasına ve refah artışına paralel olarak tüketiminin arttığından bahsedilmektedir. Buna bağlı olarak da enerji tüketiminin en düşük seviyede tutulması, enerjinin en tasarruflu ve verimli bir biçimde kullanılması gerektiği vurgulanmaktadır. Ayrıca planın detaylarında, kişi başına düşen enerji tüketim miktarının bir gelişmişlik göstergesi olmadığından bahseder. Amacın kişi başına enerji tüketimini azaltırken, bir birim enerji tüketimi ile en fazla üretimi ve refahı yaratmak olduğu söylenmektedir [4]. İki kalkınma planı sayesinde önemi ve gerekliliği yüksek olan enerji tasarrufunun ve enerji verimliliğinin artırılması konusunda çeşitli çalışmalar yapılmaya başlanmıştır

Türkiye'de 01.06.2006 tarihinde enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması amacıyla "Enerji Verimliliği Kanunu Tasarısı" taslağı oluşturulmuştur. Taslağın oluşturulma amacı; enerjinin etkin kullanılması, israfın önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunmasıdır. Taslağın hazırlanması ile Türkiye'de enerji verimliliğine gösterilen önemin arttığı belirginleşmiştir [4].

Türkiye'de tüketilen enerjinin yaklaşık % 43'ü sanayide gerçekleştiği için ilk enerji tasarrufu çalışmaları da endüstriyel sektörlere yönelik olmuştur [4].

Türkiye'de ilk planlı enerji tasarrufu çalışmaları, 1981 yılında Elektrik İşleri Etüd (EİE) İdaresi Genel Müdürlüğünce başlatılmış olup, çalışmaların yurt genelinde daha etkili ve kapsamlı yürütülmesi amacıyla 1992 yılı sonunda EİE bünyesinde Ulusal Enerji Tasarrufu Merkezi (UETM) oluşturulmuştur [4]. 1995 yılında endüstriyel sektörlerde enerji verimliliğini artırmak üzere "Sanayi Kuruluşlarının Enerji Tüketiminde Verimliliğinin Artırılması Hakkında Yönetmelik" hazırlanmış ve 11 Kasım 1995 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir[4]. UETM tarafından 1996 yılında enerji tasarruf potansiyelini belirlemek ve verimliliği artırmak için yapılan bir çalışmada; sanayide o yıl kullanılan enerjinin yaklaşık % 24'üne karşılık gelen 4,2 milyon TEP'lik potansiyel belirlenmiştir [4].

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Koç ve Kaplan (2007), 40 makinesi bulunan Mersin'deki bir tekstil terbiye işletmesi ile 50 makinesi bulunan Denizli'deki bir tekstil terbiye işletmesini, kumaş maliyetine etki eden önemli faktörlerden enerji tüketimini karşılaştırmıştır. Mersin'deki işletmenin yıllık ürettiği kumaş miktarı ile tükettiği enerji miktarının Denizli'deki işletmeye göre fazla olduğu görülmüştür. Mersin'de yıllık 25.547.536 m kumaş üretilirken 33.066,7 GJ enerji tüketilmiş, Denizli'de ise yıllık 21.321.305 m kumaş üretilirken 21.844 GJ enerji tüketilmiştir. Mersin'deki işletme ortalama 1.311,9 kJ/m kumaş imal ederken, Denizli'deki işletme ortalama 1.042,9 kJ/m kumaş imal etmektedir. Özgül enerji tüketiminde işletme türünün ve enerji tüketim zamanının etkisini araştırmak için aylık üretim ve tüketim değerleri kullanılarak varyans analizi yapılmıştır ve işletme türünün etkisi varken, enerjinin tüketildiği ayların bir etkisinin olmadığı gözlemlenmiştir [5].

Yamankaradeniz, Coşkun ve Can (2007), tekstil endüstrisinde ortaya çıkan atık ısı kaynaklarından faydalanarak ısı geri kazanımını gerçekleştirmek için ısı pompalarının uygulanabilirliğini araştırmıştır. Bursa'da faaliyet gösteren bir tekstil işletmesinde yapılan araştırmada, mevcut durumda kullanılan plakalı eşanjörün ısı pompası ile ekonomik boyutta karşılaştırılması yapılmıştır. Mevcut durumda 65^{o}C'de 35 ton/h debiye sahip atık su bulunmaktadır. Plakalı eşanjör kullanılarak 65^{o}C'lik atık sıcak su 20^{o}C'lik temiz soğuk su ile karıştırılarak atık suyun sıcaklığı 25^{o}C'ye düşürülürken soğuk su 60^{o}C'ye ısıtılmaktadır. 35 ton/h debideki atık sudan çekilen enerjinin karşılığı olarak 169,69 m^3/h doğalgazdan tasarruf edilmektedir. Günde 20 saat ve yılda 300 gün çalışan bu işletmenin atık ısıdan elde ettiği tasarruf miktarı yaklaşık 261.000 € olacaktır. Plakalı eşanjör sisteminin tüm maliyetleri 100.000 € olduğundan dolayı yatırımın geri ödeme süresi yaklaşık 5 ay olmaktadır. Aynı debideki ve sıcaklıktaki atık suyu ısı pompası sistemi ile geri kazanmak istersek; 2013 kW kapasiteli bir ısı pompası kullanılması gerekmektedir. Bu kapasitedeki bir ısı pompası ile atık sudan çekilen enerjinin karşılığı 210,14 m^3/h doğalgaz olmaktadır. Isı pompası ile doğalgazdan tasarruf edilirken elektrik tüketimi artacaktır fakat buna rağmen saatte 22

€'luk bir kazanç söz konusu olacaktır. Günde 20 saat ve yılda 300 gün çalışan bu işletmenin atık ısıdan elde ettiği tasarruf miktarı yaklaşık 132.000 € olacaktır. Yatırım maliyeti 120.000 € olan ısı pompası sisteminin geri ödeme süresi yaklaşık 11 ay olacaktır. Yapılan ekonomik analizin sonucunda, plakalı eşanjörün ısı pompasına göre ilk yatırım maliyeti açısından 20.000 €, yıllık enerji tasarrufu açısından yaklaşık 130.000 €, geri ödeme süresi açısından 6 ay daha avantajlı olduğu görülmüştür [6].

Bereket(2017), boyahanesi bulunan bir tekstil işletmesinde atık ısı geri kazanımı potansiyelini incelemiştir. 12 adet kumaş boyama makinesinin deşarj ettiği günlük ortalama 250 ton 50-80^{o}C 'deki sıcak su bir depoda toplanmaktadır. Toplanan atık su ince filtreden geçirilerek eşanjörün primer devresine aktarılır. Şebekeden gelen ortalama 18^{o}C'deki yumuşak su da eşanjörün sekonder devresine aktarılır. Sekonder devreden ısınarak çıkan su depolanarak hidroforlar ile jet girişlerine aktarılır. Eşanjör devresinde gerçekleşen ısı transferi ile yumuşak su sıcaklığı yaklaşık 50-55^{o}C'ye çıkarılır. Yapılan bu çalışma ile aylık ortalama 210.000 kWh enerji tasarrufu sağlanmıştır. Sistemin yatırım maliyeti 7 ayda geri dönmektedir [7].

İnciroğlu(2017), kumaş kurutma prosesinde elektrostatik filtrasyon yöntemiyle atık ısı geri kazanımını incelemiştir. Ramöz makinelerinde fikse işlemi yapılırken kumaş üzerinde oluşan 160-220^{o}C'lik sıcak yağ dumanı baca yardımıyla dışarı atılır. Yağ dumanının içinde toz, karbonmonoksit(CO) ve azotdioksit(NO2) gibi çevreye ve sağlığa zararlı maddeler bulunmaktadır. Bu maddelerin filtrelenmesi hem sağlık açısından hem de atık ısı geri kazanımı sağlandığı için enerji tasarrufu açısından oldukça önemlidir. Filtre edilen sıcak gaz yaklaşık 60^{o}C'ye kadar düşürülmektedir. Bu çalışmada günde ortalama 10 saat fikse yapılan bir işletmede 17.000 m^{3}/saat atık gazın ısısını 180^{o}C'den 60^{o}C'ye düşürecek bir hava-su eşanjörü tasarlanması düşünülmüştür. Böylece günlük yaklaşık 7.000.000 kcal ısı geri kazanılacağı hesaplanmıştır. Kurulu olan elektrostatik filtreler incelendiğinde saatte ortalama 60-80^{o}C'de 6 ton su üretildiği görülmüştür. Bu değerlere göre yapılacak olan yatırımın geri ödeme süresinin yaklaşık 2,5-3 yıl olacağı hesaplanmıştır [8].

Şekkeli, İmal, Kılıç ve Dinçer(2009), bir tekstil boyahanesinde scada yazılımlı ısı geri kazanım otomasyonu ve uygulaması üzerine inceleme yapmıştır. Ram makinesi kamaralarından 100-150^{o}C sıcaklıkla çıkan kirli baca gazı dışarı atılmayıp bir eşanjör

ile ısı geri kazanımı yapılmaktadır. Eşanjör ısı dönüştürücü olarak görev yapmaktadır. Sistemden gelen temizlenmiş ve sıcak hava serpantinlerde dolaştırılır. Dışarıdan alınan temiz hava serpantinle temas ettirilerek sıcak havadaki ısı taze havaya aktarılır. Isısı alınan proses havası bir pompa vasıtasıyla atık hava olarak bacadan dışarı verilir. Temiz hava eşanjör çıkısında ısısı artırılmış olarak ramöz makinesine tekrar verilir. Isısı alınan atık gaz ile dışarıdan alınan temiz hava noktaları arasında elde edilen fark ısı kazancı ve pitot tüpü ile ölçülen basınç farkı sayesinde hava debisi hesaplanmakta ve bu otomasyon sisteminden elde edilen kazanç enerji kcal olarak scada ekranında anlık olarak gösterilmektedir. 3 adet ramözde harcanan enerji miktarı 3.838.575 kcal/h'tir. İşletmede kullanılan kızgın yağlı kazan verimi yaklaşık olarak %70 civarında olduğu tespit edilmiştir. Kazanda kullanılan kömürün ısıl enerjisi 6.200 kcal/kg olarak alınıp yakılan kömür miktarı 884,46 kg/h'tir ve işletmenin aylık kömür harcaması 89.153 TL/ay olarak bulunur. Mevcut sisteme revizyon yapılarak, faaliyete geçirilen ısı geri kazanımlı otomasyon sisteminde 58.215 TL/ay tasarruf yapılmış olur. Isı geri kazanım sistem ile yapılan otomasyon sistemi nedeniyle elde edilen toplam yakıt tasarrufu %36 olarak hesaplanmış olur. Bu durumda yakıttan elde edilen tasarruf sayesinde otomasyon sistemine harcanan bedel yaklaşık 12 ay gibi bir zamanda geri alınmış olacaktır [9].

Öztürk, Coşkun ve Oktay(2012), hava vantilatörlerinin iyileştirilmesi üzerinde bir çalışma yaparak, entegre bir tekstil tesisinde 30 adet klima santraline uygulanmıştır. Tekstil fabrikasına ait bir dokuma salonunda oluşan artı basınç (yani fazla hava) sonucu bu çalışmanın yapılması gereği ortaya çıkmıştır. Fabrikada yapılan ön araştırma sonucunda artı basınç oluşmasının nedenleri olarak; klima kanallarındaki özel slot yarıklarının yetersiz olması, klima vantilatör fan devirlerinin, aspiratör fan devrinden biraz daha fazla olması, salonda çalışan tezgâhların bazı kısımlarında hava kullanılması ve tezgâh altlarındaki emiş yarıklarının az bir bölümünün tıkalı olması tespit edilmiştir. Bu sorunların çözümü araştırılmış ve iki çözüm yolu bulunmuştur. Bunlar; klimanın emiş debisini yükseltmek ve ya klimanın vantilatör fan devrinin düşürülmesidir. Klimanın emiş debisini yükseltmek için, kanalların emiş yarıklarının sayılarını artırmak veya özel slot yarıklarının 3 cm'den yukarıya çıkartılmasının gerekmekte olduğu saptanmıştır. Bu çözüm yönteminin uygulanması durumunda hem uzun zaman alacağı ve hem de maliyetinin yüksek olacağı görülmüştür.

Klimanın vantilatör fan devrinin düşürülmesi durumunda ise hem zaman kaybının olmayacağı hem de maliyetin çok düşük seviyelerde olabileceği görülmüştür. Ayrıca bu işlem ile enerji tasarrufu da sağlanabileceği öngörülmüştür. Yapılan ön araştırma ve çözüm yolları arayışlarının sonunda vantilatör fan devrinin düşürülmesi yönteminin daha uygun olacağı anlaşıldığından fan devirleri düşürülmeye çalışılmıştır. Elektrik motorların direk fanların üzerine monte edilmesi işletmede birtakım sorunlara yol açmaktadır. Elektrik Motoru uçuntular sebebi ile hasar görmekte ve belli bir süre sonunda da bozulmaktadır. Motorların bozulması sebebiyle işletmenin durmasına, çalışma ortamında istenen koşullarının ortadan kalkmasına sebep olmaktadır. Bu durumun önlenmesi amacı ile fabrikadaki vantilatör motorları direk olarak monte edilmekten vazgeçilerek, kayış kasnak mekanizması vasıtası ile birbirine bağlanmıştır. Böylece motorların sık aralıklarla bozulmasının önüne geçilmiştir. Yapılan bu pratik uygulama ile işletme maliyetlerinde oldukça azalma gözlemlenmiştir. İyileştirme sonrası hava hızları anemometre yardımı ile ölçülerek debi dağılımı ayarlı menfezlerle dengelenmiştir. Direk akuple çalışan fan ve aspiratörler, kayış kasnaklı sisteme çevrilerek devirleri düşürülmüştür. Elde edilen tasarruf klima santrallerindeki fan ve aspiratör motorlarının çektiği akım değerleri 24 saatlik süreçte ölçülerek belirlenmiştir. 3 klima santralinde bulunan 6 motorda yapılan ölçümlere göre ilk durumdaki enerji tüketim miktarı 102,92 kWh iken iyileştirme sonrası enerji tüketimlerinin 83,89 kWh olduğu görülmüştür. Yapılan hesaplama sonucunda üç klima santrali için %18,5'lik bir enerji tasarrufu ortaya çıktığı görülmüştür. Günlük enerji tasarrufu 457 kWh/gün mertebesine ulaşmaktadır. Klima santralinin yılda 350 gün çalıştığı düşünüldüğünde 159,6 MWh/yıl enerji tasarrufu sağlanacaktır. Elektrik kWh birim maliyetinin 0.17 TL/kWh olduğu düşüldüğünde yapılacak tasarruf miktarı 27.100 TL/yıl olmaktadır [1].

3. DENEYSEL MATERYAL VE METODLAR

Entegre bir tekstil fabrikasındaki enerji tasarruf potansiyellerini belirlemek ve verimliliği artırıcı yöntemlere yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar kapsamında işletmede bulunan klima santralleri, pompalar, kojenerasyon tesisi, basınçlı hava sistemleri, buhar kaçakları, izolasyon kontrolleri, ring iplik makineleri, ram makineleri, trafolar ve aydınlatma sistemleri incelenmiştir.

Klima santrallerinde bulunan aspiratör ve vantilatör fanların elektriksel ölçümü Fluke 1730 marka enerji analizörü ile yapılmıştır.

Su pompalarının elektriksel ölçümü Fluke 435-II marka enerji analizörü ile gerçekleştirilmiştir. Mekanik manometre ile pompa hattından emme ve basma basınçları ölçülmüştür. GE PT 878 marka ultrasonik debimetre ile pompa hatlarından debi ölçülmüştür.

Kojenerasyon tesisinde kazan sonrası baca gazı ölçümleri Testo 350 marka baca gazı analizörü ile gerçekleştirilmiştir. Kojenerasyon tesisinde verim hesabı yapabilmek için üretilen faydalı işi ve kayıpları belirlemek gerekmektedir. Faydalı iş olarak elektrik üretimi scada ekranı üzerinden okunmuştur. Diğer faydalı iş olan ısı enerjisini hesaplayabilmek için, buhar kazanı ve ekonomizer sıcaklık, basınç ve debi değerleri kazan otomasyon ekranından belirlenmiştir. Enerji kaybı olarak ceket ısısı, bir eşanjör vasıtasıyla faydalı işe çevrilmektedir. Eşanjörden geçen su debisi GE PT 878 marka ultrasonik debimetre ile, giriş çıkış sıcaklıkları ise Testo 435-4 çok fonsiyonlu ölçüm cihazı ile ölçülmüştür.

Kompresörlerde ve basınçlı hava hatlarında enerji verimliliği kapsamında, fabrikada yapılan ölçümler elektriksel ve mekanik olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Elektriksel ölçümler, kompresörleri tahrik eden elektrik motorlarından alınan ölçümleri kapsamaktadır. Elektriksel ölçümler Fluke 435-II marka enerji analizörü ile gerçekleştirilmiştir. Mekanik ölçümler ise kompresörlerin basınç değerleri ve basınçlı hava hatlarındaki sızıntı miktarının tespitini kapsamaktadır. Fabrikada ultrasonik

dedektörle basınçlı hava hatları taranarak sızıntı hava kayıpları tespit edilmiştir. Basınçlı hava hatlarındaki sızıntı miktarı UE Systems Up 3000 ultrasonik sızıntı detektörü ile tespit edilmiştir. Cihazdan okunan dB değeri cihazın yazılımıyla hacimsel debiye dönüştürülmüştür.

İşletme genelindeki kondenstoplar, buhar kaçakları ve izolasyon kontrolleri Testo 875-2 marka termal kamera ile yapılmıştır.

Ring iplik makinelerinde kullanılan masuraların boş ağırlıkları hassas kantar ile ve elektriksel ölçümler Fluke 1730 enerji analizörü ile yapılmıştır.

Ram makinelerindeki tasarrufun analiz edilebilmesi için kızgın yağ kazanından elektriksel ölçümler alınmıştır. Kızgın yağ kazanı fanlarının ve pompalarının elektriksel ölçümleri Fluke 435-II marka enerji analizörü ile yapılmıştır. Kızgın yağ pompalarının debi bilgisi hatta bağlı olan debimetreden okunmuştur. Yakıt tüketimi bilgisi işletmeden alınmıştır.

İşletmede bulunan ve ölçümleri gerçekleştirilen 7 adet trafonun sekonder giriş panosunun elektriksel ölçümleri kapsamında gerilim, akım, aktif güç, reaktif güç, güç faktörü, frekans, dengesizlik ve harmonik ölçümleri Fluke 435-II marka enerji analizörü ile alınmıştır.

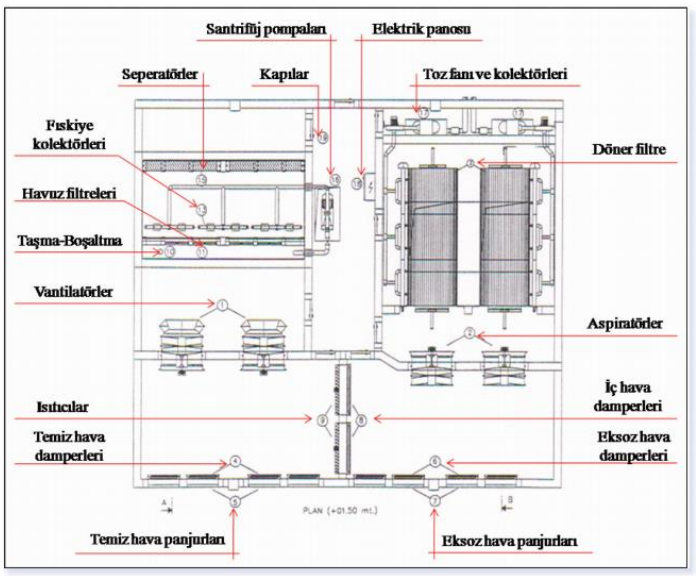
Aydınlatma sistemi analizlerinde, mevcut armatürlerin elektriksel ölçümleri Fluke 435-II marka enerji analizörü ile yapılmıştır.

4. ENTEGRE TEKSTİL İŞLETMESİNDE ENERJİ TASARRUF POTANSİYELLERİ

Günümüz rekabetçi koşulları ve artan enerji fiyatları nedeniyle bir işletmenin tükettiği enerjiyi etkin kullanabilmesi, ancak zamanında yatırım yaparak teknolojinin güncelleştirilmesi, işletme şartlarının optimizasyonu ve sürekli kontrolü sonucunda yapabilecek tasarruflar ile mümkündür. Bu çalışmada bir entegre tekstil işletme sahasında olası kayıpları tespit etmek ve enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik incelemeler yapılmıştır.

4.1. Klima Santralleri

Tekstil sektöründeki klima santrallerinin kullanım alanı genel olarak; nemlendirme, ısıtma, soğutma, toz ve uçuntu toplama prosesleridir. İşletmede oluşan pamuk uçuntuları, aspiratör yardımıyla emilir ve tozlu hava filtre edilir. Filtre edilen hava dışarıya atılır veya temiz hava ile karıştırılıp nemlendirme ünitesine gönderilir. Şartlandırılmış hava vantilatörler yardımıyla tekrar işletme içerisine gönderilir. Bu işlemler için yüksek fan ve motor güçlerine ihtiyaç duyulmaktadır [1].



Şekil 4.1. Klima santrali şematik görünümü

İşletmede içindeki hava kalitesinin iyi olması, personelin çalışma performansını ve ürün kalitesini direk etkilemektedir. İç ortam sıcaklık ve nem değerinde oluşacak küçük farklar bile çalışma performansının düşmesine ve kumaşın düşük kalitede çıkmasına neden olabilmektedir. Kaliteli ürün ve yüksek çalışma performansı sağlamak için, iç ortam şartlarının belirli bir oranda dengede tutulmasını sağlayan klima santralleri; kalitenin devamı açısından büyük bir önem taşımaktadır [1].

Klima santrallerinde sağlanabilecek enerji tasarrufu potansiyelleri; aspiratör ve vantilatör fanlarının sıcaklık ve nem bilgisine göre çalışması, su pompalarının ise istenen orandaki neme ulaşmak için ihtiyaç olan debide su sağlayarak çalışmasıdır. Her iki durum da değişken devirli hız sürücüsü ile sağlanabilir.

4.2. Pompalar

Pompalar sıvıların basıncını veya enerjisini artıran, alçak seviyeden yüksek seviyeye veya düşük basınçtan yüksek basınca gönderilmesini sağlayan makinelerdir. Aynı zamanda pompalar bir boru içinde akan sıvının debisini ayarlamak için de kullanılır.



Şekil 4.2. Santrifüj pompa ve dalgıç pompa

Tekstil sektöründe pompaların kullanım alanları oldukça fazladır. Boyahanesi bulunan işletmelerde boya pompaları mevcuttur ve boyanın transferini sağlar. Kojenerasyon ünitesi bulunan işletmelerde kojenerasyon besi suyu pompası ve kazan besi suyu pompaları bulunur. Bu pompaların amacı su beslemesi yaparak buhar üretiminin devamlılığını sağlamaktır. Kuyu suyu kullanan işletmelerde kuyu suyu pompaları bulunur ve bu pompalar kuyulardan suyu çekerek işletmede gerekli kısımlara

transferini sağlar. İplik üretimi yapan işletmelerde klima santrali pompaları mevcuttur. Bu pompaların kullanım amacı işletmede istenen nem miktarını ayarlamaktır.

Pompaların yüksek verimli olması, pompa sisteminin verimli bir şekilde çalışması için yeterli değildir. Bir pompa sisteminin verimli bir şekilde çalışması, pompanın ve sistemin dizaynına ve çalışma şartlarına bağlıdır. Aksi takdirde en verimli pompanın, yanlış dizayn edilen bir sistemde, verimli çalışması düşünülemez [10].

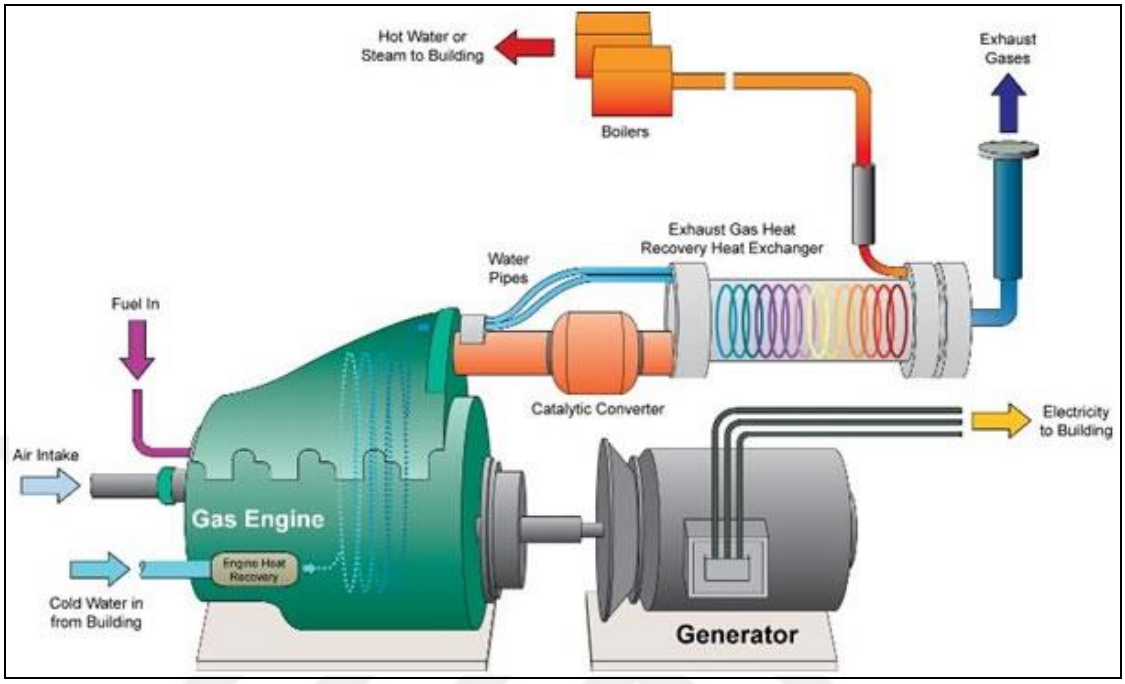
Pompalarda sağlanabilecek enerji tasarruf potansiyelleri ve verimliliği artırabilecek uygulamalar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Pompa seçimi yapılırken, ihtiyacı karşılayacak basma yüksekliği ve debi değerlerine göre seçim yapmak gerekir. Genellikle basma yüksekliği ve debi değerleri emniyet payları eklenerek ve yukarı doğru yuvarlatılarak bulunur ve olması gerekenden daha büyük bir pompa seçilmiş olur. Bu durum pompanın eğrinin uygun olmayan noktalarında çalışmasına ve daha fazla güç tüketmesine neden olur. Yüksek seçilen debiyi ihtiyaca göre ayarlamak için kontrol vanası kullanılır ve enerji kaybına neden olunur.
- Değişken debi ihtiyacı olan sistemlerde pompa sayısının arttırılması ve pompaların paralel olarak ihtiyaca göre devreye girmesi enerji tasarrufu sağlayabilir.
- Frekans konvertörü hızın hassas olarak değiştirilmesine izin vererek enerji tasarrufu sağlayan cihazlardır. Değişken debi ihtiyacı olan sistemlerde, vana ile kısma yapılması yerine frekans konvertörü kullanılması enerji tüketimini azaltacaktır [10].

4.3. Kojenerasyon Tesisi

Kojenerasyon sistemleri; doğalgaz, LPG, mazot, biyogaz ve çöp gazı gibi yakıtların gaz motorunda veya türbinde yakılması sonucunda elektrik ve ısının birlikte üretildiği birleşik güç sistemleridir. Kojenerasyon tesislerinin verimli işletilmesi için, atık ısı enerjisinin tamamından veya çok büyük bölümünden yararlanılmak üzere tasarlanması gerekmektedir. Atık ısı enerjisi ile buhar, sıcak su, kurutma havası ve kızgın yağ elde etme imkânları olduğu gibi absorbsiyonlu sistemlerle soğuk su veya soğuk hava elde

etmek de mümkündür. Bu sistemlere de Trijenerasyon sistemleri denmektedir. Atık ısısından yararlanılan sistemlerde yakıtın enerjisi daha etkin kullanılmış olur[11].



Şekil 4.3. Kojenerasyon ünitesi şematik gösterimi

Tekstil sektöründe kojenerasyon sistemlerinin yaygın olmasının en önemli nedeni; elektrik enerjisinin yanında oldukça fazla buhar ve sıcak su ihtiyacının olmasıdır. Özellikle entegre tekstil işletmelerinde kojenerasyon ünitelerine sıklıkla rastlamak mümkündür.

4.4. Basınçlı Hava Sistemleri

Kompresörler sıkıştırılabilir akışkanların genellikle de gazların basıncını arttırmak için kullanılan makinelerdir. Akışkanın kompresör girişindeki ve çıkışındaki basınç değerleri atmosferik basıncın üstündeki değerler arasında yer değişebilmektedir. Kompresörler, endüstriyel işletmelerde en fazla elektrik tüketen ekipmanların başında yer almaktadır. Bu nedenle kompresör ünitelerinde yapılan iyileştirmeler sayesinde yüksek oranlarda enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Kompresörlerde yapılan iyileştirmeler bakım maliyetlerini de azaltmaktadır[12].



Şekil 4.4. Basınçlı hava üreten vidalı kompresörler

Basınçlı hava, her sektör için gerek duyulan en önemli ihtiyaçlardan biridir ve basınçlı havanın kullanılmadığı fabrika yok denecek kadar azdır. Basınçlı havanın tekstil sektöründe sıklıkla kullanıldığı alanlar, prosesteki iplik üretim aşamalarının gerçekleştiği üniteler ve makinelerdir. Bunlara örnek olarak bobin makinelerini, ring iplik makinelerini ve dokuma tezgâhlarını verebiliriz.

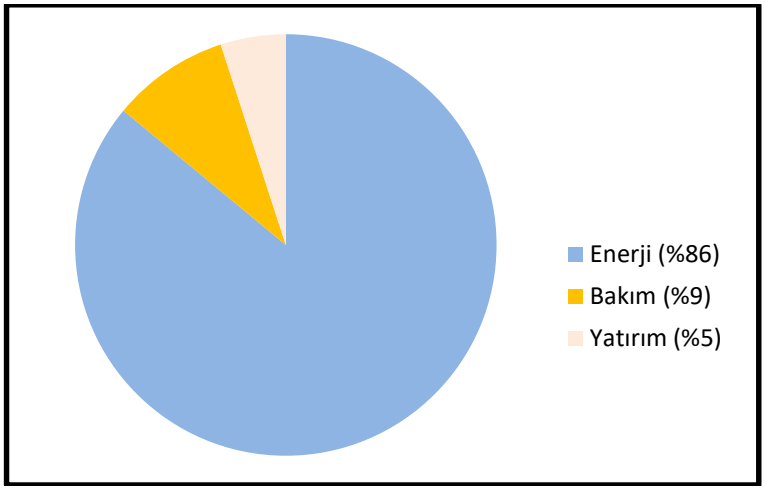
4.4.1. Genel tasarruf imkânları

Basınçlı hava, sanayide olmazsa olmaz bir girdidir ve çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapılan birçok enerji tasarrufu çalışmasında, basınçlı hava sistemlerinde enerji tasarruf potansiyelinin yüksek olduğu görülmüştür.

Günümüzde kompresörsüz çalışan bir fabrika neredeyse yoktur ve kompresörlerin hemen hemen tamamı elektrik ile çalışmaktadır[13].

Bir kompresörü yıl boyunca çalıştırmak için harcanan enerji maliyeti çoğu zaman kompresörün satın alma maliyetini geçmektedir. Bu sistemlerde alınacak birkaç pratik bazı önlemle, önemli miktarda enerji ve mali tasarruf sağlanabilir [13].

Basınçlı hava sisteminde çalışan bir kompresörün ekonomik ömrü boyunca maliyet dağılımı Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.5. Bir hava kompresörünün ömrü boyunca maliyet dağılımı

Farklı sanayi kuruluşlarında yapılan enerji tasarrufu çalışmalarında basınçlı hava sistemlerinde tespit edilen başlıca enerji tasarrufu imkânı;

1. Kompresörlerin doğru tip ve boyutta seçilmesi,
2. Kompresöre soğuk, temiz ve kuru hava girişi sağlanması,
3. Kompresör soğutma havasının kullanımı,
4. Basınçlı hava ekipmanlarının düzenli olarak bakımı,
5. Sistem verimliliğini sağlamak için gerekli enstrümanların sağlanması,
6. Hava kaçaklarının giderilmesi,
7. Sistemin mümkün olan en düşük basınçta çalıştırılması, eğer ekonomikse soğutma enerjisinin geri kazanılması,
8. Ekipmanların uygun şekilde yağlanması olarak sıralanabilir.

4.5. Kondenstoplar ve Buhar Kaçakları

Buhar oldukça yaygın olarak kullanılan bir akışkandır. Buharın ana kullanım alanları endüstriyel, ısıtma ve termik santrallerde elektrik üretimidir. Özel durumlar dışında, sadece ısıtma amacıyla buhar kullanılmamaktadır. Buharın en çok tercih edildiği sektörler gıda, kimya, petrokimya ve tekstil sektörleridir.

Endüstride buhar kullanımının avantajları şöyle sıralanabilir:

1. Yüksek sıcaklıklara çıkmak mümkündür.

2. Buhardan ısı çekişi genellikle doymuş buharın yoğuşmasıyla gerçekleşir ve bu işlem sabit sıcaklıkta gerçekleştiği için ısı geçiş yüzeylerinde sıcaklık sabittir.
3. Prosesin sıcaklık kontrolü, basınç kontrolüne bağlı olarak hassas biçimde kontrol edilebilir.
4. Büyük miktarda oluşan ısı enerjisini küçük bir kütle ile taşımak mümkündür.
5. Buhar tamamen saf ve hijyenik bir maddedir.

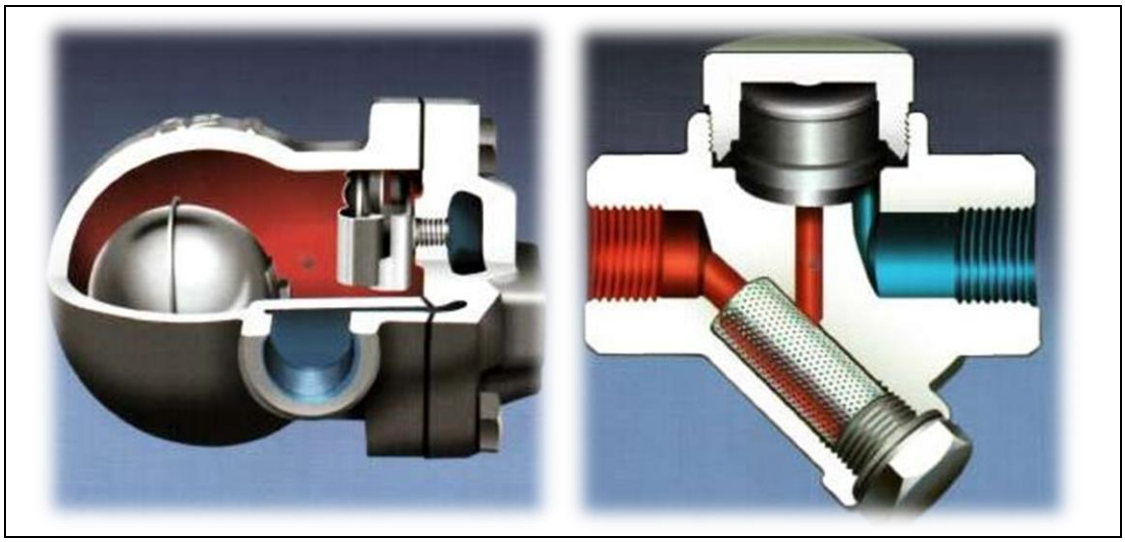
Buharın dezavantajları ise:

1. Buhar tesisatlarında korozyon oluşma riski fazladır.
2. Kondens hattının işletmesi zor ve pahalıdır.
3. Buhar hatları belirli bir eğimde tasarlanmalı ve içinde kondens birikmemelidir [14].

Buhar sistemlerinde sağlanabilecek enerji tasarruf fırsatları; buhar sistemlerinde oluşan kaçakların giderilmesi ve dışarı atılan buharın en aza indirilmesi, buhar tesisatlarının, vanaların, bağlantı elemanlarının ve kazanların yalıtılması, kullanılmayan hatlara giden buharın kesilmesi ve kondenstopların belirli zaman aralıklarında kontrolünün sağlanarak arızalı olanların tespit edilip sisteme müdahale edilmesidir [15].

4.5.1. Buhar kapanları (Kondenstop)

Buhar kapanları, her zaman güvenilir buhar sistemi operasyonlarının ana ilgi alanlarından biridir. Bunlar, çoğunlukla, tesis bakım ekiplerinin kaynaklarının, buhar kapanları ve çalışmasına ilişkin bilgi ve deneyimlerinin yetersizliğine bağlı olarak ihmal edilmektedir. Buhar kapanları, buhar sistemi içinde, birçok hayati işletme fonksiyonlarını yerine getirmektedir. Bunlardan en önemlileri; prosesi devreye alma sırasında, hava ve büyük miktarlarda kondensin çıkmasına izin verir ve normal çalışma sırasında, buhar kaybını minimize ederken veya ortadan kaldırırken toplanan kondensin, kondens geri dönüş sistemine geçmesini sağlar.

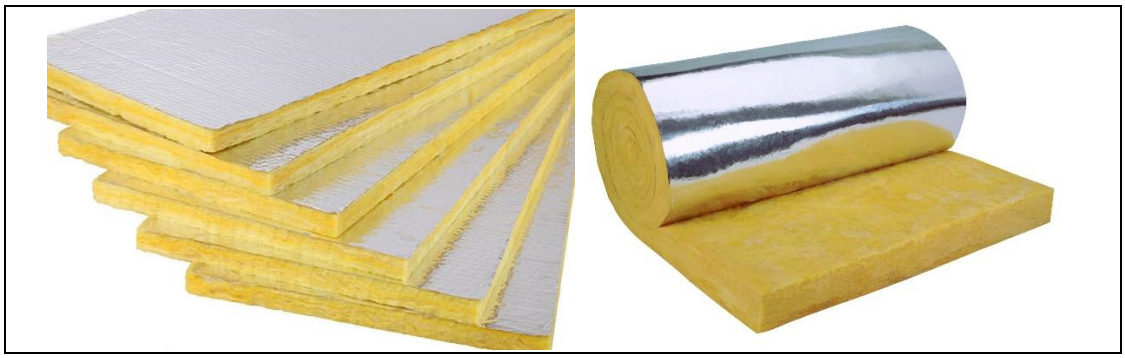


Şekil 4.6. Şamandıralı ve termodinamik kondenstop kesitleri

Buhar kapanı arızaları, her zaman kendi başına enerji kaybına neden olmasa da, hemen hemen her zaman sistemin çalışması ile ilgili sorunlara ve güvenilirlik sorunlarına yol açar. Endüstriyel tesislerde sistem artıkları, yanlış boyutlandırma ve yanlış uygulama, buhar kapanı arızalarının en sık görülen nedenleridir. Tüm endüstriyel buhar tesislerinin etkili bir buhar kapanı yönetim programı olmalıdır [15].

4.6. İzolasyonlar

Buhar, sıcak su ve kızgın yağ gibi ısıl kaynakların kullanıldığı endüstriyel işletmelerde boru hatlarında ve sıcak yüzeylerde bir miktar ısı ışınım yoluyla kaybolmaktadır. Enerji tasarrufu sağlamak ve verimliliği artırmak için termal enerji kaybını ve kaçakları önlemek gerekmektedir. Kaçakları önlemek için kazan yüzeyleri, boru hattı ve ısıl işlem gerçeklesen bölümlerin uygun malzeme ile izolasyon yapılması şarttır.



Şekil 4.7. Taş yünü ve cam yünü izolasyon malzemeleri



Şekil 4.8. Vana ceketi ve kazan ceketi izolasyon malzemesi

Kazanlarda yapılacak izolasyon güvenlik ve enerji tasarrufu için oldukça önemlidir. Kazan yüzeyleri ve kapakları izole edilerek tasarruf sağlanabilir. Buhar, kondens ve sıcak su taşıyan borularda genelde boru yüzeyinin tam olarak izole edilmemesi, bazı bölgelerde ise daha önce yapılmış olan onarım çalışmaları sonrasında izolasyonun eksik olarak bırakılması ısı kayıplarına neden olmaktadır. Tekstil işletmelerinde kullanılan kurutma ve yıkama makinalarının çoğunda yalıtım olmadığından dolayı, makine yüzeyinden ortam havasına iletim yoluyla ısı kaybı oluşur. Yapılacak olan iyi bir yalıtım, ısı kaybına engel olacağından dolayı istenilen sıcaklık için daha az buhar üretimi ve daha az yakıt tüketimi sağlarken çalışma ortamının aşırı ısınmasına da engel olur. İzolasyon malzemeleri yüksek sıcaklıklara maruz kaldığından dolayı periyodik olarak kontrol edilmeli ve aşınan kısımlar yenilenmelidir [3].

4.7. Ring İplik Makineleri

Pamuk ve yün iplikçiliğinde kullanılan ring iplik makinelerinin görevi; fitil makinesinden alınan fitili çekimle inceltmek ve iplik oluşumu için yeterli inceliğe getirilen lif demetine büküm vererek mukavemet kazandırmaktır [16].



Şekil 4.9. Ring iplik makineleri

Endüstride vater makinesi olarak da bilinen ring iplik makinelerinde kullanılan masuraların daha hafifleri ile değiştirilmesi, merkezkaç kuvvetin azalmasına ve enerji tüketiminin düşmesine neden olarak enerji tasarrufu sağlamaya katkıda bulunur.

4.8. Ramöz Makineleri

Ramözler, kumaşların sıcak hava ile kurutulduğu makinalardır. İlk yatırım ve işletme maliyetleri yüksek olan ramözler, tekstil sektöründe kurutma için en çok tercih edilen makinelerdir. Bunun başlıca nedenleri; kumaşın kirlenme tehlikesinin az olması, gerilimin kontrol altında tutulmasının kolay olması, tüm kumaş çeşitleri için uygun olması ve kurutmanın yanı sıra kondenzasyon ve termofiksaj işlemlerinde de kullanılabilmesidir [17]. Kumaşın alt ve üst yüzeylerine basınçlı sıcak hava püskürtülür. Nemli kumaşta bulunan su, buhar haline geçer ve su buharı içeren hava, özel bir emme tertibatı ile kumaştan uzaklaştırılır. Böylece kumaş kurutulmuş olarak makinayı terk eder [18].



Şekil 4.10. Ram makinesi

Ramözler, tekstil terbiye işletmelerindeki en büyük ısıl enerji tüketicilerindendir. İhtiyaç duyulan hava iki yöntemle ısıtılmaktadır. Birinci yöntemde 300-400ºC sıcaklıkta kızgın yağ kullanılırken ikinci yöntemde doğalgaz kullanılmaktadır. Isıl verimlerinin yüksek olmasından ve işletmesinin kolay olmasından dolayı doğalgazlı ramözler günümüzde daha çok kullanılmaktadır [9].

Ramözlerde kumaş ile temas eden sıcak hava bir miktar ısı enerjisini kumaşa aktarırken, kumaştan da bir miktar su buharı alır. Sıcak hava kumaştan alabileceği kapasitede su buharı alamadan bacadan atılırsa, kendisinden yeterince

faydalanılamamış olur. Bacadan atılan nemli sıcak hava, önemli bir atık ısı kaynağıdır ve bir ısı geri kazanım sistemi kurularak enerji tasarrufu sağlanabilir [17]. Bir diğer tasarruf yöntemi de ısıtma için kullanılan yakıt sistemini değiştirmektir.

4.9. Aydınlatma Sistemleri

Aydınlatma, belirli bir aydınlatma düzeyinin elde edilmesi ve iyi görme koşullarının sağlanmasıdır [19]. Aydınlatma sistemleri, ısıtma ve soğutma sistemlerinden sonra en büyük enerji tüketim kaynağıdır ve endüstriyel işletmelerde tüketilen elektrik enerjisinin %20'si aydınlatma amaçlı kullanımdan kaynaklanmaktadır. Aydınlatmada, verimli armatürlerin kullanılması ile önemli oranda enerji tasarrufu sağlanabilir [19].

Aydınlatmada enerji tasarrufu basit tedbirler alınarak sağlanabilir Bu tedbirlerden bazıları şu şekilde sıralanabilir:

- Ortamın aydınlık düzeyi ihtiyacı belirlenmeli ve bu ihtiyaçlara göre armatürler tercih edilmelidir.
- Lamba seçimleri en yüksek lümen/watt oranına göre yapılmalıdır.
- Zamanlayıcılar ve fotoseller yardımıyla aydınlatmanın kontrol edilmesi, enerji tasarrufu açısından önemlidir.
- Enerji kaybına engel olmak için yüksek basınçlı cıva buharlı ve sodyum buharlı lambalar, halojen ve normal ampuller, akkor flamanlı lambalar ve kompakt floresan lamba gibi eski teknoloji armatürler yerine LED armatürler kullanılmalıdır [19].



Şekil 4.11. Eski teknoloji aydınlatma armatürleri



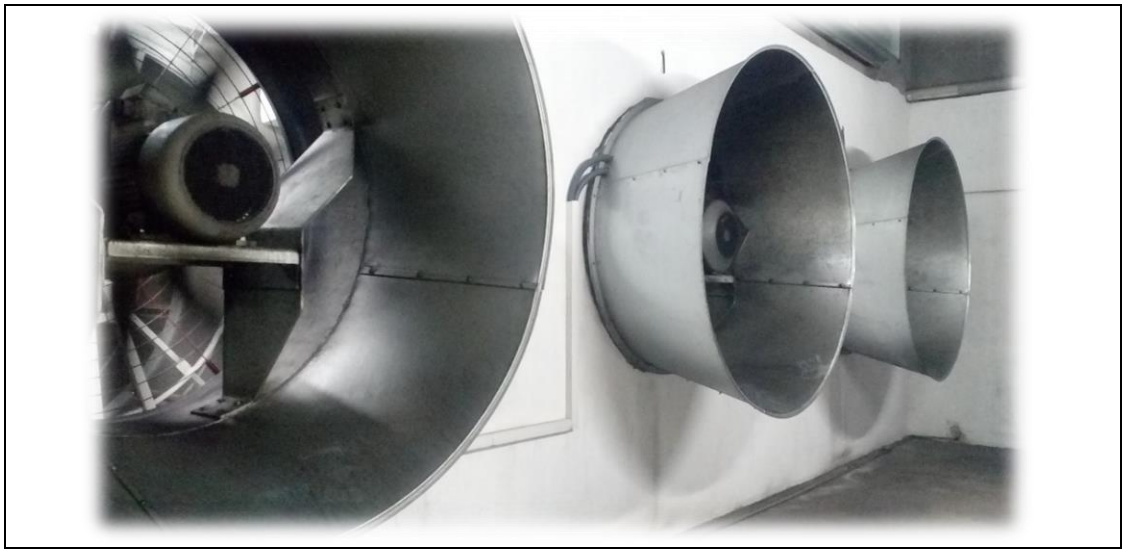
Şekil 4.12. Yeni teknoloji LED aydınlatma armatürleri

5. ENTEGRE TEKSTİL İŞLETMESİNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİNE YÖNELİK ÖNERİLEN PROJELER VE TASARRUF MİKTARLARI

Entegre bir tekstil işletmesinde yapılan detaylı enerji etüdü çalışmasında; klima santrallerine, pompalara, kojenerasyon sistemine, basınçlı hava sistemine, kazanlara, kondenstoplara, buhar kaçaklarına, izolasyonlara, ring iplik ve ram makinelerine ve aydınlatma sistemlerine yönelik ölçümler yapılmış ve ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Ayrıca trafolardan enerji izleme temeline dayanan ölçümler de yapılmıştır. Tespit edilen, kayba neden olan noktalar, bu noktalardan ne kadar kayıp gerçekleştiği ve bu kaybın telafisi için gerekli yatırım ihtiyaçları ve fiyat bilgileri konusunda önerilerde bulunulmuştur.

5.1. Klima Santralleri

İşletmede; iplik, örgü ve boyama bölümlerindeki klima santralleri ortamın iklimlendirilmesi için kullanılmaktadır. Yalnızca örgü bölümündeki klima santrallerinde değişken devirli hız sürücüsü bulunmadığı tespit edilmiştir. Klima santralinde bulunan fanlara ait ölçümler Tablo 5.1'de, fanlara yönelik yapılan tasarruf hesapları Tablo 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Klima fanları

Tablo 5.1. Örgü bölümü klima santralleri elektriksel ölçümü

	Klima Fanları	Güç
		kW (50 Hz)
Örgü Bölümü	Aspiratör-1	25,60
	Aspiratör-2	21,75
	Aspiratör-3	15,88
	Vantilatör-1	14,15
	Vantilatör-2	13,50
	Vantilatör-3	13,47

Alınan ölçümler ve yapılan incelemeler doğrultusunda örgü bölümündeki klima santrali fanlarına sürücü uygulaması yapılarak enerji tasarrufu elde edilebilecektir. Sürücülerin işletme şartları ve ihtiyaçları göz önünde alındığında maksimum 40 Hz'de çalıştırılacağı göz önünde bulundurularak hesaplamalar yapılmıştır.

Sürücülü fanın tüketeceği enerji = Mevcut fanın enerji tüketimi / [(mevcut frekans/düşülecek frenaks)³] (5.1)

$Q_{sürücülü\ fan}$ = [25,60/(50/40)^3] = 13,11 kW (5.2)

Tablo 5.2. Klima santralleri fanlarından elde edilecek enerji tasarruf miktarı

	Klima Fanları	Uygulama Sonrası					
		Birim Enerji Tüketimi	Birim Enerji Tasarrufu	Yıllık Tasarruf	Tasarrufun Mali Değeri	Yatırım Maliyeti	Geri Ödeme Süresi
		(kW)(40 Hz)	(kW)	(kWh/yıl)	TL/yıl	TL	yıl
ÖRGÜ BÖLÜMÜ	Aspiratör-1	13,11	12,49	104.916,00	23.312,34	14.500,00	0,62
	Aspiratör-2	11,14	10,61	89.124,00	19.803,35	14.500,00	0,73
	Aspiratör-3	8,13	7,75	65.100,00	14.465,22	14.500,00	1,00
	Vantilatör-1	7,24	6,91	58.044,00	12.897,38	14.500,00	1,12
	Vantilatör-2	6,91	6,59	55.356,00	12.300,10	14.500,00	1,18
	Vantilatör-3	6,9	6,57	55.188,00	12.262,77	14.500,00	1,18
	TOPLAM			**427.728,00**	**95.041,16**	**87.000,00**	**0,92**

Klima santrallerinde bulunan fanların sıcaklık ve nem değerine göre kendini ayarlaması veya işletmenin kendi ihtiyacına göre sürücüleri ayarlaması düşünülmektedir. Buna göre elde edilebilecek enerji tasarruf miktarı 427.728,00 kWh/yıl'dır. Tasarrufun mali değeri 95.041,16 TL/yıl'dır. Sürücü uygulaması yatırım maliyeti 87.000,00 TL ve bu yatırımın basit geri ödeme süresi 0,92 yıl'dır.

5.2. Pompalar

İşletmede bulunan kojenerasyon eşanjör pompası, osmoz su pompaları, temiz su havuz pompası, iplik bölümünde bulunan hidrofor pompası ve kuyu pompaları; işletmenin çeşitli bölümlerindeki su ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır. Pompalar ile ilgili ölçümler Tablo 5.3'de, pompaların sistem verimlerine yönelik yapılan hesaplamalar Tablo 5.4'te verilmiştir.



Şekil 5.2. Pompalar

Tablo 5.3. Pompalardan alınan ölçümler

Pompa Adı	Debi	Basma Basıncı	Emme Basıncı	Basınç Farkı	Basma Yüksekliği	Akışkan Sıcaklığı	Akışkan Yoğunluğu
	(m^3/h)	(bar)	(bar)	(bar)	(m)	ºC	kg/m^3
Kojenerasyon Eşanjör Pompası	109,5	6,5	2	4,5	45,90	90	965,4778
Osmoz Su Pompa-1 (Vsd'li 40 Hz)	62,11	14,5	5	9,5	96,90	16,8	999,2036
Osmoz Su Pompa-2 (Vsd'li 43 Hz)	71,22	14,1	4,5	9,6	97,92	20,1	998,5777
Temiz Su Havuz Pompası (Vsd'li 38 Hz)	38	3,1	0,6	2,5	25,50	79	972,4903
İplik Bölümü-Hidrofor Pompası	24,53	8,7	0,3	8,4	85,68	21	998,3311
1 Numaralı Kuyu Pompası (Vsd'li)	198	4	0	4	40,80	10	999,8442
2 Numaralı Kuyu Pompası (Vsd'li)	246	3,8	0	3,8	38,76	10	999,8346

Hidrolik Güç = ($\dot{V}$*h*ρ*g) / (3600*1000) (5.3)

$Q_{\text{hidrolik güç}}$ = (109,5m^3/h*45,9m*965,4778kg/m^3*9,80665m/s^2) / (3600*1000) (5.4)

$Q_{\text{hidrolik güç}}$ = 13,22 kW

Sistem Verimi = Üretilen Hidrolik Güç / Tüketilen Enerji * 100 (5.5)

Ηsistem = (13,22 kW/18,4 kW)*100 = %71,84 (5.6)

Tablo 5.4. Mevcut pompa sistem verimleri

Pompa Adı	Hidrolik Güç (kW)	Birim Enerji Tüketimi (kW)	Sistem Verimi (%)
Kojenerasyon Eşanjör Pompası	13,22	18,4	71,84
Osmoz Su Pompa-1 (Vsd'li 40 Hz)	16,38	32	51,19
Osmoz Su Pompa-2 (Vsd'li 43 Hz)	18,97	24	79,04
Temiz Su Havuz Pompası (Vsd'li 38 Hz)	2,57	5	51,34
İplik Bölümü-Hidrofor Pompası	5,72	10,4	54,96
1 Numaralı Kuyu Pompası (Vsd'li)	22,00	53,2	41,36
2 Numaralı Kuyu Pompası (Vsd'li)	25,97	63,2	41,09



Şekil 5.3. Pompa ölçüm fotoğrafları

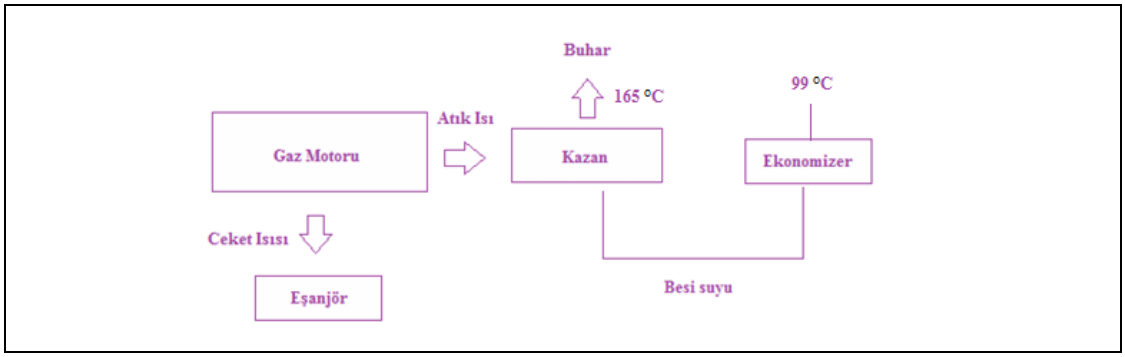
Kojenerasyon Eşanjör Pompası ve Osmoz Su Pompa-2 (VSD'li 43 Hz) sistem verimlerinin beklenen aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Osmoz Su Pompa-1 (VSD'li 40 Hz) ve Temiz Su Havuz Pompası (VSD'li 38 Hz) ihtiyaca göre değişen frekanslarda çalıştırıldığı için elde edilen sistem verim değerleri uygun karşılanmaktadır. Kuyu pompaları için ise yapılacak pompa seçimlerinin verimleri yaklaşık olarak %48-49 civarında olacaktır. Yeni pompa için yatırım yapmak fizıbıl olmayacaktır. İplik bölümü-hidrofor pompası için yapılan seçim sonucunda yeni pompa verimi yaklaşık %56,50 civarında olacaktır. Yapılacak yatırımlar fizıbıl olmayacağından pompalar için değişim önerisinde bulunulmamıştır.

5.3. Kojenerasyon Tesisi

İşletmede 5,2 MW'lık bir gaz motoru bulunmaktadır. Gaz motoru ile elektrik üretilmektedir. Aynı zamanda eklenen atık ısı kazanı ile egzoz ısısından yararlanılarak buhar üretilmekte ve proseste kullanılmaktadır. Kazan besi suyunu ısıtmak için sistemde bir adet ekonomizer bulunmaktadır. Ekonomizer 99°C'deki besi suyunu ısıtmakta ve kazana vermektedir. Kazandan 165ºC'de çıkan buhar proseste kullanılmaktadır. Gaz motoru ceket ısısı ile ısınan soğutma suyu ise bir eşanjörden geçirilerek kazanların besi suyunun ön ısıtılmasında kullanılmaktadır. Ölçüm sırasında kojen kapasitesi %76 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5.4. Gaz motoru



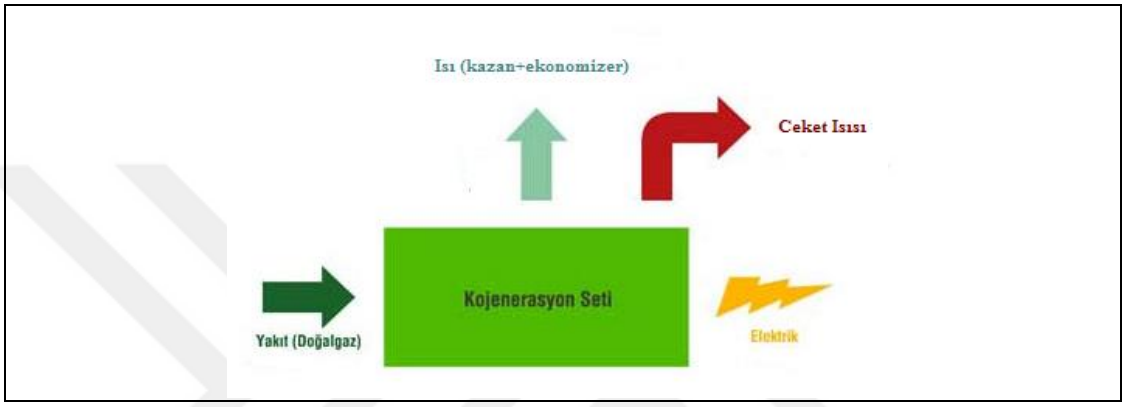
Şekil 5.5. Kojenerasyon sistemi şematik gösterimi

Kojenerasyon sisteminde kazan sonrası baca gazı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler Tablo 5.5'de verilmiştir.

Tablo 5.5. Kazan sonrası baca gazı ölçüm değerleri

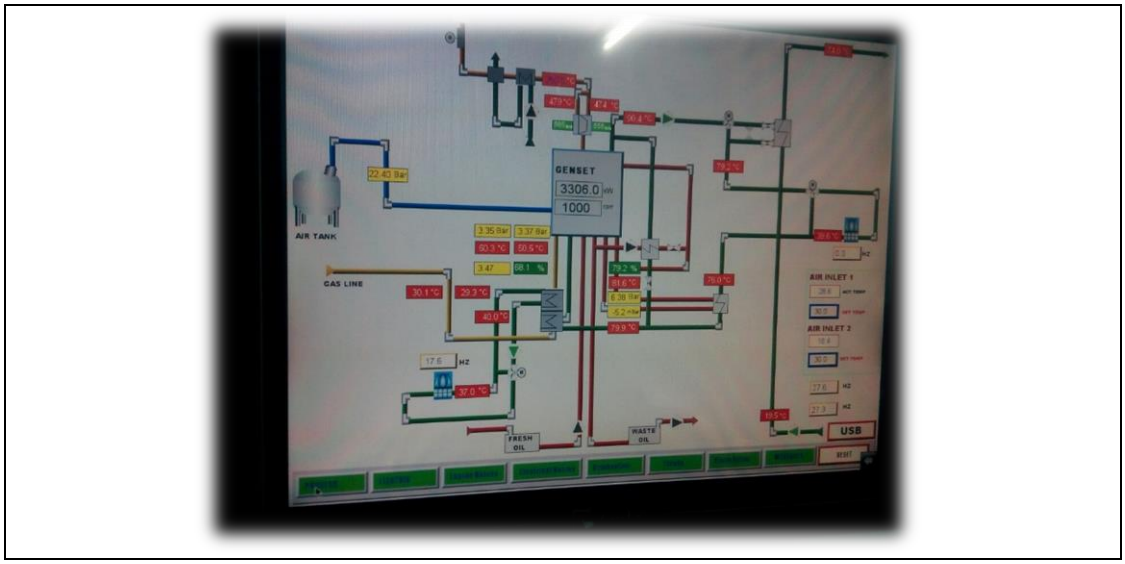
O_2	Tbaca	CO	CO_2	Hava fazlalık katsayısı	Turbo hava giriş sıcaklığı	Tortam	Kojen-Kapasitesi
%	°C	ppm	%		°C	°C	%
9,31	164	280	6,66	1,73	29,2	25,60	76

Kojenerasyon tesisinde verim hesabı yapabilmek için üretilen faydalı işi ve kayıpları belirlemek gerekmektedir.



Şekil 5.6. Kojenerasyon sistemi enerji denkliği şematik gösterimi

Faydalı iş olarak elektrik üretimi scada ekranı üzerinden okunmuştur.



Şekil 5.7. Gaz motoru scada ekranı

Diğer faydalı iş olan ısı enerjisini hesaplayabilmek için, buhar kazanı ve ekonomizer sıcaklık, basınç ve debi değerleri belirlenmiştir. Bu ölçüme ait bilgiler Tablo 5.6'da verilmiştir.

Enerji kaybı olarak ceket ısısı, bir eşanjör vasıtasıyla faydalı işe çevrilmektedir. Eşanjörden alınan ölçümler Tablo 5.7'de verilmiştir.

Kojenerasyon tesisi verim hesaplamaları Tablo 5.8'de verilmiştir.

Tablo 5.6. Buhar kazanı ve ekonomizerden alınan ölçümler

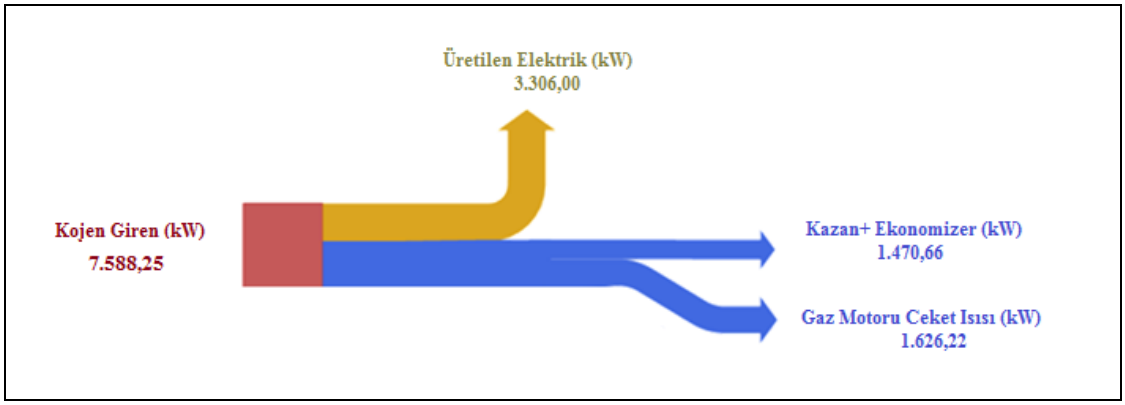
BUHAR KAZANI+EKONOMİZER	
Besi suyu ekonomizer giriş (99 °C 'de) entalpi	415,37
Buhar çıkış (165 °C'de) entalpi	2.747,70
Basınç (bar)	7,60
Buhar debi (ton/h)	2,27

Tablo 5.7. Eşanjörden alınan ölçümler

CEKET ISI EŞANJÖRÜ	
Eşanjör Giriş (°C)	21,00
Eşanjör Çıkış (°C)	72,00
Su Debisi (m3/h)	27,77
Yoğunluk (kg/m3)	992,00
Özgül Isı (kJ/kg.°C)	4,167

Tablo 5.8. Kojenerasyon sistemi verimi

Enerji Girdisi		**Enerji Çıktısı**				**Kayıp**		**Verim**
Doğalgaz Debisi		**Gaz Motoru Verimi**		**Kazan + Ekonomizer Toplam Isı**		**Kojenerasyon Ceket Isısı**		**(Isı+Elektrik)**
(Sm³/h)	**(kW)**	**(%)**	**(kW)**	**(%)**	**(kW)**	**(%)**	**(kW)**	**%**
791,27	7.588,25	43,57	3.306,00	19,38	1.470,66	21,43	1.626,22	84,38



Şekil 5.8. Sankey diyagramı

Kojenerasyon sisteminde enerji denkliği yöntemi ile verim hesaplamaları yapılmıştır. Hem elektrik hem de ısı enerjisinden istifade edilen sistemin verimli işletildiği tespit

edilmiştir. Sistemin çalışması ile ilgili herhangi bir sorun bulunmadığından öneride bulunulmamıştır.

5.4. Basınçlı Hava Sistemleri

5.4.1. Boyama, iplik ve örgü bölümü kompresörleri

Boyama bölümünde 4 adet kompresör bulunmaktadır. Etüt çalışması sırasında 3 nolu kompresör ile sürücülü olan 1 nolu kompresör aktif olarak çalışırken 2 ve 4 nolu kompresörler yedek olarak bekletilmektedir. Sürücülü olan 1 nolu kompresör işletmenin ihtiyacına göre kendini ayarlamaktadır. Kompresörler arasında eş yaşlandırma mevcuttur. Ayrıca 2 adet kurutucu ve bir adet hava tankı mevcuttur.



Şekil 5.9. Boyama bölümü kompresörleri

İplik bölümünde 3 adet kompresör mevcuttur. 2 adet sürücüsüz ve 1 sürücülü kompresörlerden; 1 adet sürücüsüz aktif olarak çalışmakta, işletme ihtiyacı arttığı zamanlarda ikinci sürücüsüz devreye girmektedir. İşletmede 1 adet kurutucu ve 1 adet hava tankı bulunmaktadır. Sürücüsüz kompresörler kendi aralarında eş yaşlandırma yapılmaktadır.



Şekil 5.10. İplik bölümü kompresörleri

Örgü bölümünde 3 adet kompresör, 1 adet kurutucu, 1 adet hava tankı bulunmaktadır. Kompresörlerden 1 nolu 110 kW'lık kompresör ile 2 nolu 55 kW'lık sürücülü kompresör beraber çalışmakta, 3 nolu 55 kW'lık kompresör ise yedek olarak bekletilmektedir.



Şekil 5.11. Örgü bölümü kompresörleri

Kompresörlerde ve basınçlı hava hatlarında enerji verimliliği kapsamında, fabrikada yapılan ölçümler elektriksel ve mekanik olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Elektriksel ölçümler, kompresörleri tahrik eden elektrik motorlarından alınan ölçümleri kapsamaktadır. Mekanik ölçümler ise kompresörlerin basınç değerleri ve basınçlı hava hatlarındaki sızıntı miktarının tespitini kapsamaktadır.

Fabrikada ultrasonik dedektörle basınçlı hava hatları taranarak sızıntı hava kayıpları tespit edilmiştir. Basınçlı hava hatlarındaki sızıntı miktarı "UE SYSTEMS UP 3000" ultrasonik sızıntı detektörü ile tespit edilmiştir. Cihazdan okunan dB değeri cihazın yazılımıyla hacimsel debiye dönüştürülmüştür. Basınçlı hava hatlarında sızıntı kontrolü yapan ultrasonik sızıntı dedektörü Şekil 5.12'de verilmiştir.



Şekil 5.12. Ultrasonik sızıntı dedektörü

Fabrikada basınçlı hava taraması ultrasonik dedektörle yapılarak sızıntı hava kayıpları tespit edilmiştir. Hava kaçaklarının bulunduğu noktanın adı, cihazın ölçtüğü dB değeri, bu değere karşılık gelen tahmini kaçak debileri ve basınçlı hava kaçaklarının maliyetini hesaplamak için gerekli diğer değerler listelenmiştir.

Fabrikada 87 noktada basınçlı hava kaçağı tespit edilmiştir. Basınçlı hava sızıntı ölçümleri Tablo 5.9'da verilmiştir.

Tablo 5.9. Basınçlı hava sızıntı ölçümleri

Ölçüm No	**Ekipman Adı**	**Ölçüm Değeri**
		(dB)
1	1. Numaralı Balon Sıkma Makinası	50
3	Tüp Paketleme Hava Tabanca Hattı	55
9	Sanfor 2	58
16	4.Ram Makinası Giriş Sağ Ventil Grubu	64
36	12 Numaralı Boya Makinası Şartlandırıcı	72
50	Keumyong 124. Makina Yağ Panosu	81
67	Keumyong 109. Makina Yağ Panosu	85
TOPLAM 87 NOKTA		

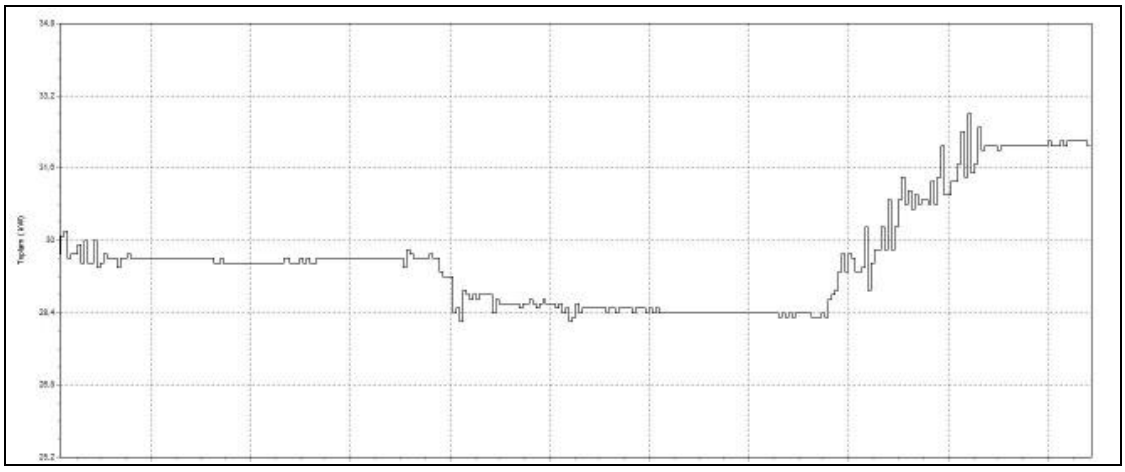
5.4.2. Boyama, iplik ve örgü bölümü kompresör analizleri

Boyama bölümündeki kompresörün tükettiği elektriksel güç ölçümü Tablo 5.10'da verilmiştir. 1 ve 3 nolu kompresörlere ait etkin güç grafikleri Şekil 5.13 ve Şekil 5.14'te verilmiştir.

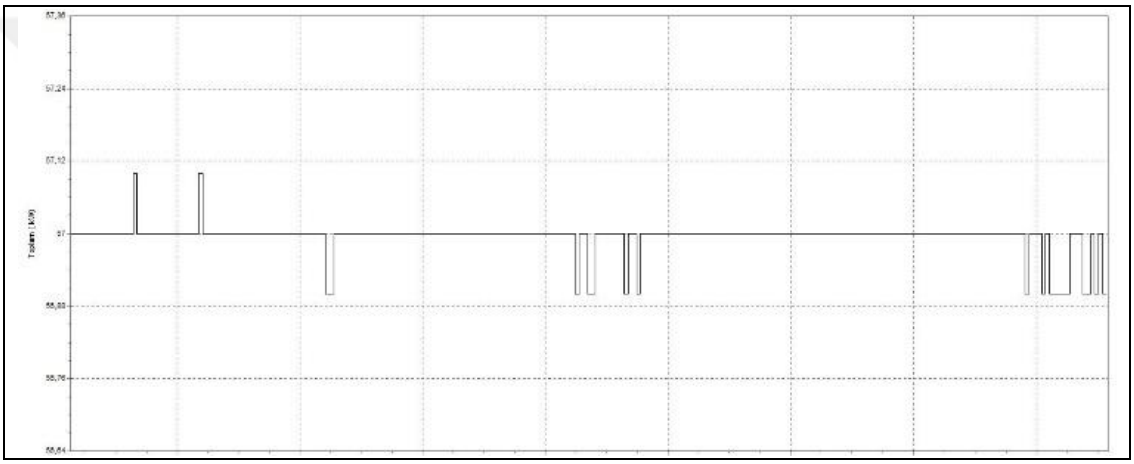
Tablo 5.10. Boyama bölümü kompresör ölçümleri

Endüstriyel İşletme	**Etiket Gücü**	**Basınç Değeri**	**Etiket Debisi**	**Enerji Tüketimi**
	kW	**bar**	**m³/dk**	**kW**
1 Nolu Kompresör	55	6,7	9	29,78
3 Nolu Kompresör	55	6,7	9	56,96

İplik bölümünde yapılan incelemeler doğrultusunda sürücüsüz kompresörlerin boşta çalıştığı görülmüştür. Uzun süreli ölçümler neticesinde kompresörlerin yük durumları incelenmiş ve çalışma saatleri bu incelemeler neticesinde ortaya çıkarılmıştır. Sürücüsüz kompresörler aralarında eş yaşlandırma yapıldığından dolayı çalışma süreleri yarım yıl olacak şekilde hesaplanmıştır.



Şekil 5.13. 1 Nolu Kompresör etkin güç grafiği

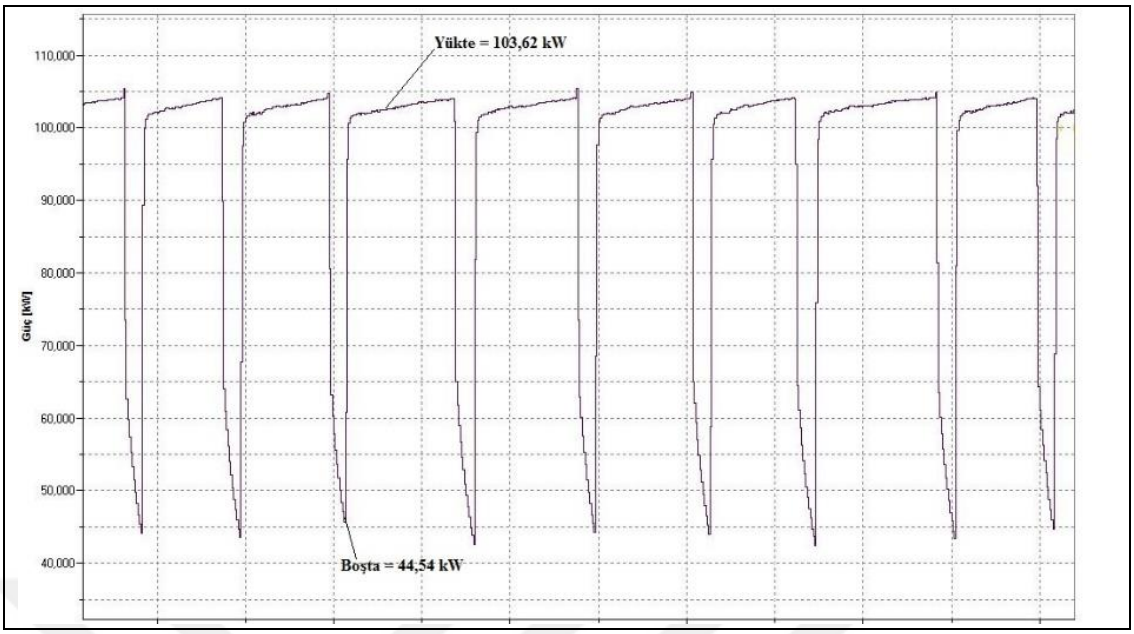


Şekil 5.14. 3 Nolu Kompresör etkin güç grafiği

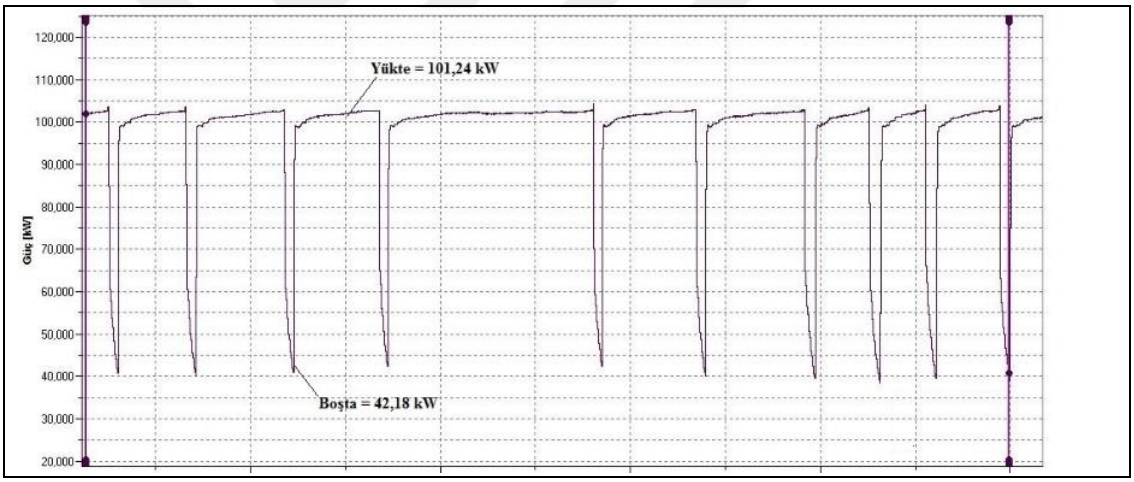
Tablo 5.11. İplik bölümü kompresörleri ölçüm değerleri

İplik Bölümü Kompresör Adı	Etiket Gücü	Basınç Set Değerleri	Yükte Enerji Tüketimi	Boşta Enerji Tüketimi	Yükte Çalışma Süresi
	kW	bar	kW	kW	saat
1 nolu kompresör	90	7,9-7,2	103,62	44,54	2.880
2 nolu kompresör	90	7,9-7,2	101,24	42,18	3.080

1 ve 2 nolu kompresörlere ait etkin güç grafikleri Şekil 5.15 ve Şekil 5.16'da verilmiştir.



Şekil 5.15. 1 Nolu Kompresör Yük Grafiği



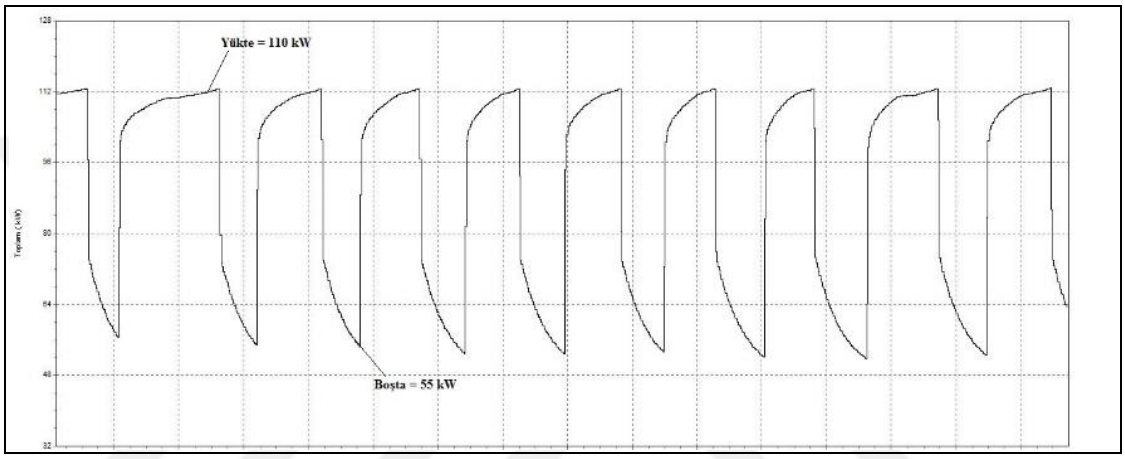
Şekil 5.16. 2 Nolu Kompresör Yük Grafiği

Örgü bölümünde yapılan incelemeler neticesinde hat basıncı 7,3 bara ulaştığı zaman 1 Nolu kompresör boşta çalışmaya başlamakta ve boşa geçtiği için hat basıncı hızla düşmekte; buna karşılık sürücülü olan 2 nolu kompresör buna tepki olarak hat basıncını dengelemeye çalışmakta ve kendini daha da yüklemesine rağmen basınç dengesini sağlayamamaktadır. 1 nolu kompresörün boşa geçmesinin önüne geçilebilmesi ve hat basıncını dengeleyemeyen 2 nolu kompresörün yükünü azaltmak amacıyla kompresörlerin güçleri ölçülmüş, basınç değerleri izlenmiştir.

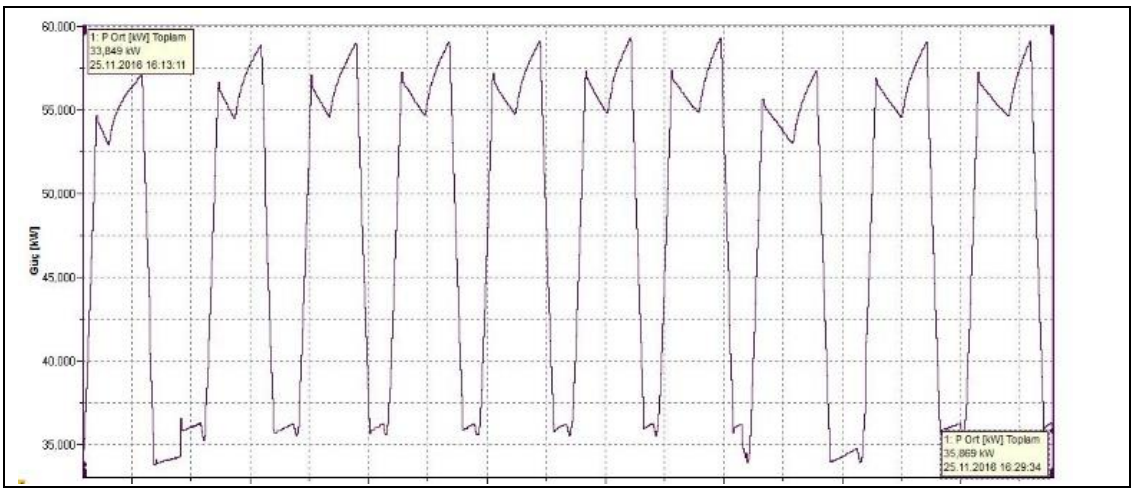
Tablo 5.12. Örgü bölümü kompresör ölçümleri

Örgü Bölümü Kompresör Adı	Etiket Gücü	Basınç Set Değerleri	Ortalama Tüketim Değeri	Toplam Birim Enerji Tüketimi
	kW	bar	kW	kW
1 Nolu Kompresör	110	7.3-5,7	92,78	142,32
2 Nolu Kompresör	55	7.3-6,7	49,54	

Mevcut durumda 1 ve 2 nolu kompresörlere ait etkin güç grafiği Şekil 5.17 ve Şekil 5.18'de verilmiştir.



Şekil 5.17. 1 nolu Kompresör Basınç Ayarından önceki Yük Grafiği



Şekil 5.18. 2 nolu kompresör basınç ayarı öncesi

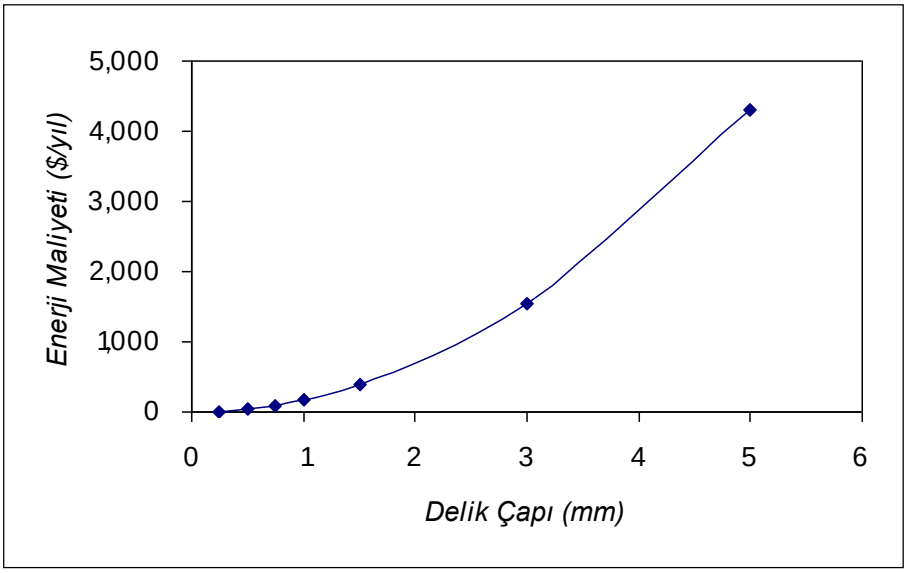
5.4.3. Basınçlı hava kaçakları

Basınçlı hava kaçaklarının parasal değeri, atmosfer basıncındaki havanın kompresör çıkış (set) basıncına sıkıştırılması için gerekli enerji bedeline eşittir. Kaçak hava miktarı havanın kaçtığı deliğin çapına, hat basıncına, kompresör emişindeki hava

sıcaklığına ve basınçlı havanın kaçak noktasındaki sıcaklığına bağlıdır. Bu nedenle kullanım yerinde gerekli asgari basınç tespit edilerek basınç regülatörleri ile düşürülmesi sızıntı kaçaklarının maliyetini de azaltacaktır. Ayrıca temizlik için kullanılan havanın basıncı da mutlaka düşürülmelidir.

Basınçlı hava üzerinde hassasiyetle durulmalı ve kullanıcılar eğitilmelidir. Hava kaçaklarının artması nedeniyle kompresör çıkış basıncının düşürülmesi imkânsız hale gelmektedir. Bu da ikinci bir maliyet oluşturmaktadır. Kaçakların yeri insan kulağı ile bulunabildiği gibi bu amaçla geliştirilmiş Ultrasonik ses dedektörleri ile de tespit edilebilir.

Basınçlı hava hatlarındaki sızıntıların sebep olduğu enerji sarfiyatını bulmada kullanılan denklemler bu analizin sonunda verilmiştir.



Şekil 5.19. Basınçlı hava kaçaklarının sebep olduğu kaybın maliyeti

Şekil 5.19'da göründüğü üzere kayıp olan basınçlı hava miktarı delik çapının büyüklüğüyle eksponansiyel olarak artmaktadır.

Güç Kaybı = {(Pi*Vf*[k/(k-1)]*N*[(Po/Pi)(k-1)/(k*N)-1]}/{Ea*Em} (5.7)

Burada;

Vf Kaçan hava debisi, m^3/s

k Havanın spesifik ısı oranı, 1,4

N Kademe sayısı , vidalı kompresör için 1

Po Kompresör çalışma basıncı, kPa

Pi Atmosfer basıncı, kPa

Ea Kompresör adiyabatik verimi

Ea 0,82 vidalı kompresör

Em Kompresör motor verimi

Yıllık enerji kazancı aşağıdaki şekilde hesaplanır;

Enerji Kazancı = Güç Kaybı × H (5.8)

Burada, H = Hava hattının yıllık basınç altında olduğu süre

Yıllık maliyet kazancı aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

Maliyet Kazancı = (Enerji Kazancı × Birim kullanma Maliyeti) (5.9)

Yukarıdaki denklemlerde hesaplanan basınçlı hava kaçaklarının maliyeti Tablo 5.13'te verilmiştir.

Tablo 5.13. Basınçlı hava kaçaklarının enerji kaybı ve maliyeti

Ölçüm No	Ekipman Adı	Ölçüm Değeri	Kaçak Noktası Hat Basıncı	Hacimsel Debi	Güç Kaybı	Yıllık Enerji Kaybı	Enerji Kaybının Maliyeti
		dB	bar	l/sn	kW	kWh/yıl	TL/yıl
1	1. Numaralı Balon Sıkma Makinası	50	6,2	1,3781	0,4976	4.279,36	950,87
3	Tüp Paketleme Hava Tabanca Hattı	55	6,2	1,4819	0,5351	4.601,86	1.022,53
9	Sanfor 2	58	6,2	1,5442	0,5576	4.795,36	1.065,53
16	4. Ram Makinası Giriş Sağ Ventil Grubu	64	6,2	1,9104	0,6898	5.932,28	1.318,15
36	12 Numaralı Boya Makinası Şartlandırıcı	72	6,2	2,5598	0,9243	7.948,98	1.766,26
50	Keumyong 124. Makina Yağ Panosu	81	6,2	3,2904	1,1881	10.217,66	2.270,36
67	Keumyong 109. Makina Yağ Panosu	85	6,2	3,6151	1,3054	11.226,44	2.494,51
TOPLAM 87 NOKTA					**62,8944**	**540.891,84**	**120.186,17**

Güç Kaybı = {(Pi*Vf*[k/(k-1)]*N*[(Po/Pi)(k-1)/(k*N)-1]}/{Ea*Em} (5.10)

Güç Kaybı = 101*(1,3781*0,001)*[1,4/(1,4-1)]*1*[(771/101)(1,4-1)/(1,4*1)-1]

/ 0,82*0,94 (5.11)

$P_{güç\ kaybı}$ = 0,4976 kW (5.12)

Enerji Kazancı = Güç Kaybı × H (5.13)

$Q_{kazanç}$ = 0,4976*8600 = 4.279,36 kWh/yıl (5.14)

Maliyet Kazancı = (Enerji Kazancı × Birim Enerji Maliyeti) (5.15)

$Q_{maliyet\ kazancı}$ = 4.279,36*0,2222 = 950,87 TL/yıl (5.16)

5.4.4. İplik, örgü ve boyama bölümü kompresörleri ekonomik analizi

İplik bölümünde bulunan kompresörlerden birine eklenecek sürücü ile elde edilebilecek tasarrufun miktarı hesaplanmıştır.

Tablo 5.14. İplik bölümü kompresörlerinden elde edilecek tasarruf miktarı

İplik Bölümü Kompresör Adı	**Boşta Çalışma Süresi**	**Enerji Tasarrufu**	**Mali Tasarruf**	**Yatırım Maliyeti**	**BGÖS**
	saat	**kWh/yıl**	**TL/yıl**	**TL**	**yıl**
1 nolu kompresör	1.320	58.792,80	13.063,76	**42.000,00**	**1,78**
2 nolu kompresör	1.120	47.241,60	10.497,08		
TOPLAM		**106.034,40**	**23.560,84**		

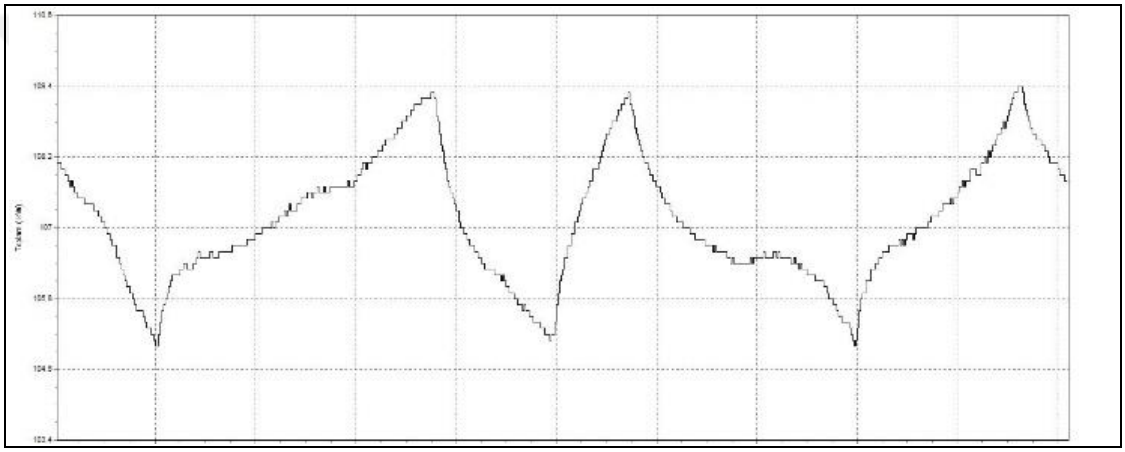
Örgü bölümündeki 1 nolu kompresörün boşa geçmesinin önüne geçilmesi ile elde edilebilecek tasarrufun miktarı hesaplanmıştır. 2 nolu kompresörün basınç set değeri düşürülerek 1 nolu kompresörün boşta çalışmasının önüne geçilmiş olup, 1 ve 2 nolu kompresörlerin her 2 çalışma durumuna göre alınan ölçümler neticesinde tasarruf miktarı hesaplanmıştır.

Örgü bölümü kompresörlerinin basınç ayarı sonrası etkin güç grafikleri Şekil 5.20 ve Şekil 5.21'de verilmiştir.

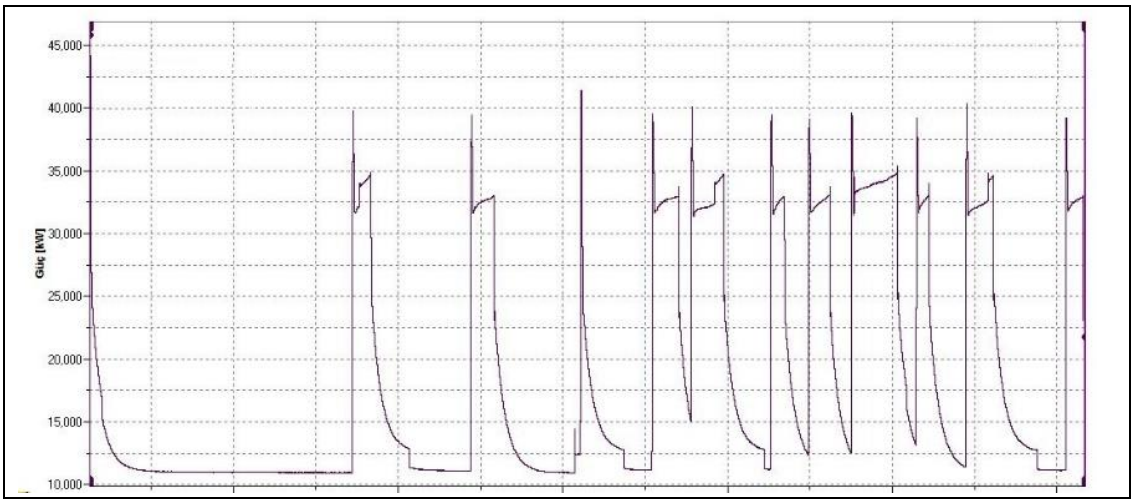
Tablo 5.15. Örgü bölümü kompresörlerinden elde edilecek tasarruf miktarı

Örgü Bölümü Kompresör Adı	Basınç Ayarı Yapıldıktan Sonra			Tasarruf		
	Basınç Set Değerleri	Ortalama Tüketim Değeri	Toplam Birim Enerji Tüketimi	Birim Enerji Tasarrufu	Enerji Tasarrufu	Mali Tasarruf
	bar	kW	kW	kW	kWh/yıl	TL/yıl
1 Nolu Kompresör	7,3-5,7	107,18	124,2	18,12	**155.832,00**	**34.625,87**
2 Nolu Kompresör	6,7-6,0	17,02				

Boyama bölümünde yapılan incelemeler ve alınan ölçümler doğrultusunda, boyama bölümü kompresörlerinde herhangi bir verimsizliğe rastlanmamıştır. Kompresörler verimli şekilde işletilmektedir.



Şekil 5.20. 1 nolu kompresör basınç ayarı sonrası aktif güç eğrisi



Şekil 5.21. 2 nolu kompresör basınç ayarı sonrası aktif güç eğrisi

5.4.5. İplik ve örgü bölümü analiz sonuçları

İplik bölümünden alınan ölçümler doğrultusunda boşta çalıştıkları tespit edilen sürücüsüz kompresörlerin boşta çalışmasının önüne geçilmesi önerilmektedir. Kompresörlerden birine eklenecek sürücü ile boşta çalışmasının önüne geçilebilecektir. Sürücüye basınç bilgisi verilerek kompresörün işletme ihtiyacına göre devrini ayarlayacağından kompresör boşa geçmeyecek, dolayısı ile tasarruf elde edilecektir. İplik bölümü kompresörlerine sürücü eklenmesi ile elde edilecek tasarruf miktarı 106.034,40 kWh/yıl'dır. Bu tasarrufun mali değeri 23.560,84 TL/yıl'dır. Sürücü maliyeti 42.000 TL ve basit geri ödeme süresi 1,78 yıl'dır.

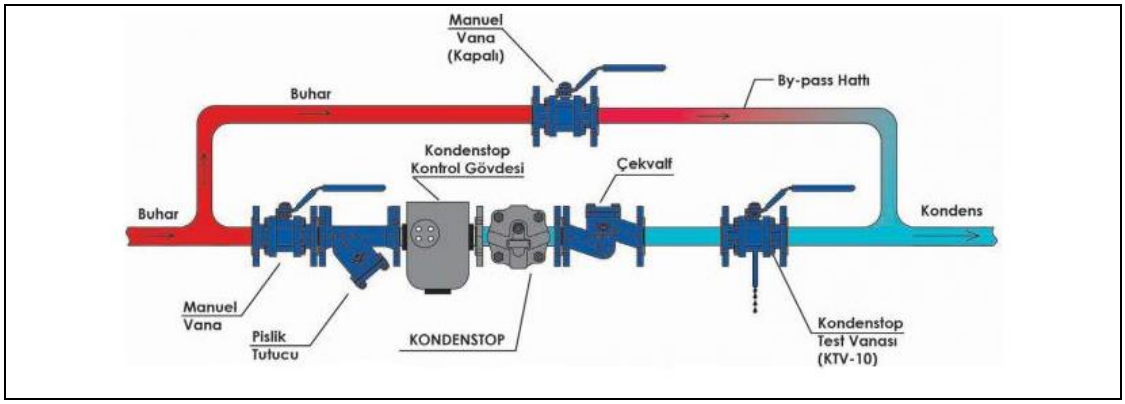
Örgü bölümünde yapılan incelemeler ve ölçümler doğrultusunda 1 nolu kompresörün boşa geçmesinin önüne geçilebilmesi ile tasarruf elde edilecektir.1 nolu kompresörün boşa geçmesinin önüne geçilebilmesi için 2 nolu kompresörün basınç set değerleri değiştirilmiştir. İlk durumda 7,3-6,7 bar aralığında çalışan 2 nolu kompresör yapılan ayar sonrasında 6,7-,6,0 bar aralığında çalıştırılmıştır. Örgü bölümü kompresörlerine basınç ayarı yapılması ile elde edilecek tasarruf miktarı 155.832,00 kWh/yıl'dır. Tasarrufun mali değeri ise 34.625,87 TL/yıl'dır.

5.4.6. Basınçlı hava kaçakları analiz sonuçları

İşletmede boyama bölümü, örgü bölümü ve iplik bölümünde ultrasonik sızıntı dedektörü ile yapılan ölçümlerde enerji tasarrufu yapılabilecek kaçak noktaları tespit edilmiştir. Fabrikada ultrasonik sızıntı dedektörüyle tespit edilen toplam 87 noktada gerçekleşen enerji kaybı 540.891,84 kWh/yıl ve kaybedilen enerjinin yıllık toplam maliyeti 120.186,17 TL/yıl'dır. Belirlenen 87 noktada kaçaklar giderilerek yılda 120.186,17 TL/yıl'lık enerji tasarrufu sağlamak mümkündür.

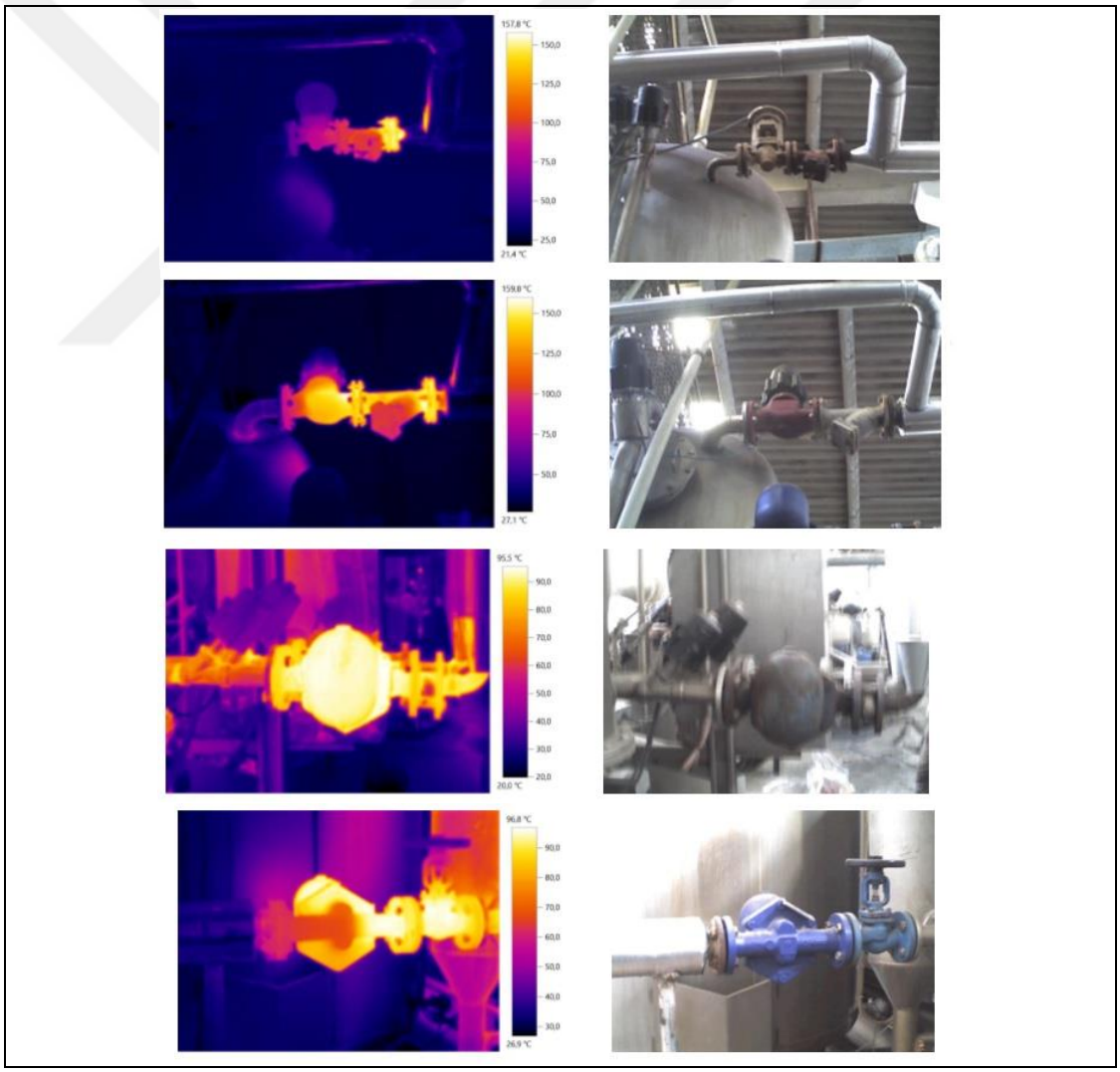
5.5. Kondenstoplar ve Buhar Kaçakları

Kondenstop veya buhar kapanı, buhar hatlarında yoğuşma sonucu oluşan kondensin sistemden dışarı atılmasını sağlayan ekipmanlardır. İşletmede bulunan buhar hatları gezilmiş ve kondenstoplar kontrol edilmiştir. Kondenstoplarda herhangi bir sorun gözlenmemiştir.



Şekil 5.22. Doğru montaj şeması

İşletmede bulunan kondenstop termal kamera fotoğrafları Şekil 25'te verilmiştir.



Şekil 5.23. 1, 4, 15 ve 28 nolu kondenstop termal kamera ölçümleri

İşletmede incelenen buhar hatlarında toplam 2 adet kaçak olduğu belirlenmiştir.

Tablo 5.16. Buhar hatlarındaki kaçaklar

Buhar Kaçağı Yeri		Buhar Basıncı (bar)	Kaçak Miktarı (kg/h)	Kaçak Miktarı (kJ/h)
1	Buhar kazanı separatör girişi	7,3	2,98	7.380,98
2	10 numaralı boya kazanı eşanjör	6,5	2,69	6.651,54



Şekil 5.24. Buhar kaçaklarına ait fotoğraflar

Buhar kaçaklarına ait hesaplamalar Tablo 5.17'de verilmiştir.

Kaçan Buhar Gücü = Kaçan Buhar Debisi x Buhar Entalpisi (5.17)

$Q_{\text{kaçan buhar}}$ = (2,98/3600) x 2.476,84 = 2,05 kW (5.18)

Kaçan Buhar Enerjisi = Kaçan Buhar Gücü x Çalışma Saati (5.19)

$Q_{\text{buhar enerjisi}}$ = 2,05 x 8568 = 17.564,4 kWh/yıl (5.20)

Kaçan Buhar Maliyeti = Kaçan Buhar Enerjisi x Buhar Birim Maliyeti (5.21)

$Q_{\text{buhar maliyeti}}$ = 17.564,4 x 0,05 = 878,22 TL/yıl (5.22)

Tablo 5.17. Buhar hatlarındaki kaçaklar

Buhar Kaçağı Yeri		Kaçak Miktarı kW	Kaçak Miktarı kWh/yıl	Mali Tasarruf TL/yıl
1	Buhar kazanı separatör girişi	2,05	17.564,4	878,22
2	10 numaralı boya kazanı eşanjör	1,85	6.105,00	305,25
Toplam			**23.669,4**	**1.183,47**

İşletmedeki kondenstoplar kontrol edilmiş ve kondenstoplarda herhangi bir sorun gözlenmemiştir. Buhar kazanı separatör girişi ve 10 numaralı boya kazanı eşanjörde buhar kaçağı olduğu tespit edilmiştir. Bu noktalarda toplamda 5,67 kg/h buhar kaçağı olduğu hesaplanmıştır. Buhar kaçaklarının giderilmesi ile toplam 23.669,4 kWh/yıl enerji tasarrufu yapmak mümkündür. Tasarrufun mali değeri 1.183,47 TL/yıl'dır.

5.6. İzolasyonlar

İşletmede yapılan izolasyon ölçümleri kapsamında boyama kazanları hariç vanalar, boyama kazanları yüzeyleri, boyama kazanları vanalar, buhar kazanı ön yüzeyi ve izolasyonsuz hat termal kamera yardımıyla taranmıştır. İncelemeler sırasında izolasyonun zayıf olduğu noktalar tespit edilmiş ve buna yönelik tasarruf hesaplamaları yapılmıştır.

Etüt çalışması kapsamında yapılan incelemelerde izolasyonun zayıf olduğu noktalar tespit edilmiş ve buna yönelik tasarruf hesaplamaları yapılmıştır. Yapılan incelemelerde, boyama kazanları hariç vanalar, boyama kazanları yüzeyleri, boyama kazanları vanalar, buhar kazanı ön yüzeyi ve izolasyonsuz hatta izolasyon eksiklikleri görülmüştür. Termal kamera ile yapılan ölçüm verileri Tablo 5.18 ila Tablo 5.22 arasında verilmiştir.

Tablo 5.18. İzolasyon ölçümleri – Boyama kazanları hariç vanalar

No	Ekipman Adı	Boru Ölçüleri (DN)	D (m)	$L_{eş\ yalıtımsız}$ (m)	$T_{yalıtımsız}$ (ºC)
2	Degazör Basınç Düşürücü Vana	65	0,07	4,42	145
6	Degazör Üstü Buhar Sayacı	150	0,17	7,29	120
17	Boya Mutfağı Üstü Vana Buhar Kollektörü	200	0,22	7,01	153
25	Sanfer 1 Kondens Vanası	25	0,03	2,48	156
53	Canlar Kurutma Hattı DN 150'lik Vana	150	0,17	7,29	150
TOPLAM 53 HARİÇ VANA					

Tablo 5.19. İzolasyon ölçümleri – Boyama kazanları yüzeyleri

Ekipman Adı		Uygulama Öncesi		
		$T_{yüzey\ (yal.sız)}$	T_{ortam}	Alan
		°C	°C	m^2
1 Nolu Boyama Kazanı	Kasar Evresi	85	28	45,835
	Boyama + Yıkama Evresi	45	28	45,835
3 Nolu Boyama Kazanı	Kasar Evresi	85	28	119,058
	Boyama + Yıkama Evresi	45	28	119,058
22 Nolu Boyama Kazanı	Kasar Evresi	85	28	165,315
	Boyama + Yıkama Evresi	45	28	165,315
28 Nolu Boyama Kazanı	Kasar Evresi	85	28	244,162
	Boyama + Yıkama Evresi	45	28	244,162
TOPLAM 24 KAZAN				

Tablo 5.20. İzolasyon ölçümleri – boyama kazanları vanalar

No.	Kazan Adı	Ekipman Adı	Boru Ölçüleri (DN)	D (m)	$L_{eş\ yalıtımsız}$ (m)	$T_{yalıtımsız}$ (ºC)
1	KAZAN-3	DN50 Gösterge İzolasyon Ceketi	50	0,06	3,56	80
5	KAZAN-3	DN80 Y Tipi Pislik Tutucu Vana Ceketi	80	0,09	5,02	80
13	KAZAN-28	DN100 Pistonlu Vana Ceketi	100	0,11	6,00	80
19	KAZAN-28	DN200 Kelebek Vana Ceketi	200	0,22	10,40	80
243	KAZAN-4	DN250 Kelebek Vana Ceketi	250	0,27	12,60	80
TOPLAM 278 VANA						

Tablo 5.21. İzolasyon ölçümleri – buhar kazanı ön yüzey

SYüzey Adı	$T_{yüzey}$	T_{ortam}
	°C	°C
Buhar kazanı sol yüzey	160	28

Tablo 5.22. İzolasyon ölçümleri – izolasyonsuz hat

Ölçüm No	Ekipman Adı	DN	L (m)	Tort. (ºC)
1	Buhar kazanından işletmeye giden dirsek	250	1	155
2	Buhara kazanı kollektör giriş	250	0,4	152
3	Buhar kazanı besi suyu hattı	80	50	94
4	Boya mutfağı üstü DN 250'lik hat	250	0,4	155
5	Boyahane sol buhar besleme hattı	150	2	157

Kısaltmalar

Termal kamera ile tespit edilen ortalama yüzey sıcaklığı : T_{ort}

Boru içerisindeki akışkan sıcaklığı : T_i

Ölçüm alınan vana çapı : D

Uygulama Öncesi Eşdeğer Uzunluk : $L_{eş,öncesi}$

Uygulama Sonrası Eşdeğer Uzunluk : $L_{eş,sonrası}$

Uygulama Öncesi eşdeğer vana yüzey alanı : $A_{eş,öncesi}$

Uygulama Öncesi eşdeğer vana yüzey alanı : $A_{eş,sonrası}$

Radyasyonla olan ısı transfer katsayısı (yalıtımlı) : h_r (W/m^2K)

Taşınım katsayısı : $h_{cısı}$ (W/m^2K)

Tasarruf hesaplamaları yapılırken kullanılan değerler;

Ortam sıcaklığı : $T_{o=}28$ ºC

Yalıtım sonrası hedeflenen yüzey sıcaklığı : T_s=35 ºC

Emissivite değeri : ε=0,93, ε=0,87, ε=0,86

Stefan-boltzmann sabiti : φ=5,67x10^{-8} (W/m^2K^4)

Eşdeğer faktörü : B=1,20 veya B=1,45

Boyama kazanları hariç vanalar ve boyama kazanları vanaları için kullanılan formüller ve tasarruf hesapları;

$$h_{r\ yalıtımsız} = 5{,}67*10^{-8} * \varepsilon * \{(T_{yalıtımsız}+273{,}15)^2 + (T_{ortam}+273{,}15)^2\} * \{(T_{yalıtımsız}+273{,}15)+(T_{ortam}+273{,}15)\} \quad (5.23)$$

$$h_{r\ yalıtımsız} = 5{,}67*10^{-8} * 0{,}87 * \{(145+273{,}15)^2 + (28+273{,}15)^2\} * \{(145+273{,}15)+(28+273{,}15)\} = 9{,}42\ W/m^{2o}K \quad (5.24)$$

$$h_{cısı} = 1{,}32 * \{(T_{yalıtımsız}-T_{ortam})\ / D\}^{0{,}25} \quad (5.25)$$

$$h_{cısı} = 1{,}32 * \{(145-28)\ / 0{,}07\}^{0{,}25} = 8{,}35\ \ W/m^{2o}K \quad (5.26)$$

$$Q_{m\ yalıtımsız} = (h_r+h_{cısı}) * (T_{yalıtımsız}-T_{ortam}) * A_{eş\ yalıtımsız} \quad (5.27)$$

$$Q_{m\ yalıtımsız} = (9{,}42+8{,}35) * (145-28) * 1{,}01 = 2.108{,}2\ W_{th} \quad (5.28)$$

$$h_{r\ yalıtımlı} = 5{,}67*10^{-8} * \varepsilon * \{(T_{yalıtımlı}+273{,}15)^2 + (T_{ortam}+273{,}15)^2\} * \{(T_{yalıtımlı}+273{,}15)+(T_{ortam}+273{,}15)\} \quad (5.29)$$

$$h_{r\ yalıtımlı} = 5{,}67*10^{-8} * 0{,}87 * \{(35+273{,}15)^2 + (28+273{,}15)^2\} * \{(35+273{,}15)+(28+273{,}15)\} = 5{,}58\ W/m^{2o}K \quad (5.30)$$

$$h_{cısı} = 1{,}32 * \{(T_{yalıtımlı}-T_{ortam})\ / D\}^{0{,}25} \quad (5.31)$$

$h_{cısı} = 1,32 * \{(35-28) / 0,07\}^{0,25} = 4,13\ W/m^{2o}K$ (5.32)

$Q_{m\ yalıtımlı} = (h_r+h_{cısı}) * (T_{yalıtımlı}-T_{ortam}) * A_{eş\ yalıtımlı}$ (5.33)

$Q_{m\ yalıtımlı} = (5,58+4,13) * (35-28) * 0,27=18,37\ W_{th}$ (5.34)

Isı Kaybı = ($Q_{m\ yalıtımsız}$-$Q_{m\ yalıtımlı}$) * Eş Değer Faktör (5.35)

$Q_{th} = (2.108,2-18,37) * 1,2 = 2.507,80\ W_{th}$ (5.36)

Yıllık Enerji Tasarrufu = Isı Kaybı x Çalışma Saati (5.37

Q = (2.507,80/1000) x 8400 = 21.065,52 kWh/yıl (5.38)

Yıllık Mali Tasarruf = Yıllık Enerji Tasarrufu x Enerji Birim Maliyeti (5.39)

Q = 21.065,52 x 0,0321 = 657,24 TL/yıl (5.40)

Boyama kazanları hariç vanalar için izolasyon tasarruf hesaplamaları Tablo 5.23'te verilmiştir.

Toplamda bulunan 53 adet boyama kazanı hariç vanasına uygulanacak vana ceketi yalıtımı ile 158,32 kW'lık ısı kaybını engellemek mümkündür. Bu uygulama ile 1.329.871,87 kWh/yıl'lık enerji tasarrufu edilmesi öngörülmektedir. Bu uygulamanın mali tasarruf miktarı ise 42.688,89 TL/yıl'dır.

Tablo 5.23. İzolasyon ölçümleri – Boyama kazanları hariç vanalar

No	Bileşen Adı	YALITIMSIZ				YALITIMLI			
		Aeş	hr	$hc_{ısı}$	Q_m	Aeş	h_r	$h_{cısı}$	Q_m
		m^2	$W/m^{2o}K$	$W/m^{2o}K$	kW	m^2	$W/m^{2o}K$	$W/m^{2o}K$	kW
2	Degazör basınç düşürücü vana	1,01	9,42	8,35	2,11	0,27	5,58	4,13	0,02
6	Degazör üstü buhar sayacı	3,85	8,40	6,38	5,24	1,27	5,58	3,35	0,08
17	Boya mutfağı üstü vana buhar kollektörü	7,64	9,77	6,45	15,5	2,21	5,58	3,14	0,13
25	Sanfer 1 kondens vanası	0,27	9,9	10,36	0,7	0,08	5,58	5,01	0,006
53	Canlar kurutma hattı vana	4,57	9,64	6,85	9,2	0,46	5,58	3,35	0,03

Boyama kazan yüzeyleri için izolasyon tasarruf hesaplamaları Tablo 5.24'te verilmiştir.

$U_r = \{ (5,67*Emissivite) / (T_{yüzey}-T_{ortam}) \} * \{ ((273+T_{yüzey})/100)^4 - ((273+T_{ortam})/100)^4 \}$ (5.41)

$U_{r\ yalıtımsız} = \{(5,67*0,86) / (85-28)\} * \{((273+85)/100)^4 - ((273+28)/100)^4\}$

$= 7,03\ W/m^{2o}K$ (5.42)

$U_{r\ yalıtımlı} = \{(5,67*0,86) / (35-28)\} * \{((273+35)/100)^4 - ((273+28)/100)^4\}$

$= 5,51\ W/m^{2o}K$ (5.43)

U_c = B (Eş değer faktör) * ($T_{yüzey}$-T_{ortam})^{0,25} (5.44)

$U_{c\ yalıtımsız} = 1,2 * (85-28)^{0,25} = 3,30\ W/m^{2o}K$ (5.45)

$U_{c\ yalıtımlı} = 1,2 * (35-28)^{0,25} = 1,95\ W/m^{2o}K$ (5.46)

Yüzeydeki Isı Kaybı = (U_r+U_c) * Alan * ($T_{yüzey}$-T_{ortam}) (5.47)

$Q_{yalıtımsız\ ısı\ kaybı} = (7,03+3,30) * 45,835 * (84-28) = 26.988,11\ W$ (5.48)

$Q_{yalıtımlı\ ısı\ kaybı} = (5,51+1,95) * 45,835 * (35-28) = 2.393,50\ W$ (5.49)

Enerji Tasarrufu = (Net Isı Kaybı/Kazan Verimi) * Çalışma Saati (5.50)

$Q = [(26.988,11-2.393,5)/(1000*0,8)] * 2.160 = 66.405,45\ kWh/yıl$ (5.51)

Mali Enerji Tasarrufu = Enerji Tasarrufu * Enerji Birim Maliyeti (5.52)

$Q = 66.405,45 * 0,0321 = 2.131,61\ TL/yıl$ (5.53)

Toplamda bulunan 24 adet boyama kazanına uygulanacak kazan ceketi yalıtımı ile iki farklı işlemde 1.324,49 kW'lık ısı kaybını engellemek mümkündür. Bu uygulama ile 4.190.546,33 kWh/yıl'lık enerji tasarrufu edilmesi öngörülmektedir. Bu uygulamanın mali tasarruf miktarı ise 134.516,54 TL/yıl'dır.

Boyama kazanları vanalar için izolasyon tasarruf hesaplamaları Tablo 5.25'te verilmiştir.

Toplamda bulunan 278 adet boyama kazanı vanasına uygulanacak vana ceketi yalıtımı ile 588,88 kW'lık ısı kaybını engellemek mümkündür. Bu uygulama ile 2.455.576,40 kWh/yıl'lık enerji tasarrufu edilmesi öngörülmektedir. Bu uygulamanın mali tasarruf miktarı ise 78.824,00 TL/yıl'dır.

Buhar kazanı ön yüzey için izolasyon tasarruf hesaplamaları Tablo 5.26'da verilmiştir.

İzolasyonsuz hatlar için izolasyon tasarruf hesaplamaları Tablo 5.27'de verilmiştir.

İşletmede izolasyon ölçümleri kapsamında boyama kazanları hariç vanalar, boyama kazanları yüzeyleri, boyama kazanları vanalar, buhar kazanı ön yüzeyi ve izolasyonsuz hat termal kamera yardımıyla taranmıştır. Yapılan ölçümlerde izolasyonun zayıf olduğu 53 tane boyama kazanı hariç vana, 24 tane boyama kazanı yüzeyi, 278 tane boyama kazanı vanası, buhar kazanı sol yüzeyi ve 5 tane izolasyonsuz hat tespit edilmiştir.

Tablo 5.24. İzolasyon ölçümleri – boyama kazan yüzeyleri

Ekipman Adı		YALITIMSIZ					YALITIMLI			
		$T_{yalıtımsız yüzey}$	T_{ortam}	Alan	Ur	Uc	$T_{yalıtımlı yüzey}$	T_{ortam}	Ur	Uc
		°C	°C	m^2	$W/m^{2o}K$	$W/m^{2o}K$	°C	°C	$W/m^{2o}K$	$W/m^{2o}K$
1 Nolu Boyama Kazanı	Kasar Evresi	85	28	45,835	7,03	3,3	35	28	5,51	1,95
	Boyama + Yıkama Evresi	45	28	45,835	5,79	2,44	35	28	5,51	1,95
3 Nolu Boyama Kazanı	Kasar Evresi	85	28	119,058	7,03	3,3	35	28	5,51	1,95
	Boyama + Yıkama Evresi	45	28	119,058	5,79	2,44	35	28	5,51	1,95
22 Nolu Boyama Kazanı	Kasar Evresi	85	28	165,315	7,03	3,3	35	28	5,51	1,95
	Boyama + Yıkama Evresi	45	28	165,315	5,79	2,44	35	28	5,51	1,95
28 Nolu Boyama Kazanı	Kasar Evresi	85	28	244,162	7,03	3,3	35	28	5,51	1,95
	Boyama + Yıkama Evresi	45	28	244,162	5,79	2,44	35	28	5,51	1,95

TOPLAM 24 KAZAN

Ekipman Adı		Yalıtımsız Yüzeyde Isı Kaybı	Yalıtımlı Yüzeyde Isı Kaybı	Tasarruf			
				Net Isı Kaybı	Çalışma Saati	Enerji Kaybı	Mali Kayıp
		W	W	W	h/yıl	kWh/yıl	TL/yıl
1 Nolu Boyama Kazanı	Kasar Evresi	26.988,11	2.393,50	24.594,61	2.160	66.405,45	1.705,29
	Boyama + Yıkama Evresi	6.412,77	2.393,50	4.019,27	4.802	24.125,67	619,55
3 Nolu Boyama Kazanı	Kasar Evresi	70.102,36	6.217,19	63.885,17	2.160	172.489,96	4.429,54
	Boyama + Yıkama Evresi	16.657,36	6.217,19	10.440,17	4.802	62.667,12	1.609,29
22 Nolu Boyama Kazanı	Kasar Evresi	97.339,13	8.632,75	88.706,38	2.160	239.507,23	6.150,55
	Boyama + Yıkama Evresi	23.129,22	8.632,75	14.496,47	4.802	87.015,06	2.234,55
28 Nolu Boyama Kazanı	Kasar Evresi	143.764,73	12.750,11	131.014,62	2.160	353.739,47	9.084,03
	Boyama + Yıkama Evresi	34.160,64	12.750,11	21.410,53	4.802	128.516,71	3.300,31
TOPLAM 24 KAZAN		**1.546.075,76**	**221.583,26**	**1.324.492,50**		**4.190.546,33**	**134.516,54**

Tablo 5.25. İzolasyon ile ilgili tasarruf hesaplamaları-boyama kazanları vanalar

No	Ekipman Adı		YALITIMSIZ				YALITIMLI			
			Aeş	hr	hcısı	Q_m	Aeş	h_r	$h_{cısı}$	Q_m
			m^2	$W/m^{2o}K$	$W/m^{2o}K$	kWth	m^2	$W/m^{2o}K$	$W/m^{2o}K$	kWth
1	KAZAN-3	DN50 Gösterge İzolasyon Ceketi	0,67	9,53	8,67	1,37	0,19	5,77	4,33	0,013
5	KAZAN-3	DN80 Y Tipi Pislik Tutucu Vana Ceketi	1,4	9,53	7,86	2,73	0,38	5,77	3,93	0,026
13	KAZAN-28	DN100 Pistonlu Vana Ceketi	2,15	9,53	7,39	4,1	0,58	5,77	3,69	0,038
19	KAZAN-28	DN200 Kelebek Vana Ceketi	7,15	9,53	6,28	12,7	2,21	5,77	3,14	0,14
243	KAZAN-4	DN250 Kelebek Vana Ceketi	10,68	9,53	5,96	18,5	3,39	5,77	2,98	0,21

Tablo 5.26. Buhar kazanı ön yüzey

	Uygulama Öncesi				Uygulama Sonrası				
Yüzey Adı	**Alan**	**U_r**	**U_c**	**Yüzeydeki ısı kaybı**	**$T_{yüzey}$**	**T_{ortam}**	**Ur**	**Uc**	**Yüzeydeki ısı kaybı**
	m^2	**Watt / m^2 °K**	**Watt / m^2 °K**	**Watt**	**°C**	**°C**	**Watt / m^2 °K**	**Watt / m^2 °K**	**Watt**
Buhar kazanı sol yüzey	7,2	10,78	4,91	14.911,78	35	28	5,96	2,36	419,33
	Tasarruf								
Yüzey Adı	**Net Isı Kaybı**		**Birim Enerji Tasarrufu**		**Çalışma Saati**		**Enerji Kaybı**		**Mali Kayıp**
	Watt		**Watt**		**h/yıl**		**kWh/yıl**		**TL/yıl**
Buhar kazanı sol yüzey	14.492,45		18.115,56		8.400		152.170,73		4.884,68

Tablo 5.27. İzolasyonsuz hat

No	Ekipman Adı	Yüzey Alanı	Mevcut Durum			Uygulama Sonrası		
			hr	hcısı	Q_m	h_r	$h_{cısı}$	Q_m
		(m^2)	W/m2°K	W/m2°K	(Wth)	W/m2°K	W/m2°K	Wth
1	Buhar kazanından işletmeye giden dirsek	0,27	10,54	6,15	572,3	5,96	2,98	16,9
2	Buhara kazanı kollektör giriş	0,11	10,4	6,11	225,2	5,96	2,98	6,88
3	Buhar kazanı besi suyu hattı	4,45	7,95	6,89	4.358,51	5,96	3,93	308,07
4	Boya mutfağı üstü DN 250'lik hat	0,11	10,54	6,15	233,16	5,96	2,98	6,88
5	Boyahane sol buhar besleme hattı	0,34	10,63	6,95	771,06	5,96	3,35	22,16

No	Ekipman Adı	Tasarruf			
		Isı Kaybı	Birim Enerji Kaybı	Yıllık Enerji Tasarrufu	Mali Tasarruf
		Wth	Wth	kWhth/yıl	TL/yıl
1	Buhar kazanından işletmeye giden dirsek	555,4	694,25	5.948,33	190,94
2	Buhara kazanı kollektör giriş	218,32	272,90	2.338,21	75,06
3	Buhar kazanı besi suyu hattı	4.050,44	5.063,05	43.380,21	1.392,50
4	Boya mutfağı üstü DN 250'lik hat	226,28	282,85	2.423,46	77,79
5	Boyahane sol buhar besleme hattı	748,9	936,13	8.020,72	257,47
TOPLAM		**5.799,34**	**7.249,18**	**62.110,93**	**1.993,76**

Bu noktalara izolasyon uygulaması sayesinde elde edilebilecek toplam enerji tasarrufu 8.190.276,26 kWh/yıl'dır. Tasarrufun mali değeri 262.907,87 TL/yıl'dır. İzolasyon uygulamalarının toplam yatırım maliyeti 561.407,72 TL olarak hesaplanmıştır. Bu yatırımın geri ödeme süresi 2,14 yıl olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.28. Tasarruf hesapları

Önlemler	Tasarruf Miktarı			Yatırım Maliyeti	BGÖS
	Miktar	Birim	TL/yıl	TL	yıl
Boyama kazanları hariç vanalar için izolasyon	1.329.871,87	kWh	42.688,89	**561.407,72**	**2,14**
Kazan yüzeyleri için izolasyon	4.190.546,33	kWh	134.516,54		
Boyama kazanları vanaları için izolasyon	2.455.576,40	kWh	78.824,00		
Buhar kazanı ön yüzey için izolasyon	152.170,73	kWh	4.884,68		
İzolasyonsuz hat için izolasyon	62.110,93	kWh	1.993,76		
Toplam	**8.190.276,26**	**kWh**	**262.907,87**		

5.7. Ring İplik Makineleri

Ring iplik makineleri 3 görevi yerine getirirler; İlki fitili istenen iplik numunesine çekerek inceltmek, ikincisi ipliğe büküm vererek yeterli mukavemeti sağlamak, son olaraksa ipliği masuraya sarmaktır.



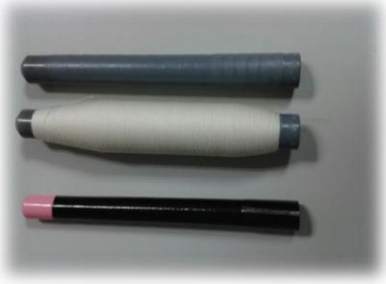
Şekil 5.25. Ring iplik makineleri

9 nolu Ring iplik makinesinden alınan ölçümler Tablo 5.29'da verilmiştir.

Tablo 5.29. 9 Nolu Ring iplik makinesi için alınan ölçümler

Makine Adı	Masura Sayısı	Boş Masura Ağırlığı	Dolu Masura Ağırlığı	Net İplik	Toplam Üretim	Zaman	Ortalama Enerji
	adet	gram	gram	gram	kg	dk	kW
9 Nolu Ring İplik Makinesi	1.632	41,2	89,15	47,95	78,25	96	57,79

Eski masuralar yerine yeni daha hafif masura alınması ile masuraların ağırlıkları azalacağından dönme etkisi ile oluşan merkezkaç kuvvetinin düşmesi enerji tüketimlerini azalacaktır.



Şekil 5.26. Mevcut masura ve yeni masura

Tablo 5.30. Ring iplik makinesi masura değişimi ile gerçekleşecek tasarruf miktarı

Makine Sayısı	Tasarruf Oranı	Makine Enerji Tüketimi	Makine Başına Birim Enerji Tasarrufu	Enerji Tasarrufu	Mali Tasarruf	Yatırım Maliyeti	BGÖS
adet	%	kW	kW	kWh/yıl	TL/yıl	TL	yıl
10	6	57,79	3,47	291.480,00	64.766,86	295.000,00	4,55

Ring iplik makinelerinde bulunan masuraların değiştirilmesi önerilmektedir. Eski masuralar yerine yeni daha hafif masura alınması ile makinelerin enerji tüketimleri azaltılacaktır. Ağırlıklar azalacağından dönme etkisi ile oluşan merkezkaç kuvvetinin düşmesi enerji tüketimlerini azaltacaktır. 10 adet ring iplik makinesi masura değişimi ile gerçekleşecek olan tasarruf miktarı 291.480,00 kWh/yıl'dır. Tasarrufun mali değeri 64.766,86 TL/yıl'dır. Masura değişimi için gerekli yatırım maliyeti 295.000,00 TL ve basit geri ödeme süresi 4,55 yıl'dır.

5.8. Ramöz Makineleri

İşletmede kızgın yağ ile kurutma ve apre yapan toplam 4 adet ram makinesi mevcuttur.



Şekil 5.27. Ramöz makinaları

Kızgın yağ kazanlarından alınan ölçümler Tablo 32'de verilmiştir.

İşletmede kızgın yağ ile kurutma ve apre yapan toplam 4 adet ram makinesinin revizyonu yapılarak, sadece doğalgaz brülörlü sisteme geçilmesi düşünülmektedir.

Kızgın yağ kazanı tamamen ortadan kaldırılacaktır. Bu öneriye ait hesaplamalar Tablo 5.33, Tablo 5.34 ve Tablo 5.35'de verilmiştir.

Tablo 5.31. Kızgın yağ kazanından alınan ölçümler

Kazan Adı	Kızgın Yağ Kazanı Birim Elektrik Tüketimi	Kızgın Yağ Kazanı Ortalama Kömür Tüketimi	Kızgın Yağ Debisi	Kızgın Yağın Yoğunluğu	Kızgın Yağ Gidiş Sıcaklığı (Ort.)	Kızgın Yağ Dönüş Sıcaklığı (Ort.)	Kızgın Yağ Kazanı Ortalama Çalışma Süresi
Kızgın Yağ Kazanı	kW	ton/gün	m³/h	kg/m³	°C	°C	Saat
	214	43,8	313	703,5	261,67	242,98	6.930

Tablo 5.32. Ramöz makinalarından alınan ölçümler

Ramöz Adı	Ramöz Makineleri Doğalgaz Tüketimi	Brülör Yakma Fanları Birim Enerji Tüketimleri	Çalışma Saati
	Sm³/gün	kW	Saat
4 Adet Ramöz	7.577,78	60	6.930

Kazana Verilen Enerji = Kömür Tüketimi * Kızgın Yağ Yoğunluğu (5.54)

$Q_{kazan\ enerjisi}$ = (43,8/24) * (703,5/860) * 1000 = 5.729,65 kW (5.55)

Kazanda Üretilen Enerji = Yağ Debisi * Yağ Yoğunluğu * Entalpi Farkı (5.56)

$Q_{üretilen\ enerji}$ = (313/3600) * 703,5 * 49,52 = 3.028,91 kW (5.57)

Kazan Verimi = Kazanda Üretilen Enerji / Kazana Verilen Enerji * 100 (5.58)

η_{kazan} = (3.028,91/5.729,65) * 100 = % 52,86 (5.59)

Ramlara Aktarılan Kızgın Yağ Enerjisi = Üretilen Enerji * Çalışma Saati (5.60)

$Q_{ramözlere\ aktarılan\ enerji}$ = 3.028,91 * 6930 = 20.990.356,23 kWh/yıl (5.61)

Tablo 5.33. Kızgın yağ kazanı ile ilgili hesaplamalar

Kazan Adı	Kızgın Yağ Kazanı Birim Elektrik Tüketimi	Kızgın Yağ Kazanı Elektrik Tüketimi	Kızgın Yağ Kazanı Verimi	Kızgın Yağ Kazanına Verilen Enerji Miktarı	Kızgın Yağın Entalpi Farkı	Kızgın Yağdan Ramöz Makinelerine Aktarılan Birim Enerji	Kızgın Yağdan Ramöz Makinelerine Aktarılan Enerji
Kızgın Yağ Kazanı	kW	kWh/yıl	%	kW	kj/kg	kW	kWh/yıl
	214	1.483.020,00	52,86	5.729,65	49,52	3.028,91	20.990.346,30

Tablo 5.34. Ramöz makinaları doğalgaz ve elektrik tüketim değerleri

Ramöz Adı	Ramöz Makineleri Doğalgaz Birim Enerji Tüketimi	Ramöz Makineleri Doğalgaz Enerji Tüketimi	Brülör Yakma Fanları Enerji Tüketimi
	kW	kWh/yıl	kWh/yıl
4 Adet Ramöz	3.028,91	20.990.346,30	415.800,00

Tablo 5.35. Tasarruf miktarı

Kızgın Yağ Toplam Tüketim			Brülörlü Sistem Toplam Tüketim		Tasarruf Miktarı	Yatırım	BGÖS
Kömür		Elektrik	Doğalgaz	Elektrik			
ton/yıl	kWh/yıl	kWh/yıl	kWh/yıl	kWh/yıl	TL/yıl	TL	yıl
15.330,00	48.129.069,77	1.483.020,00	20.990.346,30	415.800,00	154.117,84	800.000,00	5,19

Kızgın yağ ile kurutma ve apre yapan toplam 4 adet ram makinesinin revize edilerek sadece brülörlü sisteme geçilmesi ile elde edilecek tasarruf miktarı 28.205.943,47 kWh/yıl'dır. Bu tasarrufun mali değeri 154.117,84 TL/yıl'dır. Yatırım maliyeti 800.000,00 TL ve basit geri ödeme süresi 5,19 yıl'dır.

5.9. Aydınlatma Sistemleri

Etüt çalışması sırasında fabrika genelinde cıva buharlı ve floresan armatürlerin kullanıldığı tespit edilmiştir. Mevcutta bulunan bu armatürlerin, çok daha verimli olan LED armatürler ile değiştirilmesi ile ilgili analizler aşağıda verilmiştir.

Aydınlatma sistemi analizlerinde, mevcut armatürlerin ölçümleri yapılmış olup ölçüm değerleri referans alınarak değişim hesapları yapılmıştır.

Tesisteki mevcut armatürlerin verimli armatürler ile birebir değişimiyle ilgili analizler aşağıda verilmiştir. Armatür değişiminde, mevcut armatürlerin yerine daha az enerji tüketen LED armatürler seçilmiştir.

Tablo 5.36. Mevcut aydınlatma bilgileri

Yer	Lamba Tipi	Toplam Lamba Sayısı	Birim Armatür Gücü	Toplam Armatür Gücü (Kurulu Güç)	Yıllık Çalışma Saati	Yıllık Enerji Tüketimi
		(adet)	(W)	(W)	(saat/yıl)	(kWh/yıl)
İplik Openend-Ring İşletme	Floresan	1034	58,6	60.592	8.640	523.518,34
	Floresan	80	117,2	4.688	8.640	40.504,32
	Floresan	143	38,2	5.463	8.640	47.196,86
	Floresan	35	58,6	2.051	8.640	17.720,64
	Civa Buharlı	33	133,6	4.409	4.320	19.046,02
Boyahane İşletme	Floresan	75	58,6	4.395	4.320	18.986,40
	Floresan	90	38,2	3.438	4.320	14.852,16
	Tasarruflu Ampul	40	39,1	1.564	4.320	6.756,48
	Civa Buharlı	10	133,6	1.336	4.320	5.771,52
Örgü İşletme	Floresan	494	38,2	18.871	8.640	163.043,71
	T5 Floresan	32	166,8	2.669	8.640	23.058,43
	Civa Buharlı	4	133,6	534	4.320	2.308,61
TOPLAM	-	**2.070**	-	**110.010**		**882.763,49**

Tablo 5.37. Henüz LED olmayan aydınlatma armatürleri yerine önerilen lamba/armatürler

Lamba Tipi	Birim Lamba Gücü	Önerilen Lamba/Armatür	Birim Lamba Gücü	Birim Lamba/ Armatür Maliyeti
	(W)		(W)	(TL)
Floresan	58,6	OMEGA ETANJ 40W	40,00	160,00
Civa Buharlı	133,6	MULTİPRO 50W	50,00	250,00
T5 Floresan	83,4	YÜKSEK TAVAN 75W	75,00	345,00
Floresan	38,2	OMEGA ETANJ 20W	20,00	125,00
Tasarruflu ampul	39,1	LED AMPUL E27 8W	8,00	10,00

Henüz LED dönüşümü yapılmamış olan mevcut armatürlerin daha verimli olan LED armatürler ile değiştirilmesi enerji tasarrufu açısından büyük önem taşımaktadır. Mevcut armatürlerin daha verimli olan LED armatürlerle değiştirilmesi ile 322.589,09 kWh/yıl enerji tasarrufu sağlanacağı öngörülmektedir. Bu tasarrufun mali değeri 71.679,30 TL/yıl'dır. Uygulamanın yatırım bedeli 308.025,00 TL'dir. Uygulamanın basit geri ödeme süresi 4,30 yıl'dır.

Tablo 5.38. Aydınlatma değişimi tasarruf analizi

		Fabrika Sahası (Açık ve Kapalı Alan)
Mevcut Durumda Yıllık Tüketim (kWh/yıl)	:	882.763,49
LED Sistemi Yıllık Tüketim (kWh/yıl)	:	560.174,40
Fiziksel Tasarruf Miktarı (kWh/yıl)	**:**	**322.589,09**
Önlenecek CO_2 Miktarı (ton/yıl)	:	188,0694383
Fiziksel Verimlilik (%)	**:**	**36,54%**
Elektrik Birim Fiyatı (TL/kWh)	:	0,2222
Yıllık Toplam Tasarruf Miktarı (TL/yıl)	**:**	**71.679,30**
Yatırım Miktarı (TL)	:	308.025,00
Geri Ödeme Süresi (yıl)	**:**	**4,30**

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tekstil sanayisi, Türkiye'nin ihracatı ve ekonomisinde özel bir yere sahiptir. Tekstil sanayisinde enerji verimliliği fırsatlarının belirlenmesi amacıyla bu tez çalışması yapılmıştır. Enerji verimliliği çerçevesinde entegre bir tekstil fabrikası, detaylı enerji etüdü kapsamında incelenmiştir.

Bu çalışma kapsamında işletmedeki klima santralleri, pompalar, kojenerasyon tesisi, basınçlı hava sistemleri, kondenstoplar, buhar kaçakları ve izolasyonlar, ring iplik makineleri, ram makineleri ve aydınlatma sistemleri incelenmiştir. Ölçüm sonuçları enerji verimliliği açısından irdelenmiş, enerji tasarruf potansiyelleri ve alınması gereken önlemlere dikkat çekilmiştir. Böylece işletme için enerji tasarruf hedefinin ne olacağı ortaya konulmuştur.

- Klima santrallerinde bulunan fanların sıcaklık ve nem değerine göre kendini ayarlaması veya işletmenin kendi ihtiyacına göre sürücüleri ayarlaması düşünülmektedir. Buna göre elde edilebilecek enerji tasarruf miktarı 427.728,00 kWh/yıl'dır. Tasarrufun mali değeri 95.041,16 TL/yıl'dır. Sürücü uygulaması yatırım maliyeti 87.000,00 TL ve bu yatırımın basit geri ödeme süresi 0,92 yıl'dır.
- Kojenerasyon Enercon Eşanjör Pompası ve Osmoz Su Pompa-2 (VSD'li 43 Hz) sistem verimlerinin beklenen aralıkta olduğu tespit edilmiştir. Osmoz Su Pompa-1 (VSD'li 40 Hz) ve Temiz Su Havuz Pompası (VSD'li 38 Hz) ihtiyaca göre değişen frekanslarda çalıştırıldığı için elde edilen sistem verim değerleri uygun karşılanmaktadır. Kuyu pompaları için ise yapılacak pompa seçimlerinin verimleri yaklaşık olarak %48-49 civarında olacaktır. Yeni pompa için yatırım yapmak fizıbıl olmayacaktır. İplik bölümü-hidrofor pompası için yapılan seçim sonucunda yeni pompa verimi yaklaşık %56,50 civarında olacaktır. Yapılacak yatırımlar fizıbıl olmayacağından pompalar için değişim önerisinde bulunulmamıştır.
- Kojenerasyon sisteminde enerji denkliği yöntemi ile verim hesaplamaları yapılmıştır. Hem elektrik hem de ısı enerjisinden istifade edilen sistemin verimli işletildiği tespit edilmiştir.

- İplik bölümünden alınan ölçümler doğrultusunda boşta çalıştıkları tespit edilen sürücüsüz kompresörlerin boşta çalışmasının önüne geçilmesi önerilmektedir. Kompresörlerden birine eklenecek sürücü ile boşta çalışmasının önüne geçilebilecektir. Sürücüye basınç bilgisi verilerek kompresörün işletme ihtiyacına göre devrini ayarlayacağından kompresör boşa geçmeyecek, dolayısı ile tasarruf elde edilecektir. İplik bölümü kompresörlerine sürücü eklenmesi ile elde edilecek tasarruf miktarı 106.034,40 kWh/yıl'dır. Bu tasarrufun mali değeri 23.560,84 TL/yıl'dır. Sürücü maliyeti 42.000 TL ve basit geri ödeme süresi 1,78 yıl'dır.
- Örgü bölümünde yapılan incelemeler ve ölçümler doğrultusunda 1 nolu kompresörün boşa geçmesinin önüne geçilebilmesi ile tasarruf elde edilecektir. 1 nolu kompresörün boşa geçmesinin önüne geçilebilmesi için 2 nolu kompresörün basınç set değerleri değiştirilmiştir. İlk durumda 7,3-6,7 bar aralığında çalışan 2 nolu kompresör yapılan ayar sonrasında 6,7-,6,0 bar aralığında çalıştırılmıştır. Örgü bölümü kompresörlerine basınç ayarı yapılması ile elde edilecek tasarruf miktarı 155.832,00 kWh/yıl'dır. Tasarrufun mali değeri ise 34.625,87 TL'dir.
- Boyama bölümü, örgü bölümü ve iplik bölümünde ultrasonik sızıntı dedektörü ile yapılan ölçümlerde enerji tasarrufu yapılabilecek kaçak noktaları tespit edilmiştir. Fabrikada ultrasonik sızıntı dedektörüyle tespit edilen toplam 87 noktada gerçekleşen enerji kaybı 540.891,84 kWh/yıl ve kaybedilen enerjinin yıllık toplam maliyeti 120.186,17 TL/yıl'dır. Belirlenen 87 noktada kaçaklar giderilerek yılda 120.186,17 TL/yıl'lık enerji tasarrufu sağlamak mümkündür.
- İşletmedeki kondenstoplar kontrol edilmiş ve kondenstoplarda herhangi bir sorun gözlenmemiştir.
- Buhar kazanı separatör girişi ve 10 numaralı boya kazanı eşanjöründe buhar kaçağı olduğu tespit edilmiştir. Bu noktalarda toplamda 5,67 kg/h buhar kaçağı olduğu hesaplanmıştır. Buhar kaçaklarının giderilmesi ile toplam 23.669,4 kWh/yıl enerji tasarrufu yapmak mümkündür. Tasarrufun mali değeri 1.183,47 TL/yıl'dır.
- İşletmede izolasyon ölçümleri kapsamında boyama kazanları hariç vanalar, boyama kazanları yüzeyleri, boyama kazanları vanalar, buhar kazanı ön yüzeyi ve izolasyonsuz hat termal kamera yardımıyla taranmıştır. Yapılan ölçümlerde izolasyonun zayıf olduğu 53 tane boyama kazanı hariç vana, 24 tane boyama kazanı yüzeyi, 278 tane boyama kazanı vanası, buhar kazanı sol yüzeyi ve 5 tane izolasyonsuz hat tespit edilmiştir.

Bu noktalara izolasyon uygulaması sayesinde elde edilebilecek toplam enerji tasarrufu 8.910.276,26 kWh/yıl'dır. Tasarrufun mali değeri 262.907,87 TL/yıl'dır. İzolasyon uygulamalarının toplam yatırım maliyeti 561.407,72 TL olarak hesaplanmıştır. Bu yatırımın geri ödeme süresi 2,14 yıl olarak hesaplanmıştır.

- Ring iplik makinelerinde bulunan masuraların değiştirilmesi önerilmektedir. Eski masuralar yerine yeni daha hafif masura alınması ile makinelerin enerji tüketimleri azaltılacaktır. Ağırlıklar azalacağından dönme etkisi ile oluşan merkezkaç kuvvetinin düşmesi enerji tüketimlerini azaltacaktır. 10 adet ring iplik makinesi masura değişimi ile gerçekleşecek olan tasarruf miktarı 291.480,00 kWh/yıl'dır. Tasarrufun mali değeri 64.766,86 TL/yıl'dır. Masura değişimi için gerekli yatırım maliyeti 295.000,00 TL ve basit geri ödeme süresi 4,55 yıl'dır.
- Kızgın yağ ile kurutma ve apre yapan toplam 4 adet ram makinesinin revize edilerek sadece doğalgaz brülörlü sisteme geçilmesi ile elde edilecek tasarruf miktarı 28.205.943,47 kWh/yıl'dır. Bu tasarrufun mali değeri 154.117,84 TL/yıl'dır. Yatırım maliyeti 800.000,00 TL ve basit geri ödeme süresi 5,19 yıl'dır.
- Henüz LED dönüşümü yapılmamış olan mevcut armatürlerin daha verimli olan LED armatürler ile değiştirilmesi enerji tasarrufu açısından büyük önem taşımaktadır. Mevcut armatürlerin daha verimli olan LED armatürlerle değiştirilmesi ile 322.589,09 kWh/yıl enerji tasarrufu sağlanacağı öngörülmektedir. Bu tasarrufun mali değeri 71.675,30 TL/yıl'dır. Uygulamanın yatırım bedeli 308.025,00 TL'dir. Uygulamanın basit geri ödeme süresi 4,30 yıl'dır.
- Etkin bir bilinçlendirme programı, kuruluşların işletme giderlerinin düşürülmesi için, kolay, düşük giderli ve düşük riskli bir olanaktır. Uzun süreli bir enerji yönetimi programıyla bağlantı kurularak, kuruluşta, ücretsiz işletme ve bakım kaynaklarını devam ettirecek giderlerden tasarruf sağlanma potansiyeli olacaktır.

KAYNAKLAR

[1] Öztürk E., Coşkun C., Oktay Z., Tekstil Klima Santralleri İçin Enerji Tasarrufu Bağlamında Pratik Bir Çalışma, *Tesisat Mühendisliği*, 2012, (127), 47-51.

[2] Akgün M., Özçelik Ç., Özturkut Ü., Bulut N., Denizli İli Sanayide Enerji Verimliliği Potansiyeli Taraması Proje Sonuç Raporu, *Enverder Denizli Şubesi*, TR32/13/DFT, 2-8, 2014.

[3] Çınar T., Tekstil Sanayisinde Enerji Yönetimi ve Enerji Verimlilik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2008, 179483.

[4] Narin M., Akdemir S., Enerji Verimliliği Ve Türkiye, *Uluslararası Ekonomi Konferansı-Türkiye Ekonomik Kurumu UEK-TEK*, Ankara, Türkiye, 11-13 Eylül 2006.

[5] Koç E., Kaplan E., Tekstil Terbiye İşletmelerinde Enerji Kullanımı-Genel Değerlendirme, *Tekstil Ve Mühendis*, 2007, (65), 39-47.

[6] Yamankaradeniz N., Coşkun S., Can M., Tekstil Sanayiinde Atık Isıdan Yararlanılarak Enerji Tasarrufunda Klasik Sistem İle Isı Pompasının Karşılaştırılması, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2007, **12**(1), 115-124.

[7] Bereket S., Tekstil Sektöründe Enerji Verimliliği, Boyahanelerde Atık Isı Geri Kazanımı, *8. Enerji Verimliliği Forumu ve Fuarı*, İstanbul, Türkiye, 11-12 Ocak 2017.

[8] İnciroğlu Y. E., Tekstil Sektöründe Kumaş Kurutma Prosesinde Elektrostatik Filtrasyon Yöntemiyle Atık Isı Geri Kazanımı, *8. Enerji Verimliliği Forumu ve Fuarı*, İstanbul, Türkiye, 11-12 Ocak 2017.

[9] Şekkeli M., İmal M., Kılıç E., Dinçer F., Tekstil Fabrikası Boya Tesisinde Scada Yazılımlı Isı Geri Kazanım Otomasyonu ve Uygulaması, *5. Otomasyon Sempozyumu*, İzmir, 7-10 Mayıs 2009.

[10] Çuha D., Santrifüj Pompa Sistemlerinde Enerji Tasarrufu, *Türk Tesisat Mühendisleri Derneği*, 2005, (40), 13-17.

[11] Elhanan A. E., Derbentli T., Gaz Türbinli Kojenerasyonla Elektrik Üretimi ve Soğutma, *İTÜ/D Mühendislik*, 2007, **6**(5-6), 47-58.

[12] Ersever E., Vidalı Kompresörlerde Yeni Bir Ayrıştırma Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008, 223959.

[13] Kaya D., Güngör C., Sanayide Enerji Tasarruf Potansiyeli-1, *Mühendis ve Makine*, 2002, **43**(514), 20-30.

[14] Küçükçalı R., Buhar Tesisatı, *4. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İzmir, Türkiye, 4-7 Kasım 1999.

[15] Papar R., Harrell G., Venkatesan V., Endüstriyel Sistemlerde Optimizasyon: Buhar Sistemleri, *Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü*, 69-77, 2017.

[16] Tekstil Teknolojisi: Ring İplik Makinesi, *T.C. Milli Eğitim Bakanlığı*, 542TGD485, 7, 2011.

[17] Uçak F., Tekstil Terbiye İşletmelerinde Ramöz Makinasında Enerji Tasarrufu, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2010, 256429.

[18] Oğulata R. T., Doba Kadem F., Koç E., Tekstilde Kurutma Yöntem ve Makinaları, *4. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İzmir, Türkiye, 4-7 Kasım 1999.

[19] Gençoğlu M. T., Özbay E., Aydınlatmada Enerji Verimliliği Yöntemleri, *12. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi ve Fuarı*, Eskişehir, Türkiye, 14-18 Kasım 2007.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

[1] Çanka Kılıç F., **Sert M. Ö.**, Eyidoğan M., Kaya D., Özdemir N. C., Energy Saving in Industrial Annealing Furnaces Through an Organic Rankine Cycle System Application, *3rd Iron and Steel Symposium*, Karabük, Türkiye, 3-5 April 2017.

[2] **Sert M. Ö.**, Eyidoğan M., Çanka Kılıç F., Kaya D., Bir Entegre Tekstil Üretim İşletmesinde Enerji Verimliği Çalışması, *1st International Conference on Energy Systems Engineering*, Karabük, Türkiye, 2-4 November 2017.

ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında Düzce'de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Düzce'de tamamladı. 2009 yılında girdiği Karabük Üniversitesinden 2015 yılında mezun oldu. 2016 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği anabilim dalında yüksek lisansa başladı.