

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

**TEKSTİL TERBİYE SEKTÖRÜNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ  
UYGULAMA ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Behçet GÜVEN**

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Betül ÖZER**

**HAZİRAN 2019**

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

**TEKSTİL TERBİYE SEKTÖRÜNDE ENERJİ  
VERİMLİLİĞİ UYGULAMA ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Behçet GÜVEN  
(1148204107)**

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Betül ÖZER**

**HAZİRAN 2019**

Kırklareli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 1148204107 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Behçet GÜVEN** ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**TEKSTİL TERBİYE SEKTÖRÜNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMA ÖRNEĞİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Dr. Öğr. Üyesi Betül ÖZER** .....  
Kırklareli Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Doç. Dr. Fatih SEMERCİ** .....  
Kırklareli Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Süreyya KOCABEY** .....  
Sağlık Bilimleri Üniversitesi

**Teslim Tarihi :** **18 Haziran 2019**  
**Savunma Tarihi :** **28 Haziran 2019**

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışması ile tekstil terbiye sektöründe faaliyet gösteren bir fabrikada enerji verimliliği uygulamalarının irdelenmesi ve enerji tasarrufunun ortaya konulması sağlanmıştır.

Tez çalışmam sırasında bilgi ve tecrübesi ile bana yol gösteren çok değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Betül Özer'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitim hayatım boyunca kıymetli tecrübe ve desteklerini esirgemeyen Kırklareli Üniversitesi'ndeki tüm değerli hocalarıma teşekkürü borç bilirim. Tezimde kullandığım verilerin ve uygulama projelerinin burada yer almasına izin veren Özen Mensucat A.Ş. Genel Müdürü Ahmet Temiroğlu'na bu desteği için çok teşekkür ederim.

Kırklareli Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği bölümü öğrencisi Çağlar Kansu'ya tezin yazım aşamasında yapmış olduğu yardımlardan dolayı teşekkür ederim.

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

Haziran 2019

Behçet GÜVEN  
Elektrik Mühendisi

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
KISALTMALAR .....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY .....	xi
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Amaç ve Kapsam .....	2
1.2 Literatür .....	2
1.2.1. Tekstil Sektöründe Enerji Yönetimi ve Enerji Verimliliği.....	4
<b>2. YÖNTEM.....</b>	<b>11</b>
2.1 Tesis Bilgileri .....	11
2.2 İş Akışı .....	11
2.3 Enerji Tüketiminin Belirlenmesi.....	21
2.4 Enerji Verimliliği Çalışmaları.....	25
2.4.1 Uygulanan Enerji Verimliliği Çalışmaları .....	26
2.4.1.1 Enerji kayıplarının önlenmesi ve geri kazanılması.....	26
2.4.1.1.1 Enerji bakım, izleme ve kontrol sistemi.....	26
2.4.1.1.2 İzolasyon uygulamaları .....	26
2.4.1.1.3 Vanalara ceket uygulanması.....	27
2.4.1.1.4 Buhar hatlarına kondensop takılması .....	28
2.4.1.2 Elektriğin verimli kullanılması.....	29
2.4.1.2.1 Verimli motor kullanılması.....	29
2.4.1.2.2 Uygun güçte motor kullanılması.....	31
2.4.1.2.3 Kompresör sistemlerinde verimlilik.....	32
2.4.1.2.3.1 Kompresörlere invertör uygulanması .....	32
2.4.1.2.3.2 Kompresörlerin otomasyon sistemine bağlı olarak çalışması.....	34
2.4.1.2.3.3 Kompresörlerden sıcak su eldesi .....	35
2.4.1.2.3.4 Kompresörlerde emiş hava sıcaklığı verim artışı .....	36
2.4.1.2.4 Fanlarda verimli kayış kullanılması .....	37
2.4.1.2.5 Aydınlatma sistemlerinde verimlilik .....	37
2.4.1.2.5.1 Gün ışığı sensörü konularak elektrik tasarrufu sağlanması.....	38
2.4.1.2.5.2 Aydınlatma armatürlerinin yüksekliklerinin ayarlanması.....	38
2.4.1.2.5.3 Balastlı armatürlerin LED armatürler ile değiştirilmesi.....	40
2.4.1.3 Isı enerjisinin verimli kullanılması.....	41
2.4.1.3.1 Boyama makinelerinde atık ısı geri kazanımı.....	41
2.4.1.3.2 Ram makinelerinde atık ısı geri kazanımı.....	42
2.4.1.3.3 Ram giriş kısmında infrared ile kurutma yapılarak enerji tasarrufu.....	44
2.4.1.4 Yakıtın verimli kullanılması.....	45
2.4.1.4.1 Kömürün kül oranının azaltılarak yakıt tasarrufu sağlanması.....	45
2.4.1.4.2 Fire oranının azaltılarak enerji tasarrufu sağlanması.....	45
2.4.1.5 Eğitimler.....	46
2.4.2 Uygulanması Planlanan Enerji Verimliliği Çalışmaları.....	46
2.4.2.1 Ram ve kurutma makinelerinde rejeneratif tip brülör kullanılması.....	46

2.4.2.2 Ram makinelerinde çapraz fan düze sistemi kullanılması.....	47
2.4.2.3 Üretimin planlanması.....	47
<b>3. SONUÇLAR .....</b>	<b>49</b>
3.1 Enerji Performans Göstergeleri .....	49
3.1.1. Enerji regresyon analizi.....	50
3.1.2. CUSUM grafiği.....	52
3.1.3. Spesifik Enerji Tüketimi (SET)Analizi (kWh/ton) .....	53
3.1.4. Radar diyagramı .....	53
<b>4. DEĞERLENDİRME ve ÖNERİLER.....</b>	<b>59</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>61</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>65</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>69</b>



## **KISALTMALAR**

- CUSUM**: Kümülatif değerler toplamı  
**GSİYH** : Gayri safi yurt içi hasıla  
**HVAC** : Soğutma ve sıcaklık kontrol sistemi  
**IEC** : Uluslararası Elektroteknik Komisyonu  
**JEC** : Japonya Enerji Verimliliği Ölçüm Standardı  
**TEP** : Ton eşdeğer petrol  
**UNIDO** : Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü  
**SET** : Spesifik enerji tüketimi



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 2.1</b> : Fabrikanın kumaş üretim değerleri.....	11
<b>Çizelge 2.2</b> : Üretimde kullanılan makineler.....	14
<b>Çizelge 2.3</b> : 2015-208 yıllarındaki toplam enerji tüketim değerleri.....	21
<b>Çizelge 2.4</b> : Toplam yıllık enerji tüketimleri.....	21
<b>Çizelge 2.5</b> : SET değerleri.....	23
<b>Çizelge 2.6</b> : Önemli enerji kullanıcıları (ÖEK) 2018 yılı.....	25
<b>Çizelge 2.7</b> : Boyama makineleri izolasyonu tasarruf miktarı.....	26
<b>Çizelge 2.8</b> : Vana tiplerine göre enerji kayıpları ve vana sayıları.....	28
<b>Çizelge 2.9</b> : Fabrikadaki motorların verim değerleri.....	31
<b>Çizelge 2.10</b> : Giriş hava sıcaklığına göre tasarruf miktarları MOUSSAVİ, S., vd, 2014.....	36
<b>Çizelge 3.1</b> : 2016-2017 yılları aylık enerji tüketimi regresyon analizi tablosu. .....	51
<b>Çizelge 3.2</b> : Birim üretim başına SET değerleri, TEP/ton kumaş.....	54
<b>Çizelge 3.3</b> : Yüzdeler SET değerleri.....	54
<b>Çizelge 3.4</b> : Uygulanan enerji verimlilik çalışmaları özet tablosu.....	56
<b>Çizelge 3.5</b> : Uygulanması planlanan enerji verimliliği çalışmaları özet tablosu.....	56
<b>Çizelge A.1</b> : Vana ceketleri teknik bilgi detayları çizelgesi.....	65
<b>Çizelge A.2</b> : Buhar kaçakları çizelgesi.....	66
<b>Çizelge A.3</b> : Motor verim sınıfları çizelgesi.....	67
<b>Çizelge A.4</b> : Kondensatör ölçüm sonuçları çizelgesi.....	68



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1 : Sanayide enerji tüketiminin sektörel dağılımı (TUİK,2005).....	4
Şekil 2.1 : Fabrikanın görünümü. ....	11
Şekil 2.2 : Tesis proses akım şeması. ....	13
Şekil 2.3 : Parti açma makinesi. ....	14
Şekil 2.4 : Yüzey kontrol makinesi.....	15
Şekil 2.5 : Gaze makinesi. ....	15
Şekil 2.6 : Boyama makineleri. ....	15
Şekil 2.7 : Santrifüj makinesi.....	15
Şekil 2.8 : Kurutma makinesi. ....	16
Şekil 2.9 : Weko makinesi.....	16
Şekil 2.10 : Ram makinesi.....	17
Şekil 2.11 : Şardon makinesi. ....	17
Şekil 2.12 : Karbon zımpara makinesi.....	18
Şekil 2.13 : Sanfor makinesi.....	18
Şekil 2.14 : Traş makinesi. ....	19
Şekil 2.15 : Akışkan yataklı kömür kazanı.....	19
Şekil 2.16 : Kompresör. ....	20
Şekil 2.17 : 2015-2018 yıllarında aylık ortalama üretim (ton) ve enerji tüketim (TEP) değerleri.....	22
Şekil 2.18 : Boyama makinelerine izolasyon uygulaması.....	27
Şekil 2.19 : Vanalara ceket uygulaması.....	28
Şekil 2.20 : Eski ve yeni çalışma şekilleri.....	34
Şekil 2.21 : Kompresör ısının geri kazanımı sistem şeması.....	35
Şekil 2.22 : Kayış çeşitleri.....	37
Şekil 2.23 : Depo aydınlatması.....	39
Şekil 2.24 : Boyama makinelerindeki atık ısı geri kazanım şeması.....	42
Şekil 2.25 : Ram makinesi sankey diyagramı.....	42
Şekil 2.26 : Isı kazanımı otomasyon akış diyagramı.....	43
Şekil 2.27 : Ram makinesi baca atık ısı geri kazanım sistemi şeması.....	44
Şekil 2.28 : Gas brülör ve Infrared teknoloji ile ön ısıtma prosesi.....	44
Şekil 3.1 : Enerji performans göstergeleri.....	49
Şekil 3.2 : Regresyon analizi grafiği.....	51
Şekil 3.3 : Gerçekleşen tüketim ile teorik tüketim arasındaki farklar.....	52
Şekil 3.4 : 2017 CUSUM grafiği.....	52
Şekil 3.5 : 2017 yılı SET analizi grafiği.....	53
Şekil 3.6 : 2015-2018 yılları arası enerji radar diyagramı.....	54

# TEKSTİL TERBİYE SEKTÖRÜNDE ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMA ÖRNEĞİ

## ÖZET

Günümüzde gelişen teknoloji ve sanayi ile birlikte enerji tüketimi artmaya devam etmekte ve doğal enerji kaynakları hızla tükenmektedir. Bu nedenle enerjinin verimli kullanılması, israfının önlenmesi ve enerji maliyetlerinin düşürülmesi önem kazanmaktadır. Enerji verimliliği, tüketilen enerji miktarının, üretimdeki miktar ve kaliteyi düşürmeden iktisadi kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden en aza indirilmesi biçiminde ifade edilmektedir.

Tekstil endüstrisi, sağladığı istihdam imkanı, üretim sürecinde yarattığı katma değer ve uluslararası ticaretteki payı nedeniyle Türkiye ekonomisinde önemli bir yere sahiptir. Ayrıca tekstil sektörü enerjinin yoğun ve verimsiz kullanılması nedeniyle sanayi sektörleri içerisinde büyük enerji tasarruf potansiyeline sahip sektörler arasında yer almaktadır. Enerjinin verimsiz kullanılması üretimdeki enerji maliyetinin payını artırmakta dolayısıyla verimlilik çalışmaları giderek önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada bir kumaş boyama fabrikasındaki enerji verimliliği uygulamaları incelenmiş ve elde edilen enerji tasarrufu sonuçları değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında öncelikle fabrikadaki enerji tüketimi kaynakları ile birlikte ortaya konulmuş, uygulanan enerji verimliliği çalışmaları incelenmiştir. Spesifik enerji tüketimi ve üretim arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile incelenerek kümülatif toplam değerler (CUSUM) grafiği ile detaylandırılmıştır. Elde edilen sonuçlarla endüstri için sürdürülebilir üretim perspektifinden bazı önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca uygulanması planlanan enerji verimliliği çalışmaları ve sonuçları değerlendirilmiştir. Bu çalışmada sonuçları verilen uygulamaların tekstil sektörü dışındaki fabrikalara da öncülük ederek uygulamaların yaygınlaşmasına, enerji verimliliği uygulamalarının artarak ülkemizin enerji yoğunluğunun azalmasına katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

# **APPLICATION EXAMPLE OF ENERGY EFFICIENCY IN TEXTILE INDUSTRY FINISHING SECTOR**

## **SUMMARY**

Today, with the developing technology and industry, energy consumption continues to increase and natural energy resources are rapidly depleted. For this reason, it is important to use energy efficiently, to prevent waste and to reduce energy costs. Energy efficiency is expressed in the United Nations Development Program (UNDP) as the amount of energy consumed is minimized without hindering economic development and social welfare without reducing the quantity and quality in production.

The textile industry, which provides employment opportunities, has an important place in Turkey's economy and international trade due to the share of the value added created during the production process. In addition, the textile sector is among the sectors with great energy saving potential among the industrial sectors due to the intensive and inefficient use of energy. Inefficient use of energy increases the share of energy costs in production, thus efficiency studies are becoming increasingly important.

In this study, energy efficiency applications in a fabric dyeing factory were examined and the energy saving results obtained were evaluated. Within the scope of the study, firstly, the energy consumption sources in the factory were put forward and the energy efficiency studies applied were examined. The relationship between specific energy consumption, energy cost and production is examined by regression analysis and detailed with CUSUM graph. With the results obtained, some suggestions were made from the perspective of sustainable production for the industry. Furthermore, the energy efficiency studies and the results planned to be implemented were evaluated. It is thought that the applications given in this study will contribute to the spread of the applications by leading the factories outside the textile sector, and the energy efficiency applications will increase and decrease the energy density of our country.



## 1. GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknoloji ve sanayi ile birlikte enerji tüketimi artmaya devam etmekte ve doğal enerji kaynakları hızla tükenmektedir. Bu nedenle enerjinin etkin kullanılması ve israfının önlenmesi önem kazanmaktadır. Bu durum enerji verimliliği kavramını ortaya koymuştur. Enerji verimliliği; tüketilen enerji miktarının, üretimdeki miktar ve kaliteyi düşürmeden iktisadi kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden en aza indirilmesi biçiminde ifade edilmektedir (UNDP, 2017). Azalan enerji kaynakları, artan maliyetler ve çevresel sorunlar gibi sebeplerden dolayı enerji kaynaklarının üretimden nihai tüketime kadar tüm aşamalarda en yüksek etkinlikte kullanılması gerekmektedir. Türkiye artan enerji talebi ve gelişen ekonomisi ile dünyadaki büyük ekonomiye sahip ülkelerden biridir. Dünya’da olduğu gibi ülkemizde de nihai enerji tüketimi içerisinde en büyük pay %30-40 ile sanayi sektörüne aittir (TUİK, 2016).

Enerji verimliliği çalışmalarında en önemli göstergelerden birisi enerji yoğunluğu değeridir. Enerji yoğunluğu, üretilen gayri safi yurt içi hasıla (GSYİH) başına tüketilen birincil enerji miktarını ifade etmektedir. Genellikle 1000\$’lık bir GSYİH için tüketilen enerji miktarı TEP olarak ifade edilir. Bu gösterge ile ülkelerin enerji verimlilik potansiyelleri belirlenmektedir. Enerji verimliliğinin artırılması ile tasarruf edilecek enerjiyi üretmek için çok daha pahalı yatırımlara ve daha uzun zamana ihtiyaç vardır. Gelişmekte olan ülkelerde enerji yatırımları için ayrılabilen kaynakların sınırlı olması, diğer yandan enerji talebinin hızla büyümesi, enerji verimliliği stratejilerinin önemini daha da artırmaktadır. Ayrıca, sanayide enerji verimliliği uygulamaları enerji üretiminden doğan çevresel kirliliğin ve ekolojik dengenin bozulmasının ortadan kalkmasını sağlayan, sürdürülebilir kalkınma için gerekli olan maliyet-etkin tedbirler denir.

Tekstil imalat sanayi, geçmişten günümüze kadar geleneksel üretim yöntemleri ve teknolojik gelişmelerle çok çeşitli ve fonksiyonel ürünleri ile birçok ülke için önemli sanayi kolu olmaya devam etmektedir. Ayrıca sağladığı istihdam imkanı, üretim

sürecinde yarattığı katma değer ve uluslararası ticaretteki ağırlığı nedeniyle ekonomik kalkınma sürecinde ülkemiz için de önemli rol oynamaktadır (İSO, 2014). Ülkemizde tekstil endüstrisinde enerji kullanımı oldukça verimsizdir dolayısıyla büyük bir iyileştirme potansiyeline sahiptir. Enerjinin verimli olarak kullanılmaması üretim maliyetlerinde artışa sebep olmaktadır. Üretim yapan bir işletmede ham maddeden sonra maliyetlerdeki en büyük pay enerjiye aittir. Dolayısıyla enerji maliyetlerinin azaltılması firmaların rekabet gücünü arttırarak uluslararası piyasalarda etkinliği sağlayacaktır. Enerji maliyetlerini azaltmak için öncelikli olarak işletmelerde enerji analizleri yapılmalı, enerjinin yoğun ve verimsiz kullanıldığı yerler tespit edilerek gerekli önlemler alınmalıdır. Bu önlemler yeni yatırımlarla alındığında dahi geri dönüş sürelerinin çok uzun olmadığı görülmektedir. Enerjinin verimli kullanılması işletmelerin üretim maliyetlerini düşürüp rekabet gücünü arttıracığı, ülkemizin dışa olan bağımlılığını azaltarak siyasi ve ekonomik bakımdan güçlenmesine yardımcı olacağı için ekonomik gelişmeye büyük katkısı sağlayacaktır. Ayrıca düşük karbonlu ekonomiye geçiş, çevrenin korunması, sürdürülebilir kalkınma ve iklim değişikliği gibi konularda ülkemizin ulusal stratejik hedeflerine katkı sağlayacaktır.

## **1.1 Amaç ve Kapsam**

Bu tez çalışmasının amacı tekstil terbiye sektöründe faaliyet gösteren bir fabrikada enerji verimliliği uygulamalarının irdelenmesi ve enerji tasarrufunun ortaya konulmasıdır. Çalışmada öncelikle fabrikadaki enerji tüketimi ortaya konulmuş, uygulanan enerji verimliliği çalışmaları incelenmiştir. Spesifik enerji tüketimi, enerji maliyeti ve üretim arasındaki ilişkiler regresyon analizi ile incelenerek kümülatif toplam değerler (CUSUM) grafiği ile detaylandırılmıştır. Elde edilen sonuçlarla endüstri için sürdürülebilir üretim perspektifinden bazı önerilerde bulunulmuştur.

Ülkemizde tekstil sektöründe enerjinin büyük ölçüde verimsiz kullanıldığı gerçeğiyle bu çalışma ile ortaya konulan sonuçların benzer bir çok tesiste de faydalı sonuçlar doğuracağı düşünülmektedir.

## **1.2 Literatür**

Dünya birincil enerji tüketiminin artmasını sağlayan etkenlerin başında nüfus ve gelir artışı gelmektedir. Nüfus artışı ve sanayinin gelişmesi küresel enerji talep artışına

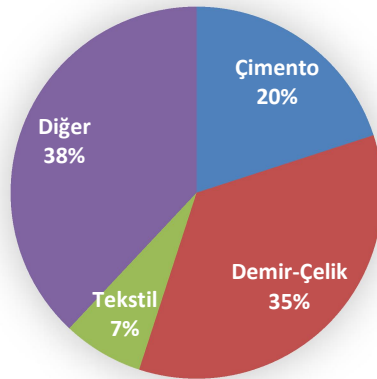
önemli miktarda etki etmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2040 yılı için hazırladığı senaryolara göre, 2040 yılına kadar olan dönemde fosil yakıtların paylarının nispeten azalmasına karşın bu yakıtların hakim kaynaklar olmaya devam edeceği görülmektedir (IEA, 2017). Nükleer enerjinin birincil enerji kaynakları içindeki payının artacağı öngörülmekte, yenilenebilir enerji kaynaklarının 2040 yılındaki payının %16,1 olacağı beklenmektedir. Mevcut politikalar senaryosuna göre küresel elektrik talebinin 2040 yılına kadar yıllık ortalama %2,3 olmak üzere %80 oranında artacağı beklenmektedir. Dünyada fosil yakıtlar hızla tükenirken bunların yerini alabilecek yeni kaynaklar aranmaktadır. Aynı zamanda mevcut kaynakların daha etkin biçimde değerlendirilmesi de büyük önem taşımaktadır. Enerji verimliliği; üretimden iletime, tüketimden atık aşamalarına kadar etkinlik çalışmalarının tümünü kapsamaktadır. Teknolojinin gelişimiyle birlikte; daha az fosil yakıt kullanılarak daha az maliyetli enerji sağlanması mümkün olmaktadır. Üretilen enerjiyle daha çok iş yapılması yönünde adımlar atılırken, diğer yandan da ısı ve gaz gibi enerji kayıpları ile her çeşit atığın değerlendirilmesi yönünde yeni politikalar ve stratejiler geliştirilmektedir.

Türkiye 2017 yılı sonu itibarıyla brüt elektrik talebi 296,702 milyar kWh olarak belirlenmiştir. Ülkemizin yıllık elektrik enerjisi net talep artış hızı son 10 yılda yıllık ortalama yaklaşık %5 artarak ve 2008 yılında 162 milyar kWh olan elektrik tüketimimiz 2017 yılında yaklaşık 1,54 katına çıkarak 249 milyar kWh civarına ulaşmıştır.(Url-1). 2016 yılında enerji arzının %83'lük bölümü ithalat ile karşılanmıştır (EÜAŞ, 2018). Bu dışa olan bağımlılık Türkiye'yi dünyadaki en hızlı büyüyen enerji piyasalarından biri haline getirmektedir. Bu noktada da enerjinin verimli kullanılması önem kazanmaktadır. Ülkemizde hammadde, işgücü ve enerji maliyetlerinin yüksekliği, üreticilerin dünya pazarındaki firmalarla rekabet edebilmesini güçleştirmektedir. Enerji yönetimi, tüm sektörlerde olduğu gibi tekstil sektöründe de enerji maliyetlerini azaltması bakımından büyük önem arz etmektedir. Kullanılacak olan enerjinin daha verimli kullanılmasına yönelik adımların belirlenmesiyle birlikte önemli oranlarda kazançlar sağlanabilmektedir. Ülkemiz ekonomisinde önemli etkisi olan tekstil endüstrisinde de enerji verimliliği çalışmaları giderek önem kazanmaktadır. Fabrikalarda enerji verimliliği çalışmaları çoğunlukla enerji yönetim sisteminin bir parçası olarak uygulanmaktadır. Çalışanların bilinçlendirilmesi, üst yönetimin katkı ve desteği, enerji yöneticisinin belirlenmesi ve

enerji yönetim programı oluşturulması, raporlama ve izleme gibi adımları enerji yönetimini sağlayan adımlardır.

### 1.2.1 Tekstil Sektöründe Enerji Verimliliği ve Enerji Yönetimi

Tekstil sektörü ülkemizin en eski sanayi dallarından biri olarak teknolojik yapısı ve ekonomik etkinliği ile ülkemizin önde gelen ekonomik faaliyet alanlarından biridir. Sağladığı istihdam ve dış ticaret fazlası ile tekstil, hazır giyim ve deri ürünleri (THD) sektörleri, imalat sanayi üretim değerinin %15'ini oluşturmakta, Türkiye'de üretilen toplam katma değer ise % 6,2'sini oluşturmaktadır (BSTB, 2018). Tekstil ve hazır giyim sanayiinin GSYİH'ye katkısı %11 oranındadır (EB, 2016). Türkiye, 2017 yılında 11 milyar \$ değerinde tekstil ihracatı ile %3,9'lık pay ile dünyada ilk 10'da yer almaktadır (Url-2) Türkiye'de endüstride tüketilen enerjinin alt sektörler göre dağılımı Şekil 1.1 ile verilmiştir. Tekstil sektörü toplam enerji tüketiminin % 6-7'lik kısmını oluşturarak demir-çelik (% 35) ve çimento sektöründen (% 20) sonra üçüncü sırada yer almaktadır (TUİK, 2005).



**Şekil 1.1:** Sanayide enerji tüketiminin sektörel dağılımı (TUİK, 2005).

Tekstil işletmelerinde enerji maliyetleri, toplam ürün maliyetleri içinde küçük bir kısmını oluştururken son işlem (finishing) bölümlerinde düşük veya orta sıcaklıkta ısı şeklinde enerji tüketimi önemli maliyet yaratmaktadır. İplik dokuma fabrikalarında enerji tüketimi % 50 elektrik ve % 50 ısı şeklinde olurken terbiye bölümlerinde ise enerjinin % 75'den fazlası ısı olarak kullanılmaktadır (Url-3, Url-4).

Tekstil sektöründeki yoğun enerji tüketimi enerjiyi verimli kullanmayı zorunlu hale getirmektedir. Tekstil sektöründe enerjinin verimli kullanılması ve potansiyel verimlilik konusunda birçok uygulama bulunmaktadır. Bunlar arasında makinelerde,



kazanlarda ve iletim sistemlerinde yalıtımın yapılması, yüksek verimli teknolojilerin kullanılması, kullanılan kazanlarda yanma kalitesinin ve verimliliğin yüksek düzeyde tutulması, elektrik enerjisinin verimli kullanılması, üretimin planlanması, atık ısının ve atık suyun enerjisinin geri kazanılması, kaçaklar ve yetersiz bakım nedeniyle oluşan enerji kayıplarının önlenmesi, basınçlı hava sistemlerinin iyileştirilmesi gibi uygulamalar sayılabilir (Çınar, 2008). Genel olarak bir tekstil fabrikasında enerji verimliliği çalışmaları aşağıdaki ana başlıklar altında toplanabilir.

1. Elektrik enerjisinin verimli kullanılması
  - 1.1. Verimli motor kullanılması
  - 1.2. Uygun güçte motor kullanılması
  - 1.3. Aydınlatma sisteminde verimlilik
  - 1.4. Elektrik sisteminin iyileştirilmesi
  - 1.5. Hız kontrol cihazı (invertör) uygulanması
  - 1.6. Kompresörlerde verimlilik uygulamaları
  - 1.7. Fanlarda verimli kayış kullanılması
  - 1.8. Pompa bakımlarının periyodik yapılması
2. Isı enerjisinin verimli kullanılması
  - 2.1. Atık ısı geri kazanımı
  - 2.2. Flaş buhar geri kazanımı
  - 2.3. Ekonomizer sistemi
  - 2.4. Atık suyun enerjisinin geri kazanımı
  - 2.5. Ram baca gazından atık ısı geri kazanılması
  - 2.6. Kompresörlerin soğutma havalarının işletmede ısıtma amaçlı kullanılması (sıcak suyun elde edilmesi).
3. Yakıtın verimli kullanılması
  - 3.1. Kazanlarda yanma veriminin iyileştirilmesi
  - 3.2. Hava-yakıt oranının ayarlanması
4. Enerji kayıplarının belirlenmesi, önlenmesi ve geri kazanılması
  - 4.1. Buhar Ölçümü
  - 4.2. Kayıpların ölçülmesi (ısı ve buhar kaçaklarının izlenmesi- termal kameralar) ve kontrolü
  - 4.3. İzolasyon (buhar ceketi uygulaması)
  - 4.4. Flaş buhar geri kazanımı
  - 4.5. Isıtma sistemine termostatik vana konulması

- 4.6. HVAC sistemlerinde kayıp-kaçak kontrolü
- 4.7. Kondenstop sistemi enerji verimliliği
- 4.8. Atık ısı geri kazanımı
- 4.9. Düzenli bakım, izleme, kontrol sistemi
- 4.10. Kazan suyunun blöflenmesi

## 5. Üretimin Planlanması

## 6. Eğitimler

Literatürde sanayi sektöründe enerji verimliliği ile ilgili yapılmış benzer çalışmaların bir kısmı bu bölümde özetlenmiştir.

Cabak (2018), çalışmasında bir tekstil fabrikasının enerji verimliliği ve enerji tasarruf olanakları incelenmiştir. Kompresörün, buhar hatları ve vanaları yalıtılmış turbo kompresör ile değiştirilmesi ile elde edilen kazançları ortaya konulmuş, basınçlı hava sistemlerindeki kayıp ve kaçakların önlenmesini sağlayacak sistemler değerlendirilmiştir. Ayrıca aydınlatmanın LED aydınlatma sistemi ile değiştirilmesi ve arıtma tesisindeki blowerların değiştirilmesinin olası kazançları belirlenmiş, ramöz makinelerinde ısı geri kazanım sistemi incelenmiştir.

Melo, Moreira ve Pereira (2015), çalışmalarında Brezilya tekstil endüstrisinde enerji verimliliği ile üretkenlik arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışmalarındaki başlıca amaç mevcut enerji verimliliğini arttırmak, mevcut enerji kayıplarını belirlemek olmuştur.

Yacout vd (2014), Mısır tekstil endüstrisinde uygulanabilecek ISO 50001 enerji yönetim sistemi hakkında bilgilere yer vermiştir. En büyük enerji tasarrufu uygulamaları verimli aydınlatma sistemleri, kompresör kaçaklarının önlenmesi, verimsiz motorların değiştirilmesi ve buhar kondensat geri kazanımı olarak belirlenmiştir. Enerji tüketiminde aylık %3,9'luk ve buna denk gelen yıllık 919.500 EGP (Mısır Poundu) bir azalma hesaplanmıştır. Bu uygulamaların maliyet etkin ve tekstil endüstrisi dışında diğer farklı endüstrilerde de uygulanabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Acar (2012), çalışmasında bir traktör fabrikasında enerji verimliliği projeleri maliyet analizleri ile birlikte incelemiştir. Kompresörlerin invertörle çalıştırılması, üretim atölyesinde radyant ısıtma sistemine geçilmesi, mevcut alev borulu sıcak su kazanlarında ekonomizör kullanılarak kazan dönüş suyunun ısıtılması, enerji verimliliği yüksek ampullerin kullanılması ile fabrikada elde edilen kazanç belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre projelerin amortisman süreleri 1 yıldan az

olarak ortaya konulmuş, yatırım maliyeti ve enerji kazancı en yüksek proje ekonomizer uygulaması olarak belirlenmiştir. Analiz edilen diğer bir çalışma ise güneş enerjisinden yararlanarak fabrika bünyesinde sıcak su ihtiyacının karşılanmasıdır. Bu projenin amortisman süresi ise 3,8 yıl olarak hesaplanmıştır.

Öztürk (2012), yapmış olduğu çalışmada örnek aldığı bir fabrika içerisindeki tekstil üretim hatları ve makinelerinin enerji harcamalarını inceleyerek olası enerji verimliliği ve enerji verimliliği olanaklarını tespit etmiştir. Çalışma içerisinde geri kazanabilecek enerji miktarları ve amortisman sürelerini dikkate alarak uygulanabilecek projeleri maksimum kazanım ile yapılması hakkında önerilerde bulunmuştur. 12 adet tasarruf projesi için 3,369 TEP/yıl enerji kazancını ortaya koymuştur

Kabakçı (2011), çalışmasında farklı alanlarda imalat yapan tekstil firmalarıyla yapmış olduğu anket çalışmalarıyla tekstil sektörünün alt dalları ile beraber enerji tasarruf potansiyelleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Uylukçuoğlu (2009), ise otomotiv sanayinde enerji verimliliği ve enerji tasarruf olanaklarının belirlenmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. İnceleme yapılan tesisin toplam enerji tüketiminin % 52'sini kapsayan ısı enerjisi için tasarruf çalışmaları yanma veriminin artırılması, baca gazı sıcaklığının düşürülmesi, eksik yalıtımın giderilmesi ve atık ısı enerjisinin farklı bir bölgede kullanılması olarak belirlenmiş, böylece tesisin yıllık doğalgaz tüketiminde 427.212 m<sup>3</sup> 'lük tasarruf sağlanmıştır. Otomotiv sektöründe elektrik enerjisinde yapılabilecek tasarruf olanakları anlatılmıştır. Toplam enerji tüketiminin % 48'ini oluşturan elektrik enerjisi tasarruf çalışmaları ise, yüksek verimli motor ve hız kontrol cihazları kullanımı, basınçlı hava sisteminde havanın soğuk ortamdan alınması ve genel aydınlatma sisteminin standartlara uygun olarak modernize edilmesi olarak belirlenmiş, böylece tesisin yıllık elektrik enerjisi tüketiminde 8.124 MWh'lik tasarruf sağlanmıştır.

Çınar (2008), gerçekleştirmiş olduğu çalışmada tekstil sektöründe faaliyet gösteren 6 farklı fabrikada üretim ve enerji tüketimi ile ilgili veriler incelenmiştir. Çalışma kapsamında fabrikaların kazan bacalarında ve yakıt tüketimi bulunan ünitelerde baca gazı analizleri yapılmış, ölçüm sonuçları enerji açısından irdelenmiş ve enerji tasarrufu için alınması gereken önlemlere dikkat çekilmiştir. Tekstil sanayiinde yoğun olarak kullanılan ısı ve elektrik enerjisinin üretim ve tüketim noktalarında tasarruf imkânları olduğuna dikkat çekilmiştir.

Önöz (2008)'de, ise tekstil sektöründeki enerji verimliliği potansiyelini enerji tüketimi, enerji maliyeti ve spesifik enerji tüketimi arasındaki ilişki ile ele alınmıştır. Çalışma kapsamında verimli motor sistemlerinin endüstriyel tesislerde enerji verimliliği açısından önemi, invertör uygulaması ile yapılacak tasarruflar ve geri ödeme süreleri belirlenmiştir.

Gülcivan (2006), yapmış olduğu çalışmada üretimleri farklı alanda iki tekstil fabrikasının enerji verimliliğine yönelik yapılması gereken çalışmaları incelemiştir. Bu çalışma kapsamında, yanma veriminin artırılması, uygun kazan seçimi, atık sıcak suyun, kondensatın ve flaş buharın geri kazanılması ile tesiste %25'lik bir ısı enerjisi geri kazanılacağı hesaplanmıştır. Çalışmada ayrıca elektrik enerjisi tasarruf olanakları belirlenmiştir. Yüksek verimli motor ve invertör kullanılması gibi bir takım çalışmalar ile %6,6 oranında elektrik enerjisi tasarrufu sağlanabileceği belirlenmiştir.

Söğüt ve Oktay (2006), çalışmasında bir çimento fabrikasındaki üretim ile enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi belirlemek için regresyon analizine yer verilmiş, hedef enerji tüketimini yakalamak için ne tür çalışmalar yapılabileceği üzerinde çalışılmıştır.

Öztürk (2005), tekstil sektöründe enerjinin kullanımı ile tekstil üretimi arasındaki ilişkiyi göstermek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmasında tekstil endüstrisinde enerji tüketimi, enerji maliyeti ve üretim arasındaki ilişki dört tekstil fabrikasında incelenmiştir. Yapılan anket ve analiz sonuçlarına tekstil endüstrisinde spesifik yakıt tüketimi yüksek bulunmuştur. Elektrik, fuel-oil ve LPG arasında en pahalı, fuel-oil ise en ucuz enerji kaynağı olarak belirlenmiştir. Üretimin düşmesi üretim başına enerji maliyetini artırmaktadır. Enerji birim maliyeti 3 fabrika için sabitken, bir fabrikada elektrik tüketiminin fazla olmasına bağlı olarak daha yüksek bulunmuştur. Toplam üretim maliyetinin %10'unu oluşturmaktadır. Enerji, elektrik ve ısı enerjisi tüketimlerinin üretim ile lineer olarak arttığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçların belirli bir üretim değeri için enerji maliyeti ve enerji tasarrufu önlemleri ile üretim maliyetlerindeki azalma tahmininde yararlı olacağı belirtilmiştir. Ayrıca tekstil sektöründe oluşan atık sıcak suyun enerjisinin atık su ısı kazanım sistemleri ile geri kazanılarak büyük enerji tasarrufu sağlanacağını üzerinde durmuştur.

Bu çalışma ise enerji tüketiminin yoğun olduğu tekstil endüstrisi kumaş terbiye sektöründe faaliyet gösteren Özen Mensucat Ticaret ve Sanayi A.Ş fabrikasında gerçekleştirilmiştir. Fabrikada enerji verimliliğini arttırmak üzere yapılan ve

yapılması planlananlar çalışmalar ele alınmış ve elde edilen enerji tasarruf değerleri belirlenmiştir.





## 2. YÖNTEM

### 2.1 Tesis Bilgileri

Bu çalışmada incelenen tekstil fabrikası organize sanayi bölgesinde 1994 yılından beri örme kumaş boyama ve terbiye sektöründe faaliyet göstermektedir. Fabrika kapalı olmak üzere toplam 40.000 m<sup>2</sup>'lik alanda, yaklaşık 300 kişi ile 3 vardiya olarak hizmet vermektedir. Fabrika kendi enerji tüketimini sürekli azaltarak, çalışmalarının uzun vadeli çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliğini artırma çabası içindedir. Tesis 12.000 ton/yıl kumaş boyama kapasitesine sahiptir. Fabrikanın genel görünümü Şekil 2.1 ile verilmiştir.



Şekil 2.1 : Fabrikanın görünümü.

Fabrikadaki temel üretim prosesi kumaş boyamadır. Boyama işlemini kurutma ve apreleme işlemleri desteklemektedir. Son 4 yıllık üretim bilgileri Çizelge 2.1 ile verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Fabrikanın kumaş üretim değerleri.

Yıllar	Üretim (ton)
2015	9.615
2016	7.272
2017	10.281
2018	10.813

### 2.2 İş Akışı

Fabrikaya dışarıdan ham kumaş tedarigi yapılarak mamul depoya giriş yapılır. Müşterinin sipariş yapısına göre depodaki kumaşlar boyanmak üzere ham kumaş açma bölümüne getirilerek parti açma makinelerinde boyamaya hazır hale getirilir.

Müşterinin boyama yaptıracığı renkler kalite kontrol bölümüne giderek, kimya laboratuvarında küçük makinelerde boyanarak müşterinin onayına sunulur. Onay alınan kumaşlar kendi renklerine göre boya makinelerinde boyama işlemine alınır. Boyama makinelerinden çıkan kumaşlar yaş halat açma makinelerinden geçirilerek kesilir ve fulard adı verilen sıkma silindirler sisteminden geçirilerek üzerindeki belirli miktardaki su atılır. Yaş açmadan çıkan kumaşlar proseslerine göre ram apre ya da kurutma işlemi uygulanır. Ram apre işlemi, ram makineleri olarak bilinen gergili kurutma makinelerinde kumaşı pişirmek, daha düzgün, daha şık ve parlak hale getirmek için yapılır. Ram makineleri kumaşların makine içerisinde enine bir şekilde iğne ya da paletler tarafından kenarlarından tutturulduğu, bir çift yürüyen zincirle kumaşın hareketinin sağlandığı ve bu esnada kumaşa sıcak havanın gönderildiği kurutma makinalarıdır. Kumaşların en ve boy ayarları yapılarak 200<sup>0</sup>C’de ham kumaşın sabitlenmesi sağlanır.

**Boyama:** Partilenip açılan kumaşlar; müşteri talimatı ve laboratuvarında hazırlanan reçeteye göre uygun olarak boya makinelerinde hazırlanan grafik ve talimatlara uygun şekilde boyanır. Proseste elektrik, buhar ve su kullanılmaktadır. Hammadde olarak ise boyarmadde ve kimyasal malzeme kullanılmaktadır.

**Kurutma:** Boyama makinelerinden çıkan kumaşların kurutulduğu prosestir. Makine parametreleri (hız, sıcaklık, en vb.) müşterinin istediği çekmezlik veya gramajı elde edecek biçimde ayarlanır. Kumaş açıcı silindirlerden geçirilerek fular kısmına sokulur, burada gerekiyorsa kumaşa silikon ve yumuşatıcı verilir. Ana kumanda silindire gelen kumaşa niteliğine uygun proses uygulanır. Kamaralardan kurumuş bir şekilde çıkan kumaş, arabalara aktarılır. Proseste buhar, elektrik ve su kullanılmaktadır.

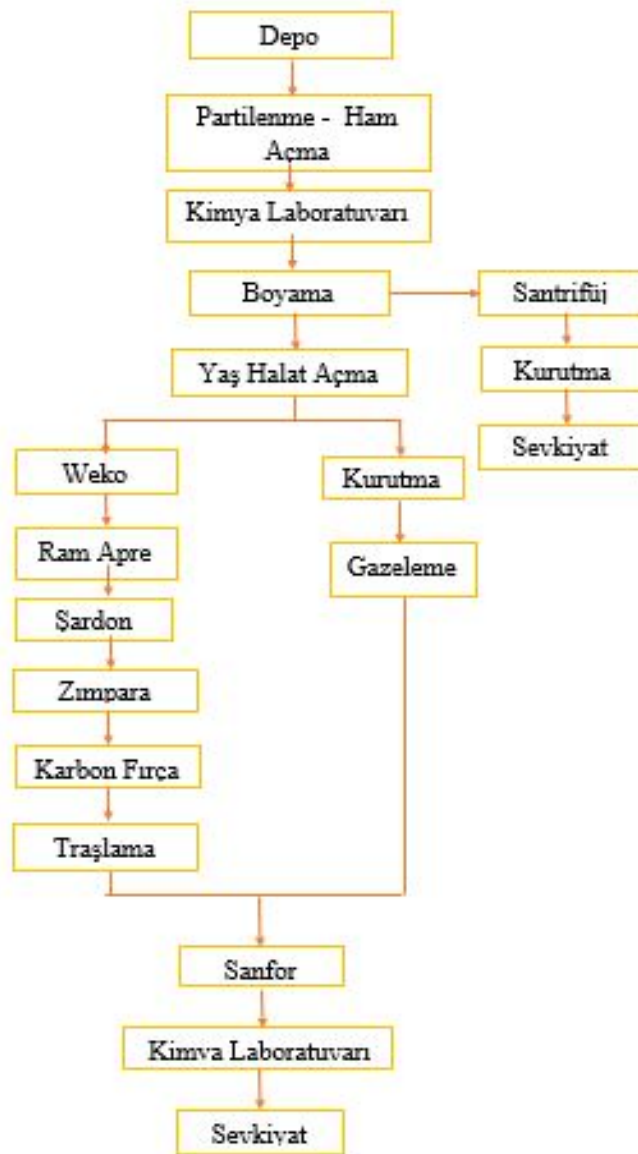
**Apreleme,** tekstil ürünleri imalatının son basamağında uygulanan, kumaşa yumuşaklık, nemlenme, dökülüm gibi özellikleri verme amacına dönük işlemdir.

**Şardonlama;** enlemesine açık durumdaki kumaşın, dönen doğal veya metalik ince teller ya da zımpara kaplı dönen silindirler ile aksi yönde geçirilirken, içinden liflerin çekilmesiyle gerçekleştirilen mekanik bitim işlemidir. İstenen prosese göre kumaşlar şardon makinesinden geçirilir. Şardon makinesini oluşturan elemanlar, şardonlama tamburu, şardonlama silindirleri, fırçalar ve hav toplama bölümüdür. Şardonlama işlemi özellikle sıcak tutması istenen kışlık kumaşlarda uygulanır. Bu sayede kumaş yumuşak tutum kazanır, su ve leke iticilik özelliği alır. Ancak fazla şardon yapılırsa da kumaş zayıflar. Kumaşa şardonlama öncesi apreleme işlemi de yapılabilir.



**Karbon fırçalama**, kumaşın bir yüzünün fırçalardan geçirilerek tuşesinin artırılması işlemidir.

Kurutulacak kumaşlar kurutma makinelerine gelmeden önce işlem kolaylığı sağlanması için santrifuj makinelerinden geçirilerek ön kurutma işlemi yapılır. Ram veya kurutma proseslerinden geçen kumaşlar sanfor makinesinden geçirilerek çekmezlik ve gramaj ayarları yapılır. İşlemleri biten kumaşların fizik laboratuvarında çekmezlik ve haslık, gibi testleri yapılır. Testleri tamamlanan kumaşlar kalite kontrol makinelerinde tekrar kontrol edilerek sevkiyatı yapılır. Tesisin proses akım şeması Şekil 2.2 ile gösterilmiştir.



**Şekil 2.2** : Tesis proses akım şeması.

Fabrikada yukarıda anlatılan prosesleri gerçekleştirmek için aşağıdaki makineler kullanılmaktadır. Fabrikada kullanılan makineler, Çizelge 2.2 ile verilmiştir.

**Çizelge 2.2 : Üretimde kullanılan makineler.**

Makine Tipi	Makine Sayısı	Makine Tipi	Makine Sayısı
Ham Kumaş Kontrol	2	Kurutma	2
Parti Açma	5	Ram	4
Tulum Dikme	2	Sanfor	5
Ters Çevirme	1	Zımpara	1
Boyama Makinesi	32	Tüp Sanfor	1
Yıkama	1	Şardon	3
Yaş Açma	1	Weko	1
Balon Sıkma	1	Thumbler Kurutma	4
Yaş Tüp Kesme	2	Tıraş	1
Kuru Tüp Kesme	2	Karbon Fırça	1
Santrifüj	1	Gaze	1
Yüzey Kontrol	6		

**Parti Açma Makinesi:** Ham kumaşların işlem görebilmesi için açılmasını sağlayan makinedir. Fabrikada toplamda 17, 77 kW gücünde 5 parti açma makinesi mevcuttur. Örnek bir parti açma makinesi Şekil 2.3 ile gösterilmiştir.



**Şekil 2.3 : Parti açma makinesi.**

**Yüzey Kontrol Makineleri:** Kumaş yüzeyinin uygunluğu, pürüzlülüğü ve parlaklığı gibi etkenlerin kontrolünün sağlandığı makinedir. 6 adet makine bulunmaktadır. Her iki tarafta sıcak hava üfleyen fanlar vardır. Bunlar vasıtasıyla 70 mikron kalınlığındaki naylon şirnklenmektedir. Fabrikada toplamda 137,56 kW gücünde 6 adet yüzey kontrol makinesi bulunmaktadır. Yüzey kontrol makinesi Şekil 2.4 ile gösterilmiştir.



**Şekil 2.4 : Yüzey kontrol makinesi.**

**Gaze Makinesi:** Kumaşın işleme alınmadan önce üzerindeki istenmeyen tüylerin yakılarak ortadan kaldırılmasını sağlar. Gaze makinesi 11,85 kW gücündedir. Örnek bir gaze makinesi Şekil 2.5 ile gösterilmiştir.



**Şekil 2.5 : Gaze makinesi.**

**Boyama Makinesi:**

Tesiste boyama prosesinde kullanılan 32 adet boyama makinesi mevcuttur. Fabrikada en yoğun enerji tüketimi boyama makinelerinde olmaktadır. Boyama makineleri bir günde toplamda 17510 kWh enerji tüketmektedir. Fabrikadaki boyama makineleri Şekil 2.6 ile gösterilmiştir.



**Şekil 2.6 : Boyama makineleri.**

**Santrifüj Makinesi:** İşleme alıncak kumaşa ön kurutma yaparak kumaşın üzerindeki suyun uzaklaştırılması sağlanır. Tesisteki santrifüj makinesi 3,95 kW gücündedir. Örnek bir santrifüj makinesi Şekil 2.7 ile gösterilmiştir.



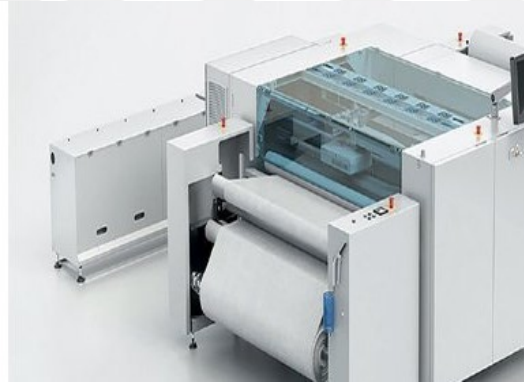
**Şekil 2.7 : Santrifüj makinesi.**

**Kurutma Makineleri:** Boyanmış kumaşı kurutmak için kullanılır. 3 tip kurutma makinesi vardır. Santex Tip 75 kW, Jumbo Santex tip 145 kW ve Tumbler tip 6,98 kW gücündedir. Müşteri talebine göre kumaşlar kurutmadan sonra sevkiyata ya da sanfor işlemine gönderilir. Örnek bir kurutma makinesi Şekil 2.8 ile gösterilmiştir.



**Şekil 2.8 :** Kurutma makinesi.

**Weko Makinesi:** Kumaşın daha iyi işlenebilmesi için nemlendirilmesi sağlanır. İşletmedeki weko makinesi 3,29 kW gücündedir. Örnek bir weko makinesi Şekil 2.9 ile gösterilmiştir.



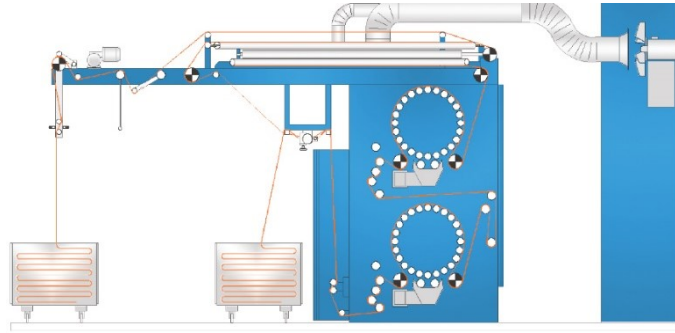
**Şekil 2.9 :** Weko makinesi.

**Ram Makinesi:** 4 adet ram makinesi vardır. Kumaşın kurutma ve en boy stabilitesi sağlanır ve ardından soğutma silindirlerinde soğutulup uygun metrajda sarım yapılan kumaş bir sonraki işleme sevk edilir. Fabrikada 85 kW, 100 kW, 86 kW, 64,50 kW gücünde dört ayrı güçte ramöz makinesi bulunmaktadır. Örnek bir ramöz makinesi Şekil 2.10 ile gösterilmiştir.



**Şekil 2.10 :** Ram makinesi.

**Şardon Makinesi:** Kumaş içerisindeki liflerin kaldırılmasını sağlar. 3 adet şardon makinesi bulunmaktadır. Kışlık kalın kumaşlar arka yüzünü kabartma işlemi (tüylendirme) yapılmaktadır. Tambur üzerindeki iğneler vasıtasıyla yüzey tüylendirilmektedir. Makinelerde elektrik, basınçlı hava(besleme pistonlarda kullanılmaktadır, ürün bunlarla besleme silindirlere verilmektedir. Yüzeyde oluşan tüyler ve elyafı fan vasıtasıyla emilerek torbalarda biriktirilmektedir. Makine durunca fan elle kapatılmaktadır. Şardon makineleri toplamda 67,26 kW gücündedir. Şardon makineleri üç tiptedir. 71 tip 18,56 kW, 80 tip 21,06 kW ve 81 tip 27,64 kW gücündedir. Şardon makineleri toplamda 67,26 kW gücündedir. Örnek bir şardon makinesi Şekil 2.11 ile gösterilmiştir.



**Şekil 2.11 :** Şardon makinesi.

**Karbon Zımpara Makinesi:** Kumaşın tüy yapısını düzenlemek ve istenen şekle getirmek için kullanılır. Fabrikadaki karbon zımpara makinesi 28,5 kW gücündedir. Örnek bir karbon zımpara makinesi Şekil 2.12 ile gösterilmiştir.



**Şekil 2.12 :** Karbon zımpara makinesi.

**Sanfor Makinesi:** Sanfor işleminin amacı, kumaşın en-boy stabilitesini sağlamak(kumaşı birçok yıkamadan sonra alacağı şekle sokmak),tuşe vermek ve buruşuklukları açarak ütümektir. Kumaş geçiş hızı, nemlilik değişken değerlerdir. Kumaş buhar ile çalışan iki keçe silindir arasından geçmektedir. Hız, kumaşın cinsine göre ayarlanmakta olup 15- 60m/dk arasında değişmektedir. Makinede kumaş çözgü yönünde %15'e kadar çektirilebildiğinden, makineden çıkan kumaş miktarı da makineye giren kumaş miktarından o kadar kısa olmaktadır. Santex Sanfor, Tüp Sanfor, Seperetto Sanfor, Ferraro Sanfor olarak 5 farklı tip sanfor makinesi bulunmaktadır. Makineler sırasıyla 13,16 kW, 21,06 kW, 9,87 kW, 38,17 kW, 52,66 kW gücündedir. Örnek bir sanfor makinesi Şekil 2.13 ile gösterilmiştir.



**Şekil 2.13 :** Sanfor makinesi.

**Tıraş Makinesi:** Tıraş makinesi olarak da anılan makaslama makinesinde kumaş, makas masasıyla düz ve spiral bıçakların arasından geçirilir. Dönen spiral bıçak sayesinde, kumaş yüzeyindeki lif çıkıntıları ve havlar belli bir uzunlukta kesilir. Böylelikle kumaş yüzeyi pürüzsüz, düzgün bir hâl alırken parlaklığı da artırılır. Fabrikadaki traş makinesi 7,9 kW gücündedir. Örnek bir traş makinesi Şekil 2.14 ile gösterilmiştir.



**Şekil 2.14 :** Traş makinesi.

### **Yardımcı Üniteler**

#### **Kazanlar:**

Fabrikada 2 adet buhar kazanı bulunmaktadır. Bir tanesi doğal gazla, bir tanesi de kömürle çalışmaktadır. Doğal gazlı olan kazanlar yedek konumunda olup, kömür kazanında arıza ve bakım yapılacağı zaman devreye alınmaktadır. Kömür kazanı ise akışkan yataklı kazan olup, yakıt olarak ortalama 4000 kcal/kg olan yerli linyit kullanılmaktadır. Akışkan yataklı kazanlarda yüksek hava basıncı etkisiyle havada yüzer hale getirilmiş kül ve kömür karışımı bir vaziyette ızgarasız olarak bir hava yastığı üzerinde yüksek verimle yakılmaktadır. Yanma esnasında yatak sıcaklığı 850<sup>0</sup>C civarında tutulmaktadır. Yanma sıcaklığının düşük olarak muhafaza edilmesinin neticesinde kül ergimesi olmadığı gibi, yanmamış yakıt ve ızgara kaybı meydana gelmemektedir. Kazana ait 2 adet 15 kW, 2900d/dk elektrik motoru ile çalışan besleme pompası mevcuttur. Kömür kazanı 2.15 ile gösterilmiştir.



**Şekil 2.15 :** Akışkan yataklı kömür kazanı.

Kömür kazanı özellikleri aşağıda verilmiştir:

- Kapasitesi: 15 ton/saat buhar
- Buhar sıcaklığı: 167<sup>0</sup>C
- Buhar basıncı: 7,84 bar

- Buhar cinsi: doymuş
- 2 adet yakma fanı bulunmaktadır.
- Primer fan %73 yükte çalışmaktadır.
- Kazan otomatik veya manuel çalışmaktadır.

Kazanda bir adet ekonomizer bulunmaktadır. 80<sup>0</sup>C gelen su 140<sup>0</sup>C kadar ısıtılmaktadır. Kömür kazanı ilk devreye alınırken kazan içi sıcaklık 450<sup>0</sup>C'ye ulaşana kadar 1,5-2 saat mazot yakılmakta daha sonra. kömür beslenmektedir. 600<sup>0</sup>C'de tamamen kömür yakılmaya başlanmaktadır. Kömür kalori değeri 4000-4500 kcal/kg altında olduğunda yatak değerleri düşmektedir. Bir adet çeneli kömür kırıcı bulunmaktadır. Satın alınan kömür bu kırıcıdan geçirilerek yakmada kullanılmaktadır. Sistemde bir adet degazör ve 2 adet kondens tankı bulunmaktadır. Degazör doğal gazlı kazanların olduğu kazan dairesindedir. Ayrıca 1 adet de kondens tankı bulunmaktadır. Buradan kondens 103<sup>0</sup>C civarında degazöre verilmektedir. Toplanan kondens, kondens tankında degazöre verilirken bir adet plakalı esanjör ile flaş buhar vasıtasıyla ısıtılarak alınmaktadır. Degazörden sıcak su 2 adet pompa ile kömürlü kazan kondens tankına basılmaktadır. Degazör içinde buhar serpantini vardır. Doğal gazlı kazanların her an devreye girmesinde yardımcı olması için bu sıcaklıkta tutulmaktadır. Degazörden kömür kazanı yanında bulunan kondens tankına alınmaktadır. Bu nedenle sıcaklık 80<sup>0</sup>C civarına düşmektedir.

### **Basınçlı Hava Sistemleri:**

**Kompresör:** Kompresör, bir gazın basıncını, hacmini düşürme veya hızını arttırma yoluyla yükselten mekanik ünedir. Fabrikada 110 kW gücünde 3 adet kayış tahrikli kompresör kullanılmaktadır. Fabrikada kullanılan kompresör Şekil 2.16 ile gösterilmiştir.



**Şekil 2.16 : Kompresör.**



### 2.3 Enerji Tüketiminin Belirlenmesi

Tekstil terbiye sektöründe boyama ve kurutma prosesleri ısıtma için en fazla enerji tüketen proseslerdir. Fabrikada üretim esas olarak elektrik, kömür, doğal gaz ve buhar elde etmek üzere su tüketimine dayanmaktadır. İşletmede kullanılan enerji kaynakları; elektrik, kömür ve doğal gazdır. Fabrikada önemli tüketim noktaları boyama, kurutma ve finishing (son işlem) prosesleridir. Ana enerji kullanıcıları boyama makineleri, kuru bölüm makineleri ve yardımcı işletmelerde (buhar kazanları, kompresör, hidrofor sistemleri, vs) kullanılan makinelerdir.

Boyama prosesi için 50°C’de sıcak su ve 165 derecede buhar kullanılırken, kurutma prosesi için buhar ve gaz kullanılmaktadır.

2015-2018 yıllarına ait enerji tüketimleri Çizelge 2.3 ile toplam enerji tüketimleri ise Çizelge 2.4 ile verilmiştir. Fabrikada ana enerji kaynağı olarak kömür kullanılmaktadır. Kömür termal enerji temini amaçlı buhar üretiminde, doğal gaz ise ram makinalarında, kurutma (santeks, stenter-nem alma), ve gaze (yakma) makineleri ile jetlerde besleme suyu ısıtılmasında, buhar jeneratöründe (boylerde) ve yemekhanede kullanılmaktadır. Elektrik enerjisi doğrudan şebekeden temin edilerek makinelerin beslenmesinde, elektrik motorlarında, soğutma ve sıcaklık kontrol sistemlerinde (HVAC), aydınlatma amaçlı ve ofislerde kullanılmaktadır.

**Çizelge 2.3 :** 2015-2018 yıllarındaki toplam enerji tüketim değerleri.

Yıl	GWh	TEP
2015	80,67	8067
2016	63,54	6354
2017	70,81	7081
2018	70,34	7034

**Çizelge 2.4 :** Toplam yıllık enerji tüketimleri.

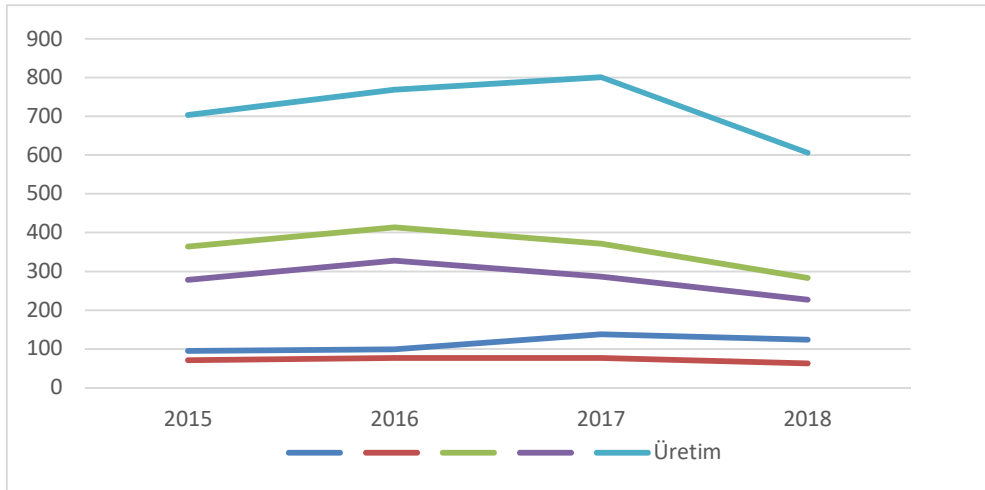
	Elektrik		Kömür		Doğal Gaz		Buhar	
	kWh	TEP	ton	TEP	Sm <sup>3</sup>	TEP	ton	TEP
2015	10.829.576	931	14.560	5623	1.833.883	1513	69.877.745	3843
2016	9.874.890	849	10.918	4371	1.374.432	1134	49.605,26	2728
2017	10.694.609	920	13.045	4977	1.434.648	1184	54.777,64	3013
2018	10.727.504	923	11.402	4456	2.006.566	1655	62.416	3408

Hesaplamalarda 1kWh= 0,000086 TEP, 1 Nm<sup>3</sup> Doğalgaz= 0,000825 TEP, 1 Ton Buhar= 0,055 TEP olarak birim dönüşümü yapılmıştır.

Toplam enerji tüketimi hesaplamalarına buhar tüketimi dahil edilmemiştir. Çünkü buhar elde edebilmek için kömür tüketilmektedir. Bu yüzden hesaba yalnızca kömür tüketimi dahil edilmiştir.

Boyama proseslerinde kullanılan buhar, maliyeti daha az olan kömürden akışkan yataklı buhar kazanı ile elde edilmektedir. Makineler ise doğal gazlı brülörlerle ısıtılmaktadır. Üretilen buhar boyama makineleri, sanfor makinelerinde, kurutma makinelerinde ve ısıtmada kullanılmaktadır. Sistemde kullanılan buhar 4-6 bar ve 158<sup>0</sup>C'dedir. Boya makineleri 95<sup>0</sup>C–130<sup>0</sup>C arası ısıtılmakta ve ardından 80<sup>0</sup>C'ye soğutularak işlemler yapılmaktadır. Bu makinelerin ısıtılması için makineler üzerinde eşanjörler (ısı değiştiricisi) kullanılmaktadır. Makineleri ısıtırken kullanılan buhar, soğuyunca 90<sup>0</sup>C–100<sup>0</sup>C kondens haline gelmekte, bu şekilde kapalı çevrim ile işletme içinde, kurutma ve sanfor makinelerinde de kullanılabilir.

Fabrikanın 2015-2018 yıllarında ortalama üretim ve enerji tüketim değerlerinin değişimi Şekil 2.17 ile verilmiştir. Üretim miktarını etkileyen ana unsur müşteri siparişleridir. Müşteri siparişleri yıllık trendlere ve piyasa şartlarına göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bu siparişlere sezonlar, yaz ve kış ayları dahi etkileyebilmektedir. Müşteri siparişlerinin yanı sıra yapılan enerji verimlilik uygulamaları da tüketimleri etkilemektedir.



**Şekil 2.17 :** 2015-2018 yıllarında aylık ortalama üretim (ton) ve enerji tüketim (TEP) değerleri.

Fabrikanın 2015-2018 yılları arası spesifik enerji tüketimi ton kumaş başına Çizelge 2.5 ile verilmiştir.

**Çizelge 2.5 : SET değerleri, ton kumaş<sup>-1</sup>.**

	2015	2016	2017	2018
<b>Elektrik, kWh</b>	1,40	1,18	1,17	1,12
<b>Kömür, kg</b>	1,90	1,31	1,42	1,21
<b>Su, itre</b>	106,00	90,00	89,00	60,00
<b>Doğalgaz, Sm<sup>3</sup></b>	0,23	0,17	0,16	0,21
<b>Buhar, kg</b>	9,05	7,24	7,77	6,58

Fabrikalarda enerji yönetimi çalışmaları enerji profilinin çıkarılması ile başlamaktadır. Enerji profili için fabrikanın üretim ve tüketim miktarları aylık değerler olarak elde edilir. Enerji analizleri gerekli hesaplamalar sonucunda üretim ve tüketim arasında bağlantı kurulmasını ve değerlendirme imkanı sağlar. Böylece enerji tasarrufu yapılabilecek noktalar ve tasarruf miktarları belirlenir. Bir fabrikada enerji tüketimi farklı faktörlere bağlı olarak ifade edilip hesaplanabilir. Böylece hedef tüketim değerleri belirlenebilir ve hedef değerler gerçek tüketim değerleri ile karşılaştırılarak izlenebilir. Bunun için spesifik enerji tüketim (SET) değerleri kullanılabilir. SET, birim ürün başına kullanılan enerji olarak tanımlanmaktadır. SET değeri, farklı işletme koşullarının fabrika üretim performanslarına etkisini izleme açısından önemlidir. SET değerinin büyümesi performansın düştüğünü ve enerji tüketiminin arttığını gösterir (Söğüt ve Oktay, 2006).

Başka bir değerlendirme yöntemi olarak, kümülatif değerler toplamı (CUSUM) grafiğinin çizilmesi de bir tesisin durumunun görülebilmesi için uygun olmaktadır. Bir sürecin sürekli olarak kontrolünün sağlanması için kronolojik sırada düzenlenmiş verilerin analizi CUSUM grafiği çizilerek yapılabilir. CUSUM kontrol çizelgesinde, süreç ortalamasındaki değişiklikler fark edilerek değişimin zamanı belirlenebilmektedir. Ayrıca CUSUM çizelgeleri geçmiş gözlemleri dikkate alarak mevcut durum hakkında fikir vermektedir (Karaboğa,2010). CUSUM grafiği fabrikanın üretimine ve tükettiği enerji miktarına bağlı olarak çizilir. İstenilen üretim ve tüketim değerlerine yaklaşıldığı en küçük kareler yönetimi ya da diğer adıyla regresyon analizi ile standart bir denklem aracılığıyla hesaplanır. Regresyon analizi için aşağıdaki Denklem (1.1) yararlanılır. (Çınar, 2008). Denklemi kurmak için gerekli olan eğim ve sabit gibi katsayılar hesaplanarak fabrikada gerçekleşen üretime karşılık gelen teorik enerji tüketim değerleri hesaplanır.

$$\text{Tüketim} = (\text{Eğim} \times \text{Üretim}) + \text{Sabit} \quad (1.1)$$

Gerçek ve hesaplanan teorik tüketim değerleri arasındaki farklar bulunur ve farkların toplamları alınarak CUSUM grafiği çizilir. Eğer veriler arasında matematiksel bir bağıntı yok ise yani standart denklem ile anlamlı sonuçlar çıkmıyorsa, hedef değerlere bağlı olarak, teorik tüketimler hesaplanır. Bu grafik incelendiğinde, eğimi negatif olan değerler ve negatif bölgede kalan alanlar tesisin iyi bir performansa sahip olduğu zamanları, pozitif bölgede kalan alanlar ise performansın düştüğü zamanları gösterir (Kedici, 1993, Söğüt ve Oktay, 2006). Performansın düşük olduğu zamanlar CUSUM grafiği ile belirlendikten sonra gerekli iyileştirme ve düzenlemeler yapılarak enerji tasarrufu miktarları belirlenmektedir. CUSUM grafiği bu çalışmada enerji verimliliği çalışmaları sonucu ortaya çıkan enerji tüketimindeki değişimi sürekli kontrol etmek için kullanılmıştır. Fabrikanın enerji performansındaki iyileştirmelerini ölçmek için bir başlangıç noktası olması için enerji referans çizgileri belirlenmiştir. Bir referans çizgisi oluşturmanın en iyi yöntemi, kullanılmış olması gereken enerji miktarını tahmin etmek için önceden belirlenmiş yönlendirici faktörleri kullanıp, bunu fiili olarak gerçekleşenlerle karşılaştırmaktır. Bu yöntemde referans çizgisi, enerji kullanımı ve yönlendirici eksenlerden oluşan regresyon grafiğinde noktaları birleştirmeye en uygun olan düz çizgidir. Performans iyileştikçe, bu çizgi aşağı yönlü hareket edecektir.

Regresyon analizi, iki ya da daha fazla değişken arasındaki bağlantıyı ölçmek için kullanılan analiz yöntemidir. Regresyon analizi hem anlama hem de yorumlama imkanı sağlamaktadır. Regresyon analizleri kullanılarak fabrikanın üretim miktarları ile üretilen mal miktarı için tüketilen enerji arasında ilişki kurulmasını sağlamaktadır. Bu ilişkiye göre üretim-tüketim miktarı net bir şekilde ortaya konularak CUSUM grafiğinin oluşturulması sağlanır (Tonta, 2008).

Radar grafiği, çoklu nicel değişkenleri karşılaştırmak için kullanılır. Hangi değişkenlerin benzer değerlere sahip olduğunu veya değişkenler arasındaki sapmaları göstermek için faydalıdır. Bununla birlikte, radar diyagramı, bir veri seti içindeki değişkenlerin yüksek veya alçak değerlerini görmek ve bunların performanslarının karşılaştırılmasında da kullanılmaktadır. Radar diyagramında, her değişkenin merkezden başlayan bir eksenini bulunur. Eksenler arasındaki aynı ölçek korunarak tüm eksenler birbirlerine eşit uzaklıkta olacak şekilde ve radyal olarak düzenlenir. Eksenleri birbirine bağlayan ızgara çizgileri, bu tabloda kılavuz olarak kullanılır. Her değişkenin değeri kendi eksenini boyunca ve veri setindeki diğer değişkenlerle poligon (çokgen) oluşturacak şekilde birbiriyle bağlanarak çizilir (Url-5).

## 2.4 Enerji Verimliliği Çalışmaları

Bu bölümde fabrikada enerji verimliliği uygulamaları açıklanmıştır. Enerji verimliliği çalışmalarında öncelikle fabrika içinde önemli enerji tüketimlerinin olduğu üretim birimleri, yardımcı işletmeler ve tüm binalar incelenmiştir. Kullanılan enerji kaynakları miktarları ile ortaya konulmuştur. Önemli enerji kullanıcıları Çizelge 2.6 ile verilmiştir.

**Çizelge 2.6 : Önemli enerji kullanıcıları (ÖEK) 2018 yılı.**

	Elektrik		Kömür		Doğal Gaz	
	kWh	%	kWh	%	kWh	%
Boya makineleri	2.252.775	21	39.898.818	77	0	0
Kuru bölüm	5.363.752	50	11.399.662	22	21.334.940	99,76
Yardımcı işletmeler	3.110.997	29	518.167	1	51.816	0,24
Toplam	10.727.504	100	51.816.647	100	21.386.756	100
Toplam Enerji tüketimi, kWh	83.930.907					

Proseslerde atık enerji olarak açığa çıkan ısı enerjisini üretimde kullanarak tekrar değerlendirmek mümkündür. Fabrikada termal enerji geri kazanımı genellikle sıcak atıksu hattından ısı eşanjörleri vasıtasıyla yapılmaktadır. Fabrikada uygulanan enerji verimliliği +çalışmaları aşağıda listelenmiştir.

### **Enerji kayıplarının belirlenmesi, önlenmesi ve geri kazanımı**

- Enerji bakım, izleme ve kontrol sistemi
- Kayıpların ölçülmesi
- Buhar hatlarına kondensatör konulması
- İzolasyon
- Vana ceketleri uygulaması

### **Isının verimli kullanılması**

- Boyama makinelerinde atık ısı geri kazanımı
- Ram baca gazı geri kazanımı
- Ram giriş kısmına infrared ısı ile kurutma yapmak

### **Elektriğin verimli kullanılması**

- Verimli motor kullanılması
- Uygun güçte motor kullanılması
- Kompresör sistemlerinde verimlilik

- Fanlarda verimli kayış kullanılması
- Aydınlatma

#### **Yakıtın verimli kullanılması**

- Kömür kazanında yakıtta iyileştirme
- Fire ürünlerin oranlarının azaltılması

#### **Eğitimler**

İşletmelerde enerji tasarrufu düşük bütçeli ve yatırım gerektiren çalışmalar ile yapılabilir. Düşük bütçeli projelerin uygulamaya konulması daha hızlı olmakta ve öncelikli olarak ele alınmaktadır. Ardından fizibilite çalışmaları ortaya konularak yatırım gerektiren projeler gündeme alınmaktadır.

### **2.4.1 Uygulanan Enerji Verimliliği Çalışmaları**

#### **2.4.1.1 Enerji kayıplarının belirlenmesi, önlenmesi ve geri kazanılması**

##### **2.4.1.1.1 Enerji bakım, izleme ve kontrol sistemi**

Enerji kayıplarının belirlenmesinde fabrikanın ana tüketim değerleri olan elektrik, doğalgaz, basınçlı hava ve su tüketimleri sürekli olarak izlenerek kontrol altında tutulmaktadır. Böylece kaçak ve kayıplar hemen farkedilerek önlenabilmektedir. 2015 yılı toplam enerji tüketimi=80.670.000 kWh/yıl değeri için genel uygulamalarda %0,2 tasarruf değerine göre (UNIDO, 2017) ;

$80.670.000 \times 0,002 = 161.340$  kWh/yıl eşdeğeri 13,87 TEP/yıl tasarruf sağlanabilmektedir.

##### **2.4.1.1.2 İzolasyon uygulamaları**

Tekstil boyahanelerinde çok ciddi buhar tüketimleri olduğundan buhar geçen ekipmanların izolasyonları çok önemlidir. İşletmede tüm buhar boruları, vanalar izole edilmiştir. Ayrıca ülkemizde olmayan boya makineleri izolasyonu işlemi TUBİTAK ile proje yapılarak yapılmıştır. Elde edilen enerji tüketimi Çizelge 2.7 ile verilmiştir.

**Çizelge 2.7 : Boyama makineleri izolasyon tasarruf miktarı.**

2018 Yılı Kullanılan Buhar Miktarı (Ton)	İzolasyon Tasarrufu	
	(%)	(Ton)
62416	27,75	16072

Hesaplamlarda 6 bar 1 kg buhar= 2763,5 kJ, 1 cal = 4,1868 J, 1kg buhar = 660 kcal, 1kWh = 860 kcal olarak birim dönüşümü aşağıdaki gibi yapılmıştır

Fabrikada bir adet izolasyonlu bir adet izolasyonsuz makineye sayaç takılarak üç ay boyunca aynı proseslerdeki buhar tüketim değerleri alınmıştır. Ortaya çıkan tasarruf oranına göre işletmedeki 32 adet boyama makinesine izolasyon çalışması uygulanmıştır. İzolasyon uygulaması yapılmış bir boyama makinesi Şekil 2.18 ile gösterilmiştir. Makineler ısıtılıp soğutulduğunda ortaya çıkan kayıplar izolasyonlar ile minimize edilmiştir. İzolasyon yapılması durumunda da gövdede, buhar giriş ve çıkışlarında önlenemeyen kayıplar bulunmaktadır. Söz konusu önlenemeyen kayıplar da dahil edilerek enerji tasarrufu hesaplaması yapılmıştır.

2018 yılı buhar tüketimi 62416 tondur. Boyama makinelerinin izolasyonu ile %25,75 oranında enerji tasarrufu sağlanmıştır. İzolasyon yapılarak 16.072 ton buhar kazancı olmaktadır. Buhar kömürden elde edildiği için, 1kg buhar 660 kcal olduğundan elde edilen kazanç 1060 TEP/yıl olmaktadır.



**Şekil 2.18 :** Boyama makinelerine izolasyon uygulaması.

#### **2.4.1.1.3 Vanalara ceket uygulanması**

Yetersiz derecede yalıtılmamış vanalar sürekli olarak enerji, dolayısıyla da para sarfiyatının kaynağı durumundadır. Vanalardaki kayıplar yüzeydeki oluşan ısı kayıplarıdır. Vanalara ceket uygulanmasıyla önemli enerji tasarrufu sağlanmıştır. Vana tiplerine göre enerji kayıpları ve vana sayıları Çizelge 2.8 ile verilmiştir.

**Çizelge 2.8 :** Vana tiplerine göre enerji kayıpları ve vana sayıları

Vana tipi	Enerji kaybı (kWh)	Vana Sayısı
DN25	2567	48
DN32	3064	43
DN40	3879	35
DN50	4579	45
DN65	5583	33
DN80	7091	30

Toplamda tüm vanalarda 993.753,72 kWh/yıl enerji kaybı olmaktadır. Vanalara ceket uygulanması ile ısı kayıpları önlenerek 85,46 TEP/yıl enerji kazancı elde edilmiştir.

Uygulanan vana ceketleri örneği Şekil 2.19 ile gösterilmiştir. Vana ceketleri hesabındaki detaylı teknik bilgiler EK-1 ile verilmiştir.



**Şekil 2.19 :** Vanalara ceket uygulaması.

#### **2.4.1.1.4 Buhar hatlarına kondensstop takılması**

Buhar sistemlerinin verimli çalıştırılması için, iyi tasarlanmış kondensstoplara (buhar kapanları), onların düzenli kontrolüne ve bakımına gerek vardır. Ancak bu şekilde buhar kaybı olmadan kondens ve hava hemen sistemden uzaklaştırılabilir. Kondensstopların düzenli boşaltma yaparak sisteme su birikmesine engel olmaları buhar akışını kesmemeleri gerekir. Aksi durumlarda fabrika çalışanlarının gerekli önlemi almak yerine by-pass hattını açması durumunda büyük enerji kayıpları oluşması söz konusudur. Kondensstopların periyodik olarak bakımları konusunda sorumlulara gerekli eğitimler verilmelidir. Fabrikada yapılan etütler sonucunda kondensstopların yaklaşık % 10'unun bozuk olduğu ortaya konulmuştur. Düzenli



olarak yapılan kontroller ve bakımlar ile bozuk kondenstop sayısının % 1 oranında kalması sağlanabilir. Fabrikada 2 depo yanı kollektör, 6 şamandıralı ve 112 adet kondenstop bulunmaktadır. Buhar kaçak miktarı orta basınç değeri (5-10 bar) , DN15 için ve tam kaçak sütunundan 15,1 kg/saat olarak alınarak yıllık kaçak miktarı hesaplanmıştır. Kaçak miktarına esas alınan tablo EK-2’de verilmiştir.

Buhar kaçak miktarı =15,1x8000 saat/yıl=120.800 kg/yıl

Kaçak buharın TEP eşdeğeri: (120.800 kg/yıl x 660 kcal/kg)= 79.728.000 kcal/yıl yaklaşık olarak 8 TEP/yıl olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca kondenstoplarda buhar kayıplarının önlenmesi için ilgili personel bilgilendirilerek gerekli önlemlerin alınması sağlanmaktadır.

#### **2.4.1.2 Elektriğin verimli kullanılması**

##### **2.4.1.2.1 Verimli motor kullanılması**

Tekstil endüstrisi üretim proseslerinde elektrik enerjisi tüketiminin %75’inden fazlası elektrik motorlarına aittir. Dolayısıyla elektrik motor sistemlerinin verimli çalıştırılması oldukça önemlidir. Kullanılan motorların çoğunluğu küçük güçlerde (4-7,5 kW) olmasına rağmen yüksek güçlerde de elektrik motoru kullanılmaktadır. Ayrıca motor güç aralıkları geniştir ve değişik yüklerde çalışma olasılığına sahiptir. Bu sebeple iki hızlı motorlar veya hız kontrol cihazlarının kullanılması enerji tasarrufu açısından önemlidir. Endüstride tek motorların kullanıldığı ya da yeni daha teknolojik makinelerde kontrol kartının kumanda ettiği birden fazla motorların kullanıldığı prosesler bulunmaktadır. Elektrik motorları genellikle % 50–%100 yük arasında çalışmak üzere tasarlanmış olmalarında rağmen % 75 yük civarında yüksek verim elde edilmektedir. %50 ve altındaki yüklenmelerde motorun verimi ciddi şekilde azalmaya başlamaktadır. Tekstil sektörlerinde proseslerden dolayı elektrik motorları değişken yüklerde çalışmaları gerekmektedir. Bu koşullarda elektrik motorlarının yüklenmeleri kontrol etmek ve enerji tasarrufu sağlayabilmek için invertörler kullanılmalıdır. İnvörtörlerin kullanımıyla elektrik motorlarının verimleri yükselmektedir (Öztürk, 2012).

Elektrik motorlarında verimliliğin ortaya konulabilmesi için çok sayıda standart belirlenmiştir. Bu standartlar genel olarak ilave yükler ve kaçakların nasıl önlendiği ile ilgilidir. Bu standartlardan biri olan Japon verimlilik ölçüm standardı JEC 37, ilave yüklerin kayıplarını ihmal ederken IEEE 112-B standardı ilave yüklerin kayıpları,

giriş ve çıkış güçleri arasındaki farklardan doğan stator, rotor, demir ve sürtünme kayıpları ile ilgilenir. (Önöz, 2008)

Mevcut motorların yüksek verimli motorlar ile değiştirilmesi konusunda, enerji tasarrufu hesabı yapabilmek için aşağıdaki bilgilerin bilinmesi gerekmektedir:

- Mevcut motorun anma gücü ve devir sayısı
- Yüklenme oranı
- Yıllık toplam çalışma saati

İşletmelerde elektrik enerjisini mekanik enerjiye çevirmek için elektrik motorları kullanılmaktadır. Elektrik motorları IE1, IE2, IE3 ve IE4 olarak enerji verimliliği açısından 4 sınıfa ayrılmaktadır. Ülkemizde ağırlıklı olarak IE2 motorlar kullanılmaktadır. Ancak, IE3 sınıfı verimli motorların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Fabrikanın enerji politikasında yeni alınacak tüm 4 kW ve üstü motorların IE4 verim sınıfında olma zorunluluğu vardır. Bu şart ile 3 yıl içinde elektrik tüketiminin %5 azaltılması amaçlanmıştır.

Fabrikadaki motorların tamamı invertörlü olduğu için motorlara ilişkin getirilebilecek öneri IE1 standart verimlilik sınıfından motorların, IE3 premium sınıflı motorlarla değiştirilmesidir. Bu sayede %2 ile %6 arasında tasarruf sağlanabilir. Ayrıca sarıma giden motorlarda da %1-4 arasında verim kaybı oluşacağından, sürekli işletmede çalışan motorlar için sarım tavsiye edilmemektedir. Uluslararası Elektroteknik Komisyonu'nun (IEC) 600034-30-1 standardına göre belirlenen elektrik motorlarının verimleri EK-3 ile gösterilmiştir.

Çalışma kapsamında 15 kW gücünde, 4 kutuplu ve 1400 d/dk devir ile çalışan IE1 elektrik motorunun IE4 motorlar ile değiştirilmesi ele alınmıştır. Ele alınan motor yılda yaklaşık 7200 saat çalışmaktadır. IE1 motorun verimi %88,7 iken IE4 motorun verimi %93,9 civarındadır. Motorların değiştirilmesi ile elde edilen enerji kazancı aşağıdaki Denklem (2.1) ile verilmiştir.

$$E_t = P_m \times YF \times t_y \times \left( \frac{1}{\eta_s} - \frac{1}{\eta_e} \right) \quad (2.1)$$

$E_t$  : bir yıldaki enerji tasarrufu miktarı, kWh/yıl

$P_m$  : motor mekanik gücü, kW

YF : yük faktörü, belirli bir periyottaki (yıl, ay, gün) tüketimin, aynı periyottaki sürekli kullanımın karşılığı maksimumu yansıtan tüketime ya da diğer uygun bir talebe oranıdır. 0,75 kabul edilmiştir.

$t_y$  : yıllık çalışma süresi (saat/yıl)

$\eta_s$  : düşük verimli motorun verimi, %88,7 (IE1 için)

$\eta_e$  : yüksek verimli motorun verimi, %93,9 (IE4 için)

$$E_t = 15kW \times 0,75 \times 7200h \times ((1/0,887)-(1/0,939))$$

$$E_t = 5298,16 \text{ kWh (0,455 TEP)}$$

Fabrikadaki tüm motorlar için yapılan hesaplama sonucu Çizelge 2.9 ile verilmiştir.

**Çizelge 2.9 : Fabrikadaki motorların verim değerleri.**

Motor Gücü	Motor Sayısı	IE1	IE4	Çalışma Saati	Çalışma Günü	Tasarruf Miktarı (kWh)	Tasaruf Miktarı (TEP)
4	74	0,831	0,911	20	360	168910	14,53
5,5	15	0,847	0,919	18	360	37087	3,19
7,5	31	0,86	0,926	18	360	93647	8,05
11	17	0,876	0,933	18	360	63382	5,45
15	7	0,887	0,939	18	360	31860	2,74
18,5	6	0,893	0,942	18	360	31423	2,70
22	22	0,899	0,945	18	360	127364	10,95
30	15	0,907	0,949	20	360	118572	10,19
Toplam	187					672246	57,8

Fabrikadaki IE1 motorların, IE4 motorlar ile değiştirilmesinden 57,8 TEP/yıl kazanç elde edilmiştir.

#### 2.4.1.2.2 Uygun güçte motor kullanılması

Asenkron motorların verimlilikleri üretilen güce bağlı olarak büyük farklılık gösterir. Motor etiket değerine yakın bir değerde örneğin % 85-% 90 güçle çalıştırılırsa en iyi verim elde edilir. Motordan çekilen güç düştüğü zaman buna bağlı olarak güç faktörü de düşecektir. Aşırı büyük seçilmiş motor direkt kayıplara ve aynı zamanda da reaktif gücü etkilediği için indirekt kayıplara neden olur.

İhtiyaç duyulan güce göre motor kullanılması enerji verimliliğini etkileyen önemli bir faktördür. İhtiyaç duyulan enerji ölçüm aletleriyle bulunabilir. Örneğin bir pompa

11 kW gücündeki bir motor ile çalıştırılmaktadır. Ancak ölçümler sonucu pompanın ihtiyaç duyduğu enerji 5,6 kW olarak belirlenmiştir. Uygun güçte motor kullanılmasının enerji kazancı Denklem (2.2) gibidir.

$$G_G/G_N = \frac{5,6}{11} = 0,51 \quad (2.2)$$

$G_G$  : gerçek güç

$G_N$  : nominal güç

$G_i$  : ihtiyaç duyulan güç

Vardiya değişimleri gibi motorun tam kapasite çalışmasını etkileyecek koşullar göz önüne alındığında motorun %60 kapasitede çalıştığı kabulü ile;

$$G_i = G_G \times 0,60 = 5,6 \times 0,60 = 3,36 \text{ kW} \quad (2.3)$$

Gerçek güce en yakın üretilen güçteki motor 7,5 kW'tır. 7,5 kW IE2 4 kutuplu bir motor %88,7 verime sahiptir.

$$\text{Çekilen güç} = \frac{3,36}{0,887} = 3,78 \text{ kW}$$

$$\text{Güç Tasarrufu} = 5,6 - 3,78 = 1,82 \text{ kW}$$

Yılda 8000 saat çalıştığı varsayılırsa;

Bir yıldaki toplam tasarruf =  $1,82 \times 8000 = 14.560$  kWh/yıl eşdeğeri 1,25 TEP/yıl tasarruf yapılabilmektedir. Çizelge 2.9 ile verilen motor sayılarına bakıldığında 7,5 kW gücüne sahip 31 motor olduğu için ;

Toplam tasarruf miktarı  $1,25 \times 31 = 39$  TEP/yıl olmaktadır.

#### **2.4.1.2.3. Kompresör sistemlerinde verimlilik**

Basınçlı hava sistemleri yoğun enerji tüketen birimlerdir. Bu sebeple kompresörlerde enerji verimliliği uygulamaları oldukça önemlidir. Kayıp ve kaçakların önlenmesinin dışında kompresörlerde invertör uygulamaları, kompresörlerin otomatik çalıştırılmaları, çıkış havasına ısı eşanjörü konulmasıyla sıcak su elde edilmesi gibi uygulamalar ile enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

##### **2.4.1.2.3.1 Kompresörlere invertör uygulanması**

İnvertörler, alternatif akımla çalışan motorun hızını yüksek kalkış momentiyle durağan halden istenilen hıza ve süreye ayarlayabilen hız kontrol cihazlarıdır. Elektrik motorlarında frekans değiştirici olarak kullanılırlar. Ayrıca invertörler, şebekeden çekilen 1-3 fazlı alternatif akımı öncelikle doğru akıma çevirip filtre devresinden geçirerek alternatif akımdan gelen sinüsoidal dalgalanmaları temizleyerek filtreleme sağlamaktadırlar (Acar,2012). Kompresörlerdeki havanın

tahriklenbilmesi için elektrik motorları kullanılmaktadır. Kompresörlere ait olan elektrik motorlarına invertör uygulanmasıyla makinenin çalışma ömrü ve verim artmaktadır. Fabrikadaki bir adet kompresöre invertör uygulaması yapılmıştır. Kompresörlerin günde 24 saat, ayda 28 gün çalışması esasına göre hesaplamalar yapılmıştır. Kompresörde devir sayısı ve hava üretim kapasitesi doğru orantılıdır. Hesaplama esasları aşağıda belirtilmiştir. Alınan bilgiler değerlendirildiğinde gerçek devir sayısı Denklem (2.4) ile hesaplanmıştır:

$$N_g = T_y \times \frac{N_n}{T_\zeta} \quad (2.4)$$

$T_y$  : yükte çalışma süresi, 508 saniye,

$N_n$  : motorun nominal devir sayısı, 2850 devir/dakika,

$T_\zeta$  : toplam çalışma süresi, 652 saniye

$N_g$  : gerçek devir sayısı

$$N_g = 508 \times \frac{2850}{652} = 2220,6 \text{ devir/dakika}$$

Kompresörlerde devir ve motorun çektiği güç doğru orantılıdır. Kompresörün çalışma periyodu boyunca çekeceği ortalama güç değeri aşağıdaki Denklem (2.5) ile hesaplanmıştır:

$$P_{ort} = \frac{N_n}{N_g} \times P_m \quad (2.5)$$

$P_m$  : motor gücü kW, 110kW

$P_{ort}$  : ortalama çekilen güç

$$P_{ort} = \frac{2220,6}{2850} \times 110 = 85,71 \text{ kW}$$

Mevcut durumda kompresör için hesaplanan aylık enerji harcaması aşağıdaki Denlem (2.6) ile hesaplanır,

$$P = (\sqrt{3} \times U \times I_y \times \cos\varphi \times \left(\frac{T_y}{T_t}\right) \times \text{Gün} \times \text{Saat}) + (\sqrt{3} \times U \times I_b \times \cos\varphi \times \left(\frac{T_b}{T_t}\right) \times P_{aylık} \times T_g) \quad (2.6)$$

$T_b$  : boşa çalışma süresi, 144 saniye

$P_{aylık}$  : aylık ortalama çalışma gücü, 110kW

$T_g$  : günlük ortalama çalışma süresi, 1440 saniye

$\cos\varphi$  : 0,90

Denklemlere göre kompresör için hesaplanan aylık ortalama güç harcaması hesaplandığında;

$$P = 69.321,23 \text{ kW}$$

Eğer kompresör invertör ile kontrol edilirse, hesaplanan aylık güç harcaması;

$$P = 57.594,11 \text{ kW}$$

Yıllık toplam tasarruf miktarı aşağıdaki Denklem (2.7) ile hesaplanır.

$$(\text{Aylık ortalama güç} - \text{İnvertör ortalama aylık güç}) \times 12 \text{ Ay} \quad (2.7)$$

Yıllık toplam tasarruf miktarı:  $(69.321,23 \text{ kW} - 57.594,11 \text{ kW}) \times 12$

Yıllık toplam tasarruf miktarı: 140.725,44 kW/yıl eşdeğeri 12,1 TEP/yıl olmaktadır.

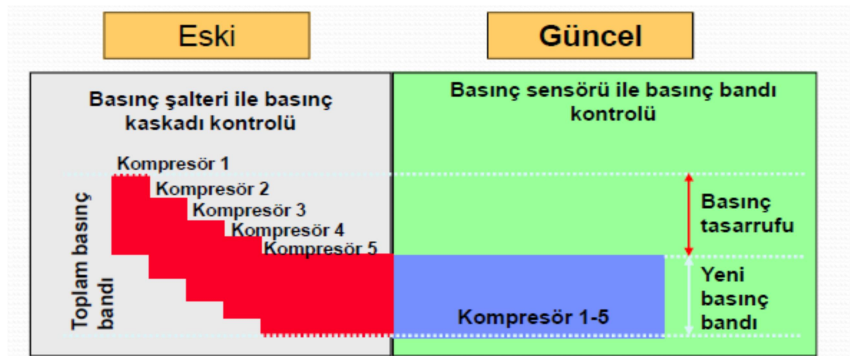
Ele alınan veriler ve yapılan yaklaşımlar sonucu; kompresöre inverter eklenmesi sonucu yaklaşık %16,92 kW enerji tasarrufu sağlanmıştır.

#### 2.4.1.2.3.2 Kompresörlerin otomasyon sistemine bağlı olarak çalışması

Kompresör sistemlerinin kontrolünün merkezileştirilmesi son yıllarda gelişmeye başlamış ve daha verimli kompresör sistemlerini önemli ölçüde artırmıştır. Kompresörlerin otomasyon sistemine bağlı olarak çalışmasının sağladığı faydalar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Birden çok kompresörün kontrolü çok dar bir basınç bandı içerisinde mümkün olmaktadır. Yaklaşık olarak 0,4 bar değerinde basınç kazancına bağlı olarak enerji tasarrufu sağlanabilir.
- Sistem basıncı ölçülerek hava ihtiyacına göre kompresör seçimi yapılabilir.
- Ana makine seçimi programlanarak kompresörlerin boşa çalışması önlenir.
- İki yönlü iletişim mümkündür.

Basınç sensörü kullanılması ile elde edilecek basınç kazancı Şekil 2.20 ile gösterilmiştir.

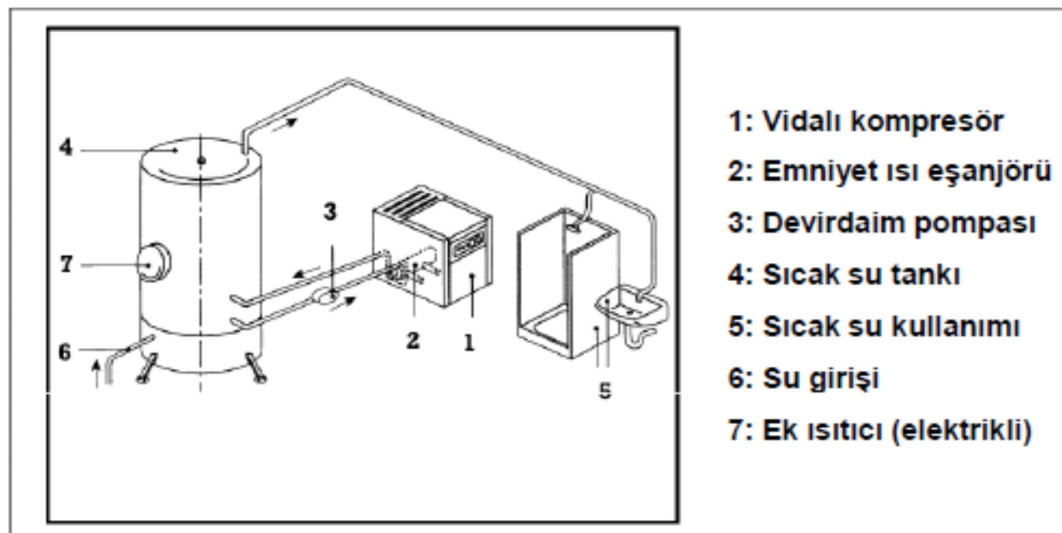


Şekil 2.20 : Eski ve yeni çalışma şekilleri.

Tam yükte çalışma oranı en az % 90'a yükselttilerek %20 ve daha fazla oranda enerji tasarrufu sağlanabilir. %5 oranında bir tasarruf kabulü ile (Kaiser Kompresör);  
110 kW gücündeki kompresör motoru için;  
 $110 \times 0,05 = 5,5$  kW tasarruf sağlanabilir  
8000 saat/yıl çalışma süresi kabulü ile;  
Yıllık enerji tasarrufu:  $5,5 \times 8000 = 44.000$  kWh/yıl eşdeğeri olarak 3,78 TEP olarak hesaplanmıştır.

#### 2.4.1.2.3.3 Kompresörlerden sıcak su eldesi

Hava soğutmalı yağlı kompresörler için tüm yıl boyunca ısı geri kazanımı sağlayacak üniteler eklenmiştir. Yağ ve hava soğutmalı olan kompresörlerde soğutucu by-pass yapılarak bir tarafında yağ, diğer tarafında su olan bir ısı eşanjöründen geçirilerek yağın ısısı suya aktarılır. Yağın ısıttığı su yağ-su eşanjöründen çıkarak, aynı zamanda yalıtılmış bir sıcak su biriktiricisi niteliğindeki eşanjöre girerek sıcak su elde edilir. Sıcak su proseslerde ve personelin ihtiyacında kullanılmaktadır. Uygulama kapsamında ele alınan kompresörde  $18,7$  m<sup>3</sup>/dk debisinde 92 kW'lık bir ısı akışı olmaktadır. Kompresörün bakımlar, arızalar gibi etkenler dikkate alınarak yılda 2000 saat çalıştığı kabul edilerek akan ısıdan sağlanacak yıllık enerji tasarrufu;  
 $92\text{kW} \times 8000$  saat = 736000 kWh /yıl eşdeğeri 63,3 TEP/yıl olarak hesaplanmıştır. Elde edilen kazanıcı sağlayan sistem şeması Şekil 2.21 ile verilmiştir.



Şekil 2.21 : Kompresör ısının geri kazanımı sistem şeması.

#### 2.4.1.2.3.2 Kompresörlerde emiş hava sıcaklığı verim artışı

Kompresörlerin emiş hava sıcaklığı düşürülerek daha az hava ihtiyacı ile enerji tasarrufu sağlanabilir. Kompresörlerin emiş hava sıcaklıklarına göre tasarruf miktarları Çizelge 2.10 ile gösterilmiştir.

**Çizelge 2.1** : Giriş hava sıcaklığına göre tasarruf miktarları, (Moussavi vd., 2014).

Giriş havası sıcaklığı, °C	21 °C sıcaklıkta 1000 m <sup>3</sup> debi için gerekli hava hacmi	21 °C sıcaklığa göre tasarruf veya fazla tüketim (% kW)
-1	925	%7,5 tasarruf
5	943	%5,7 tasarruf
10	962	%3,8 tasarruf
16	981	%1,9 tasarruf
21	1000	%0 tasarruf
27	1020	%1,9 fazla tüketim
32	1040	%3,8 fazla tüketim
37	1060	%5,7 fazla tüketim
43	1080	%7,5 fazla tüketim
49	1100	%9,5 fazla tüketim

Çalışma kapsamında incelenen kompresörün gücü 100 kW'tır. Yapılan çalışmada hava emiş ağzına yakın yerde sıcak su kazanı bulunmaktadır, özellikle yaz aylarında emiş havası sıcaklığının artması kompresör verimi düşürmektedir. Yaz aylarında emiş sıcaklığı 32°C, kış aylarında ise 22°C civarında olmaktadır. Kompresörlerin fabrikanın güney tarafında olması da ayrıca emiş hava sıcaklığına etki etmektedir.

32 °C'lığın 16 °C düşmesi halinde yapılacak tasarruf oranı:

32°C karşı gelen hava miktarı=1040 m<sup>3</sup>

16°C karşı gelen hava miktarı=981 m<sup>3</sup>

Tasarruf oranı =  $\left(\frac{T_{32} - T_{16}}{T_{32}}\right) \times 100$  denklemi ile

(1040-981/1040) x 100= %5,7 olarak hesaplanır.

Bu havayı elde etmek için kompresörün tam yükteki gücü 100 kW ve yıllık çalışma süreside 8000 saat alındığında:

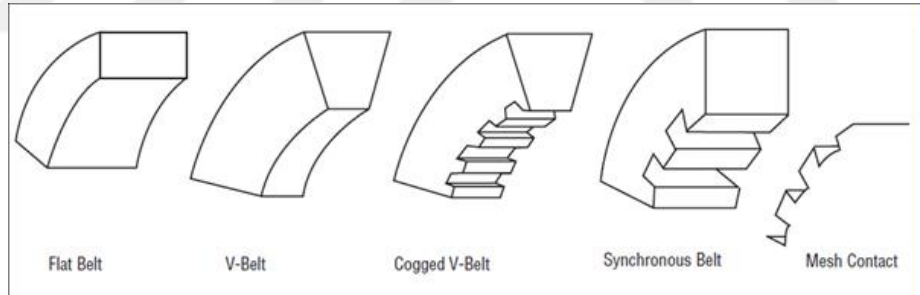
Yıllık tasarruf miktarı = 0,057 x 100 x 8000 = 45600 kWh/yıl eşdeğer 3,92 TEP/yıl olmaktadır.



Basınçlı hava sisteminin mümkün olduğu kadar merkezi olması gerekmektedir. Kompresörlerin verimli çalışması için genel olarak hava ihtiyacının fazla olduğu yere yakın yerleştirilmeleri gerekir. Kompresör odalarında iyi hava sirkülasyonu sağlanmalı, sürekli olarak temiz ve serin hava girişi temin edilmeli, bakım ve servis için yeterli alan bırakılmalı, oluşan ısı yükleri odadan kanal, fan, davlumbaz, pencere gibi elemanlarla uzaklaştırılmalı, kompresör ve kurutucuda oluşan ısı yüklerinin diğer kompresörler tarafından emilmesi engellenmeli ve kompresör egzoz havası yer uygunsa dik olarak, değilse %15 eğimli bir kanalla atılmalıdır.

#### 2.4.1.2.4 Fanlarda verimli kayış kullanılması

Kayışlar genellikle motordan sürülen fan sistemine güç transferi için kullanılırlar. Kayış sürüş uygulamalarının çoğunda düşük maliyetli olmaları nedeniyle düz V-kayışlar kullanılır. Düz V-kayışlar yeniyken genelde % 90–95 verime ulaşırlar. Düz V-kayışlara göre dişli V-kayışlarda düz olan alt kısmın yerine daha iyi tutuş ve daha az kayma sağlayan boydan boya girintiler olması nedeniyle %2 ile 5 arasında daha verimli çalışırlar. Senkron kayışlar ise dişli kayışlarla oluklu kasnakların birleşimidir ve kaymayı en aza indirerek verimi en aza indirerek verimi % 97–99'e kadar çıkabilir. Kayış çeşitleri Şekil 2.22 ile verilmiştir.



Şekil 2.22 : Kayış çeşitleri.

Kömür kazanında kullanılan 75 kW'lık bir sekonder fanı için aşağıdaki hesaplama yapılmıştır:

Normal (düz V) kayışla çalıştığında %92 verim ile (%90-95 verim aralığına göre);

$$75 * 0,92 = 69 \text{ kW,}$$

Dişli V-kayış kullanıldığında  $75 * 0,98 = 73,5 \text{ kW}$  güç elde edilecektir.

Aradaki fark =  $73,5 - 69 = 4,5 \text{ kW}$  güç kaybı olmaktadır.

$4,5 \text{ kW} * 8500 \text{ saat/yıl} = 38.250 \text{ kWh/yıl}$  eşdeğeri 3,3 TEP/yıl enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

#### 2.4.1.2.5 Aydınlatma sistemlerinde verimlilik

Aydınlatma sistemleri enerji tüketiminde oldukça önemli bir yere sahiptir. Sanayi sektörlerinde tüketilen enerjinin yaklaşık %20'si aydınlatma sistemlerine aittir. Aydınlatma sistemlerinin enerji tüketiminde büyük bir yere sahip olması bu alanlarda enerji tasarrufu ve verimlilik çalışmalarının önemini ortaya koymaktadır. Belirlenen ihtiyaca göre aydınlatma sistemi kurulmalıdır. İhtiyaç belirlenirken aydınlatılacak bölgenin mimari yapısı, ortamın aydınlık düzeyi ve işlevsel özellikler iyi bilinmelidir. Aydınlatılacak bölgenin öncelikle enerji kullanılmadan aydınlatılması amaçlanmalıdır. Gün ışığı sensörleri ve aydınlatma sistemlerinin aydınlatılacak yüzeye daha yakın kurulması uygun çalışma örnekleridir. Enerji tasarrufunu sağlayacak başka çalışma ise aydınlatmada kullanılan armatürlerin günümüz teknolojisinde sıkça kullanılan LED armatürler ile değiştirilmesidir. Bu değişimler ile önemli kazançlar olmaktadır (Gençoğlu ve Özbay, 23119). Fabrikada aydınlatma için yapılan uygulamalar aşağıda ele alınmıştır.

#### **2.4.1.2.5.1 Gün ışığı sensörü konularak elektrik tasarrufu sağlanması**

Üretim hatlarında aydınlatmanın sürekli olması gerekmeyen yerlerde lambalar hareket sensörü ile yakılıp söndürülebilir. Emniyet açısından gerekli yerlerde sürekli yanan birkaç armatürün haricinde diğer lambalar hareket sensörüne bağlanmıştır.

Fabrikada depo bölümünde 192 adet 2x36W, 25 adet 2x36W ve 22 adet 2x54W'lık olmak üzere toplamda 239 adet armatür kullanılmaktadır.

Toplam tüketilen güç:  $(2 \times 36 \times 192) + (2 \times 36 \times 25) + (2 \times 54 \times 22) = 18.000 \text{ W}$ 'tır

Sadece gündüz 10 saat çalışması durumunda tüketim:

$18.000 \text{ W} \times 10 \text{ saat/gün} \times 365 \text{ gün/yıl} = 65.700 \text{ kWh/yıl}$  olmaktadır.

Gün ışığı sensörü kullanılması ile %25 tasarruf sağlandığı sisteme bağlanan elektrik sayacı ile tespit edilmiştir. Buna göre tasarruf miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$65.700 \text{ kWh/yıl} \times 0,25 = 16.425 \text{ kWh/yıl}$  eşdeğeri 1,41 TEP/yıl enerji tasarrufu sağlanmıştır.

#### **2.4.1.2.5.2 Aydınlatma armatürlerinin yüksekliklerinin ayarlanması**

Lambaların çalışma sahasına olan uzaklığı arttıkça aydınlatma verimi azalır. İstenen aydınlatma şiddetini yakalamak için büyük kapasiteli lamba kullanmak zorunda kalınır. Buda elektriğin daha fazla tüketilmesine neden olur. Depo sahasında 8 m olan armatür yükseklikleri 7,15 m'ye düşürülerek enerji tasarrufu sağlanmıştır. Şekil 2.23 ile gösterilmiştir.



**Şekil 2.23** : Depo aydınlatması.

Fabrikada aydınlatma tasarrufu için seçilen alan bilgileri aşağıdaki gibidir:

Genişlik (a)= 100 metre, uzunluk (l)= 10 metre, yükseklik (H)= 8 metre

Alan = a x l = 100 x 10 = 1000 m<sup>2</sup>

H<sub>ç</sub> ; armatürlerle çalışma yüzeyi arasındaki yükseklik

H<sub>a</sub> : armatür yüksekliği

$$H_{\text{ç}} = H - H_a$$

$$H_{\text{ç}} = 8 - 0,85 = 7,15 \text{ metre}$$

İdeal aydınlatma alanı (oda indeksi), (k) aşağıda belirtildiği gibi hesaplanır.

$$k = \frac{a \times l}{H_{\text{ç}}} \times (a+1)$$

$$k = 100 \times 10 / 7,15 \times (100+10) = 10000 / 7,15 \times (110) = 1000 / 787 = 1,27$$

Gerekli toplam ışık akısı ise aşağıdaki Denklem (2.8) ile aşağıda verilen değerler ile hesaplanmıştır.

$$\Theta_T = \frac{d \times E \times A}{\eta \times d} \quad (2.8)$$

Θ<sub>T</sub>: gerekli toplam ışık akısı, lümen (lm)

d : kirlenme faktörü, birimsiz, 1

E : aydınlık düzeyi, lm/m<sup>2</sup>, lüks, 150

A : odanın alanı, m<sup>2</sup>

η : oda aydınlatma verimi, %41

$$\Theta_T = \frac{1 \times 150 \times 1000}{0,41} = 365.854 \text{ lümen}$$

Gerekli ampül sayısı (N) aşağıdaki denklem (2.9) ile hesaplanmıştır.

$$N = \frac{\theta T}{\theta L} \quad (2.9)$$

$\theta_L$ : kullanılacak olan armatürün ışık akısı, lümen. Enerji verimi dikkate alınarak kullanılan aydınlatma aygıtının gücüne göre uygun tablodan belirlenir. 2100 kabul edilerek hesaplama yapılmıştır.

$$N = \frac{365.854}{2100} = 174 \text{ adet ampül yeterli olacaktır.}$$

Gerekli aydınlık düzeyi, E Denklem (2.10) ile hesaplanmıştır.

$$E = \frac{\theta \times L \times \eta}{d \times A} \quad (2.10)$$

L : ampül sayısı

$$E = \frac{2100 \times 174 \times 0,41}{1,0 \times 1000} = 149,8 \text{ lüks hesaplanır.}$$

Kullanılan 192 adet ampul 174 adete düşürüldüğünde 18 adet ampul tasarrufu olacaktır. Her ampülün 36 W güç çektiğini kabul edilirse,

$$18 \times 36 \text{ W} = 648 \text{ W saatlik kazanç olacaktır.}$$

Yıllık tasarruf miktarı:  $648 \times 8400 \text{ saat/yıl} = 5443 \text{ kWh/yıl}$  eşdeğeri yaklaşık olarak 0,47 TEP/yıl olarak hesaplanmıştır.

#### **2.4.1.2.3.5.3 Balastlı armatürlerin LED armatürler ile değiştirilmesi**

Yapılan aydınlık düzeyi ölçümlerinde üretim bölümünde yüksek tavanda kullanılan 2x36W floresan armatürlerin aydınlatma şiddeti değerlerinin düşük olduğu görülmüştür. Bu alanlarda lümen değeri büyük olan yüksek tavan armatürlerinin tercih edilmesi önerilmektedir. Yıllık 7200 saat çalışma esasına göre hesaplamalar yapılmıştır.

Fabrikada 86 adet 2x36W mekanik balastlı etanj armatürler toplamda 72W enerji tüketmektedir, bu armatürler 86 adet 2x18W lineer LED tüp ampullerle değiştirilerek; 22.776 kWh/yıl kazanç,

95 adet 2x36W elektronik balastlı etanj armatür ampulleri yine 95 adet 2x18W lineer LED tüp ampullerle değiştirilerek 24.528 kWh/yıl kazanç,

374 adet 2x36W elektronik balastlı TMS tip armatür ampulleri 374 adet 2x18W lineer LED tüp ampullerle değiştirilmesi; 96.885 kWh/yıl kazanç,

268 adet 4x18W mekanik balastlı kare armatürlerin 268 adet 36W LED panel armatürlerle değiştirilmesi; 69.535 kWh/yıl kazanç,  
51 adet 2x54W elektronik balastlı yüksek tavan armatür ampulleri 51 adet 2x28W lineer LED tüp ampullerle değiştirilmesi ile 19.272 kWh/yıl kazanç,  
20 adet 2x250W civa buharı ampullü çift kollu direk tipi armatürler 20 adet 2x100W LED projektör armatürlerle değiştirilmesi ile 42.433 kWh/yıl kazanç,  
Tüm bu değişimlerden sonra toplamda 275.429 kWh/yıl eşdeğeri 27,54 TEP/yıl kazanç sağlanmaktadır.

### **2.4.1.3 Isı enerjisinin verimli kullanılması**

#### **2.4.1.3.1 Boyama makinelerinde atık ısı geri kazanımı**

Fabrikada boyama prosesindeki su tüketimine bağlı olarak oldukça fazla miktarda sıcak atık su oluşmaktadır. Her proseste de çok sayıda ısıtma ve soğutma adımları bulunmaktadır. 20<sup>0</sup>C’de alınan sular makinelerde 130<sup>0</sup>C’ye kadar ısıtılmakta proses sonrasında 50<sup>0</sup>C’ye kadar soğutulmaktadır. Bu işlemler esnasında atık su, soğutma suyu ve flash buhar oluşmaktadır. Prosesler sonucu atılmak zorunda kalınan ısı enerjisi geri kazanılmak üzere ısı geri kazanımı, flaş buhar ve soğutma suyu kazanımı için uygulamalar yapılmıştır. Atık su ısı geri kazanım şeması Şekil 2.24 ile verilmiştir.

Boya makinelerini soğutmak için soğutma suyu geri kazanım sistemi kurulmuş, flash buhar geri kazanım sistemi devreye alınmıştır. 2006 yılında 1000 TEP- 50000 TEP enerji kullanıcıları arasında Enerji Bakanlığı tarafından yapılan; Sanayide Enerji Verimliliği proje yarışmasında birinci olmuştur. Enerji tasarruf miktarı aşağıdaki Denklem (2.11) ile hesaplanmıştır.

$$Q=M \times C_p \times \rho \times \Delta T \quad (2.11)$$

M : Su debisi, m<sup>3</sup>/saat,

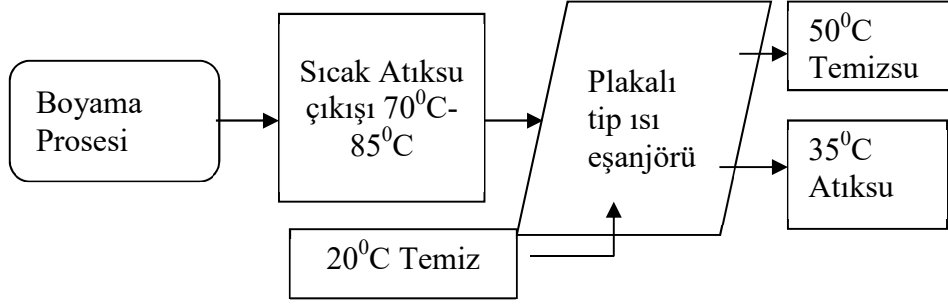
C<sub>p</sub> : sabit basınçta özgül ısınma ısısı (kcal/kg K )

P : yoğunluk, kg/ m<sup>3</sup>

ΔT : sıcaklık farkı, K

Boyama makinelerindeki ısı geri kazanımında 1.684.854 m<sup>3</sup> doğal gaz kazanımı ile yaklaşık 1390 TEP/yıl tasarruf sağlanmıştır. Flaş buhar geri kazanımında 244.575 m<sup>3</sup> doğal gaz kazanımı ile 202 TEP/yıl tasarruf sağlanmıştır. Soğutma suyu geri

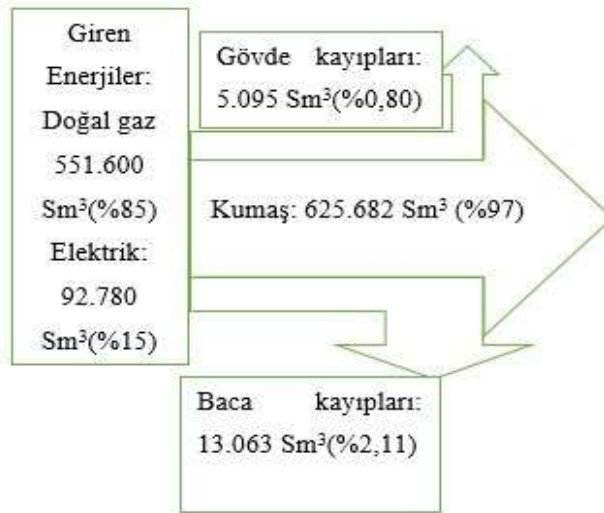
kazanımında ise 455.614 m<sup>3</sup> doğal gaz kazanımı ile 376 TEP/yıl tasarruf ile toplamda yaklaşık 1970 TEP/yıl kazanç sağlanmıştır.



Şekil 2.24 : Boyama makinelerindeki atık ısı geri kazanım şeması.

#### 2.4.1.3.2 Ram makinelerinde atık ısı geri kazanımı

Ram makinelerinin baca atık ısısından faydalanılarak besleme suları ve yakma havası ısıtılabilir veya kumaşa ön ısıtma yapılabilir. Isıtılacak suyun depolanması gerekmektedir. Fabrikada havanın giriş ve çıkış noktalarının arasına reküperatör sistemi uygulanarak ram makinelerine ısı geri kazanım sistemi uygulanmıştır. Ram makinesi baca gazı sıcaklığı 149°C'dir. Bu havanın ısısı atık hava sistemine verilerek besleme suyu ve kumaşı kurutmak için gerekli olan hava ısıtılarak enerji tasarrufu sağlanırken baca gazı sıcaklığı 90°C'ye kadar düşürülebilmektedir. Ram makinesi besleme hava sıcaklığı 25°C'den 50°C'ye bu atık ısı geri kazanım sistemi ile çıkarılmaktadır. Ram makinesine ait sankey diyagramı Şekil 2.25 ve ram makinesinden atık ısı geri kazanımı yapılabilmesi için gerekli sistem şeması Şekil 2.26 ile gösterilmiştir



Şekil 2.25 : Ram makinesi sankey diyagramı.



**Şekil 2.26 :** Isı kazanımı otomasyon akış diyagramı

Ram makinesinin bacasından atılan ısının taşıdığı enerji Denklem (2.11) ile hesaplanmıştır. Denklemde;

$M$  : baca gazı debisi,  $m^3$ /saat, yapılan ölçümlere göre  $8951 m^3$ /saat alınmıştır.

$C_p$ :  $0,243 \text{ kCal/kg K}$

$\rho$  :havanın özgül kütlesi  $0,8150 \text{ kg/ m}^3$  olarak alınmıştır.

Baca gazı sıcaklık:  $149^\circ\text{C}$  ( $422 \text{ K}$ )

Ortam sıcaklığı= $25^\circ\text{C}$  ( $298 \text{ K}$ )

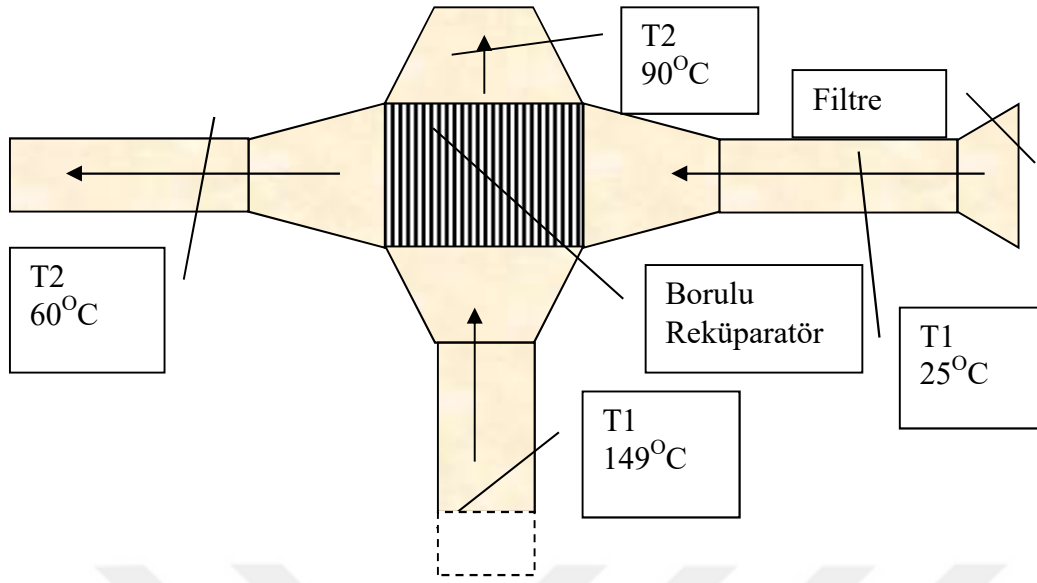
$Q=8951 \times 0,243 \times 0,8150 \times (422-298) = 219.815 \text{ kcal/saat}$  eşdeğeri  $132 \text{ TEP/yıl}$  kazanç sağlanmaktadır.

Bu enerji ısıtma havasının ön ısıtması için kullanılacak olursa ısıtma hava debisi,  $M$ : $2.000 m^3$ /saat, nem oranı %20 ve brülörlere giren hava debisi  $2.000 m^3$ /saat alınarak:

$Q=2.000 \times 0,243 \times 1,0595 \times (323-298)=12.767 \text{ kcal/saat}$  enerji tasarrufu elde edilir.

Ram makinesi bir yılda  $8000$  saat çalışmaktadır. Bu durumda;

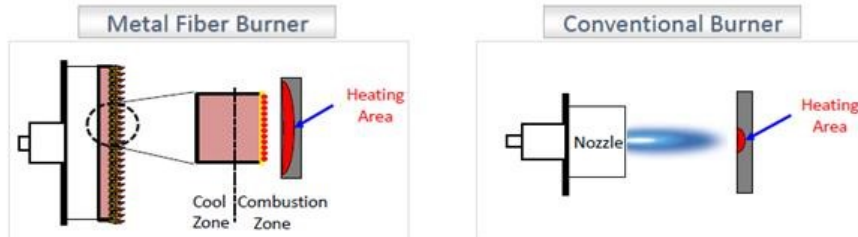
$12.767 \text{ kcal/saat} \times 8000 \text{ saat} = 102.136.000 \text{ kCal}$  eşdeğeri  $10,2 \text{ TEP/yıl}$  enerji kazancı elde edilmektedir.



Şekil 2.27 : Ram makinesi baca atık ısı geri kazanım sistemi şeması.

#### 2.4.1.3.3 Ram giriş kısmında infrared ile kurutma yapılarak enerji tasarrufu

Tekstil fabrikalarında farklı ısıtma teknikleri kullanılmaktadır. Yapılan kurutma işlemi kurutulacak ürünün kalitesini bozmadan, güvenilir ve çabuk kurutacak teknikler kullanılmalıdır. Kurutma sistemleri için talepler sürekli artmaktadır. İnfrared (kızılötesi) ısı kanıtlanmış ve güvenilir bir kurutma yöntemidir. Bu sistem ile çok kısa sürede yüksek sıcaklıklara çıkılmakta ve kontrolü de daha kolay olmaktadır. Aynı zamanda enerji tüketiminde tasarruf sağlama, maliyetlerin düşmesi ve çevre etkilerinde azalmalar görülmektedir.



Şekil 2.28 : Gas brülör ve Infrared teknoloji ile ön ısıtma prosesi.

Tamburlu infrared sistem verimi yüksek olup %60 ile %80 arasındadır. Dönen bir tamburun öncelikle dönüş havasının önüne gelerek ısınması, ardından da ısınan yüzeyin taze havanın önüne gelerek taze havayı ısıtması prensibi ile çalışır. İşlem kontrolü tambur hızı ile sağlanır. İlk yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen



standart kurutmaya göre %30 tasarruf olanağı sağlayan bir sistemdir (Hasanbeigi, 2010).

Ram makinelerinde enerji tüketimi  $1556 \text{ Sm}^3/\text{gün}$  ortalama doğal gaz ve  $232 \text{ Sm}^3/\text{gün}$  doğal gaz eşdeğeri ortalama elektrik tüketimi ile toplam  $1788 \text{ Sm}^3/\text{gün}$ 'dür. Tamburlu infrared sistem kullanılarak kurutma yapıldığında %30 kazanç durumuna göre;

$1788 \times 0,30 = 536,4 \text{ Sm}^3/\text{gün}$  enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Yıllık enerji tasarrufu  $536 \text{ Sm}^3/\text{gün} \times 350 \text{ gün/yıl} = 187.740 \text{ Sm}^3/\text{yıl}$  eşdeğeri 155 TEP/yıl olarak hesaplanmıştır.

#### **2.4.1.4 Yakıtın verimli kullanılması**

##### **2.4.1.4.1 Kömürün kül oranının azaltılarak yakıt tasarrufunun sağlanması**

Kömürlerde kül miktarı arttıkça kömür içinde bulunan sabit karbon miktarıda azalır. Bu da daha fazla yakıt tüketilmesine neden olur. Ayrıca kül oranı artınca kül ile atılan ısı miktarı da artacağından ikinci defa taşınan ısı artacaktır. Bu nedenle mümkün olduğunca düşük küllü kömürler kullanılarak önemli miktarda enerji tasarrufu sağlanabilir. Genel olarak  $4000 \text{ kcal/kg}$  kalorifik değere sahip kömürlerde ortalama kül oranı %20 civarındadır. Kömür yakıldığında kömür içerisinde kalan yanmayan kalori yapılan ölçümlerde  $500 \text{ kcal/kg}$  olarak ortaya çıkmıştır.

Bu miktar kömür tüketimini direkt olarak etkilemektedir. Yıllık tüketilen kömür miktarı  $11.401.930 \text{ kg/yıldır}$ . Kül ile atılan ısı miktarı kadar bir yılda tüketilen kömür miktarı aşağıdaki gibidir.

$11.401.930 \text{ kg/yıl} \times 0,2 = 2.280.386 \text{ kg kül /yıl}$  atılmaktadır.

Bu değere göre kül oranı %20 azaltıldığında kül ile atılan ısı miktarı

Toplam tasarruf miktarı:  $2.280.386 \times 0,20 = 456.077 \text{ kg kül/yıl}$  kazanç olmaktadır.

Bu durumda atılan külün % 20 'si azaltıldığında  $228.000.000 \text{ kcal/yıl}$  eşdeğeri 22,80 TEP/yıl olarak hesaplanmıştır.

##### **2.4.1.4.2 Fire oranının azaltılarak enerji tasarrufu sağlanması**

Çalışmada fabrika içerisinde %7-11 arasında fire olduğu tespit edilmiştir. Firenin %10'u oranında azaltılmasıyla önemli ölçüde enerji tasarrufu yapılabilir.

2015 yılı spesifik enerji tüketimi değeri;  $7,330 \text{ kcal/ kg ürün}$

%7 oranında fire olduğu kabul edilirse;

$9.615.031(\text{kg ürün/yıl}) \times 0,07 = 673.052 \text{ kg/yıl}$

2015 yılında 673 ton kg fire oluşmaktadır.

Fire oluşumunun enerji olarak kaybı ciddi miktarlardadır.

Oluşan firenin yıllık enerji karşılığı aşağıdaki gibidir.

$$673052 \times 7,330 = 4.933.471,116 \text{ kcal/yıl}$$

Fire %10 oranında azaltığında:

$4.933.471.116 \times 0,10 = 493.347,216 \text{ kcal/yıl}$  eşdeğeri 49,33 TEP/yıl enerji kazancı olmaktadır.

#### **2.4.1.5 Eğitimler**

İşletmelerde enerji verimliliği elde edebilmek için çalışanların eğitilmesi önemli bir etkidir. Fabrika çalışanlarına enerji tüketiminin azaltılması ve enerji verimliliği konularında farkındalık yaratacak eğitimler verilmektedir. Enerji verimliliği ve tasarrufu için verilen eğitimler: temel pnömatik bilgisi, temel mekanik bilgisi, buhar sistemi, temel otomasyon, temel elektrik otomasyon olarak sayılabilir. Bu eğitimler fazla yatırım yapmadan işletmedeki enerji tüketiminin azaltılmasında önemli faydalar ortaya koymaktadır. Enerji verimliliği eğitimleri ile başka işletmelere kıyaslamalarıyla %10-15 arasında tasarruf sağlanabilmektedir Eğitimler süreklilik için belli aralıklarla devam etmektedir.

#### **2.4.2 Uygulanması Planlanan Enerji Verimliliği Çalışmaları**

##### **2.4.2.1 Ram ve kurutma makinelerinde rejeneratif tip brülör kullanılması**

Isıl işlem görecektür ürün açık alevli uygulamadan etkilenmiyorsa daha verimli açık alevli reküperatif brülörler kullanılır. Alev fırın ortamında ısıtma işlemini tamamladıktan sonra brülör bünyesindeki reküperatör üzerinden fırını terk eder. Fırın çıkışında baca olmadığı için oluşan artı basınç baca gazlarını brülör üzerinden yönlendirir. Aşırı basınç oluşmaması için brülör bünyesindeki bir ejektör vakum oluşturarak emiş sağlamaktadır.

Fırın bünyesinde devamlı bir artı basıncı dengede tutmak için küçük bir baca ile yanmış gazların % 20'si kontrollü olarak fırın dışına atılır. Hiçbir ısı kaybı olmadan yanmış gazların % 80'i reküperatif brülör üzerinden fırını terk eder. Brülör reküperatörü üzerinden giren yakma havası 700-800°C ye ısıtılır. Merkezi reküperatörle sıcak hava üretimine oranla açık alevli reküperatif brülörün verimi daha yüksektir. Merkezi reküperatörde en iyi şartlarla elde edilen 450°C sıcak havalı uygulamada % 15-20 verim elde edilirken açık alevli reküperatif brülörlerle elde edilen 700-800°C sıcak havalı uygulamada % 40-42 verim elde edilir. Baca, baca gazı kanalları, merkezi reküperatör, sıcak hava boruları, sıcak hava borularının

izolasyonu, sıcak hava kompenzasyonu ve benzeri donanımın ilk yatırım maliyetleri büyük rakamlara ulaşmaktadır. Merkezi reküperatör kısa sürelerde yenilenmelidir. Merkezi reküperatörlü sıcak havalı sistem en yaygın kullanılan sistemdir. Genellikle 70-80°C sıcak hava ile çalışan fırınlar kullanılmaktadır

Ram makinelerinde ortalama doğal gaz tüketimi 1522 Sm<sup>3</sup>/gün kabul edildiğinde 1522 x 0,40%=608 Sm<sup>3</sup>/gün tasarruf sağlanmış olacaktır.

Bu durumda yıllık kazanç:

608 x 350 gün=213.010 Sm<sup>3</sup>/yıl ya da yaklaşık 176 TEP olacaktır.

#### **2.4.2.2 Ram makinelerinde çapraz fan düze sistemi kullanılması**

Her üç metrede bir çapraz olarak konumlandırılmış ısıtma ve hava sirkülasyon bölümleri sayesinde, tüm hat boyunca daha geniş alanda, daha fazla hava sirkülasyon kazanımı ve homojen kurutma performansı sağlanır. Çapraz fan düze sistemi %0,08 enerji kazancı sağlanmaktadır (Hasgroup, 2011). Bu tasarruf miktarına göre aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır.

Ram makinelerinde ortalama doğal gaz tüketimi 1522 Sm<sup>3</sup>/gün kabul edildiğinde; 1522 x 0,08%=122 Sm<sup>3</sup>/gün tasarruf sağlanmış olacaktır.

Bu durumda planlanan enerji kazancı;

122 x 350 gün=42.616 Sm<sup>3</sup>/yıl eşdeğeri 35,2 TEP olacaktır.

#### **2.4.2.3 Üretimin planlanması**

Tekstil boyahanelerinde kullanılan boya makineleri farklı kapasitelerde kullanılmaktadır. Örneğin 1000 kg kapasiteli bir boya makinesinde, tam kapasite 1000 kg boyandığında 1kg kumaş için 35 lt su kullanılırken aynı makineye 600 kg kumaş girildiğinde yine boyama yapılabilir. Ancak 1kg kumaş için 60 Lt su ile boyama gerçekleşmektedir. Bu iki farklı durumda aynı boyama yapılabilen fakat ikisi için de çok farklı su, buhar, kimyasal ve elektrik enerjisi kullanılmaktadır. En verimli makineler kullanılsa dahi düzgün planlama yapılamazsa çok fazla enerji tüketimi ortaya çıkacaktır. Bunun için tekstil boyahanelerinde çok iyi enerji verileri elde edebilmek için üretim planlamasının çok iyi yapılması gerekmektedir.

Fabrikanın 2018 verilerine bakıldığında kömür tüketiminin %77'si boya makinelerinde kullanılmaktadır. Bir makineyi %100 doldurmak yerine %60 doldurmak şu sonuçları beraberinde getirecektir;

Makinelerin % 60 doldurulması ile %41 daha fazla su tüketimi meydana gelmektedir. Boyahanelerde su tüketiminin artışı, enerji tüketiminin artışı anlamına gelmektedir. Çünkü su ısıtılıp ve soğutulup işlem yapılmaktadır.

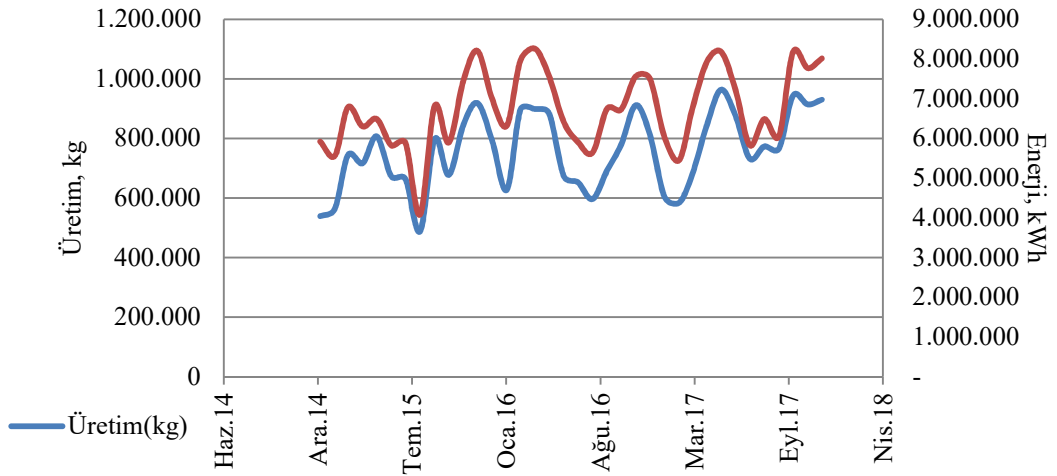
2018 verilerine göre kömür tüketiminin %41 azaltılması, 3841 TEP enerji tasarrufu sağlayacaktır. Üretim planlamanın ne kadar önemli olduğu göstermek için bu örnekleme yapılmıştır.



### 3. SONUÇLAR

#### 3.1 Enerji Performans Göstergeleri

Enerji performans göstergeleri bir fabrikanın birim üretim başına ortaya konulan enerji tüketim değerlerini göstermektedir. Bu değerler üretim referans alınarak belirlenmek ile birlikte, daha farklı sonuçlar ortaya konulabilmesi açısından farklı analizler yapılması gereklidir. Bir fabrikada üretime bağlı enerji performans göstergeleri önemli olmakla birlikte, farklı analizler yapılması enerji performans göstergelerinin verimli hale getirilmesi anlamında birçok enerji verimliliği uygulaması ortaya çıkarması bakımından önemlidir. Çalışma kapsamında regresyon analizleri, CUSUM grafikleri, radar diyagramları ve ortaya konulan spesifik enerji tüketimi (SET) analizleri kullanılarak enerji performansları ortaya konulmuştur. Bu faaliyetin amacı, performans hedeflerinin karşılandığından emin olunmasına ve eğer karşılanmıyorsa her türlü sorunla ilgili erken bir aşamada uyarı alınmasına yardımcı olacak az sayıda enerji performansı göstergesinin belirlenmesidir. Enerji göstergeleri grafikleriyle toplam enerji tüketiminin üretim ile ilişkisi değerlendirilmiştir. Şekil 3.1'den anlaşıldığı üzere işletmenin enerji tüketimi, üretimin artış ve azalışına paralel olarak artmakta ve azalmaktadır enerji performansını görmek açısından bir yol izlenmesini sağlamaktadır.



Şekil 3.1 : Enerji performans göstergeleri.

### 3.1.1. Enerji regresyon analizi

İşletmenin toplam enerji tüketimi ve üretim değerlerine bağlı olarak CUSUM grafiği oluşturulmuştur. CUSUM grafiği regresyon analizlerine bağlı olarak çizilmiştir. Bundan dolayı öncelikle 2016 yılı referans alınarak 2017 yılı toplam enerji tüketimine göre regresyon analizi oluşturulmuştur. Regresyon analizi yöntem bölümünde anlatılan Denklem (1.1) kullanılarak ortaya konulmuştur. Denkleme göre öncelikle teorik enerji tüketimi bulunmuştur.

$$\text{Tüketim} = (\text{Eğim} \times \text{Üretim}) + \text{Sabit}$$

2017 yılı için; eğim: 6,661, sabit:  $2 \times 10^6$  kabul edilerek hesaplama yapılmıştır.

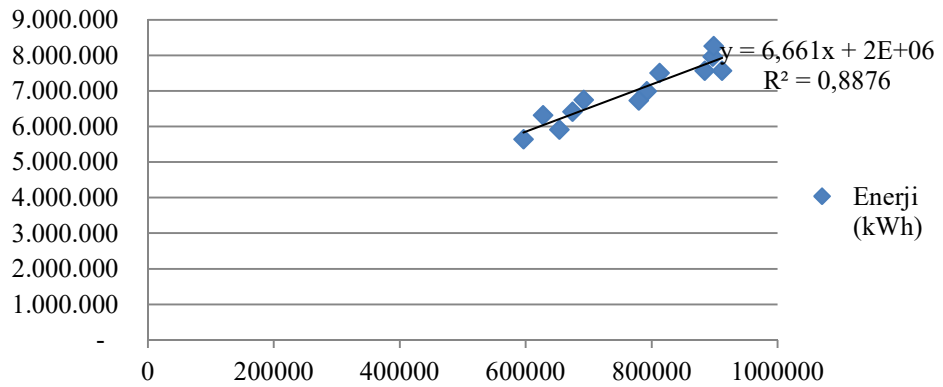
2017 Ocak ayı için regresyon analizi yapılmak istendiğinde;

$$\text{Tüketim} = (6,661 \times 604102 \text{ kg}) + 2 \times 10^6$$

Denkleme göre teorik toplam enerji tüketimi; 6.023.923 kWh olarak hesaplanmıştır. Gerçek enerji tüketimi 6.036.696 kWh olduğuna göre aradaki enerji farkı, 12.773 kWh olarak hesaplanmıştır. 2017 yılı için toplam regresyon analizi Çizelge 3.1 ile verilmiştir. Ortaya konulan hesaplamalar sonucunda bulununan  $R^2$  değeri istenilen değere yakınlığı belirtir.  $R^2$  değeri 1'e yakın olması istenmektedir. Oluşturulan regresyon analizi grafiğinde  $R^2$ 'nin 0,88 görülmüştür. Buradan da görüldüğü üzere enerji tüketimini etkileyen başka değişkenlerin olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 3.2 ile gösterilmiştir.

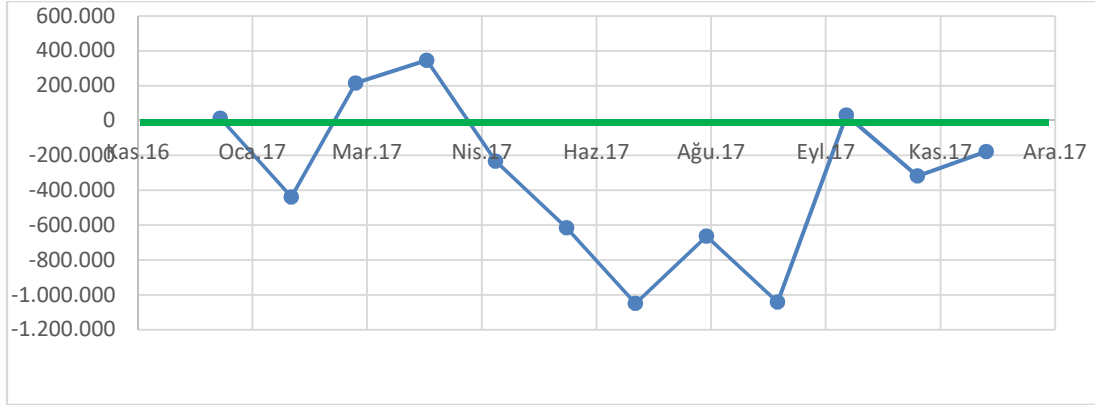
**Çizelge 3.1 : 2016-2017 yılları aylık enerji tüketimi regresyon analizi tablosu.**

Tarih	Üretim(kg)	Enerji (kWh)	Teorik Enerji Tüketimi (kWh)	SET analizi	Fark	CUSUM
Oca 15	539286	5.921.851				
Şub 15	564012	5.563.732				
Mar 15	744513	6.789.908				
Nis 15	716986	6.304.058				
May 15	807215	6.493.114				
Haz 15	672711	5.824.281				
Tem 15	663878	5.893.486				
Ağu 15	488053	4.084.000				
Eyl 15	798272	6.816.138				
Eki 15	677701	5.899.107				
Kas 15	846005	7.456.484				
Ara 15	918945	8.207.735				
Oca 16	792474	6.998.719				
Şub 16	627505	6.323.655				
Mar 16	896940	7.962.537				
Nis 16	898772	8.264.370				
May 16	884126	7.566.159				
Haz 16	674278	6.419.426				
Tem 16	653543	5.913.331				
Ağu 16	596540	5.641.700				
Eyl 16	692315	6.751.920				
Eki 16	779838	6.730.974				
Kas 16	911880	7.566.701				
Ara 16	812600	7.507.112				
Oca 17	604102	6.036.696	6.023.923	1,03	12.773	160.540
Şub 17	584271	5.453.292	5.891.829	0,95	-438.537	-130.230
Mar 17	679833	6.743.479	6.528.367	1,06	215.111	232.648
Nis 17	845360	7.933.145	7.630.942	1,06	345.202	682.620
May 17	964025	8.188.673	8.421.370	0,99	-232.697	597.692
Haz 17	875342	7.214.738	7.830.653	0,94	-615.915	129.546
Tem 17	732691	5.830.449	6.880.454	0,87	-1.050.005	-772.692
Ağu 17	773815	6.490.497	7.154.381	0,93	-663.884	-1.288.808
Eyl 17	766364	6.062.321	7.104.750	0,87	-1.042.429	-2.183.470
Eki 17	944148	8.183.783	8.213.891	1,01	30.108	-2.140.887
Kas 17	914599	7.773.790	8.092.143	0,98	-318.353	-2.311.472
Ara 17	930481	8.020.043	8.197.933	1	-177.890	-2.341.593



**Şekil 3.2 : Regresyon analizi grafiği.**

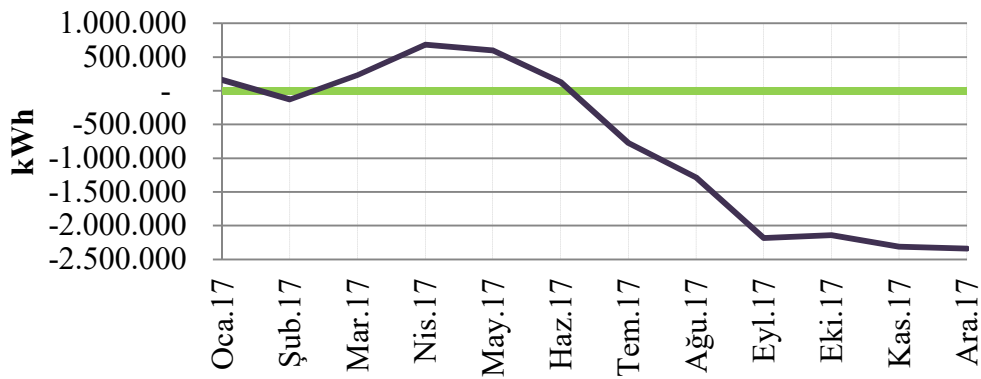
Fabrikada belirlenmiş olan enerji tüketimi beklenen değer ile gerçekleşen değer arasında bir grafik oluşturulduğunda gerçekleşen değer Şekil 3.3'ten de görüldüğü üzere daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Başarılı bir sonuç elde edildiği, değerlerin sıfırın altına doğru inmesinden anlaşılmaktadır. CUSUM grafiği de bu azalışı desteklemektedir. Mart ayı ve Nisan ayı düşük üretim nedeniyle enerji artışları görülmüştür. Diğer aylarda yapılan uygulamalarla düşüşler başlamıştır.



Şekil 3.3 : Gerçekleşen tüketim ile teorik tüketim arasındaki farklar.

### 3.1.2. CUSUM grafiği

Oluşturulan regresyon analizlerinin sonucunda CUSUM grafikleri oluşturularak fabrikanın enerji performansı ortaya konulmuştur. 2016 yılı referans alınarak 2017 yılı için oluşturulan CUSUM grafiğine bakıldığında Mart ve Mayıs ayları düşük performansta çalışırken, Haziran ayından itibaren enerjinin yüksek performansta olduğu ortaya konulmuştur. Bu düşüşler azalan su tüketimine ve enerji verimliliği uygulamalarının gerçekleştirilmesi ile sağlanmıştır. Fabrika için oluşturulan CUSUM grafiği Şekil 3.4 ile gösterilmiştir.

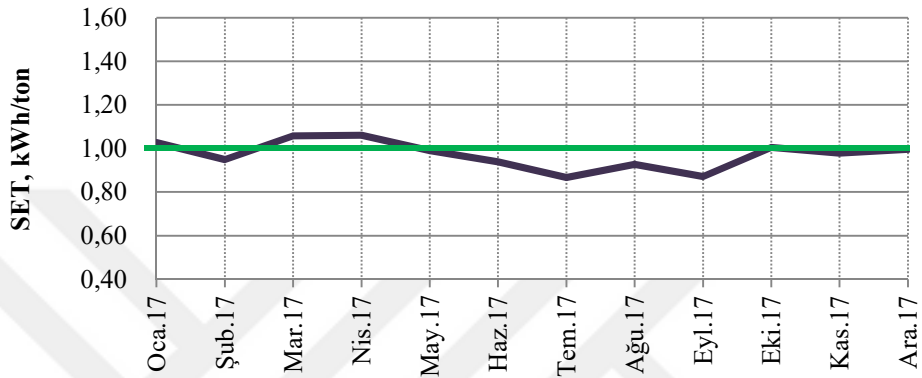


Şekil 3.4 : 2017 CUSUM grafiği.



### 3.1.3. Spesifik Enerji Tüketimi (SET) Analizi (kWh/ton)

2016 yılı referans alınarak 2017 yılı için oluşturulan SET analizine bakıldığında spesifik enerji tüketiminin düşmeye başladığı nokta CUSUM grafiğinde de ortaya konulan yüksek performanslı nokta ile aynıdır. Spesifik enerji miktarının düşük olduğu noktalarda üretim miktarlarının da düşük olması Spesifik enerji miktarının üretim miktarıyla doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Fabrikaya ait 2017 yılı SET analizi grafiği Şekil 3.5 ile gösterilmiştir.



Şekil 3.5 : 2017 yılı SET analizi grafiği.

### 3.1.4. Radar diyagramı

Çalışma kapsamında radar diyagramı kullanılarak yıllara göre, değişkenlerin kendi aralarında karşılaştırmaları yapılmıştır. Enerji tüketimlerini radar diyagramı içerisinde görmek yapılacak çalışmalar için önemli bir gösterge olmaktadır. Radar diyagramında kullanılan değerlerin bazılarının düşük veya bazılarının yüksek olması istenebilir. Burada SET 'lerin hepsinin düşük olmasını istendiğinden radar diyagramını çizilebilir ve aynı grafikte görebilmek için kendi içerisinde değerlendirilmektedir. Radarda görmek istenilen değeri en düşük yılın değerini 100 kabul ederek yüzdeler oluşturulup ve buna göre grafik çizilir. Radar grafiğinde en iyi değerleri en yukarıdaki değerler olacaktır, radar diyagramında hedef değerlere ulaşana kadar amaç radarın genişlemiş olmasını görmektir. Çizelge 3.2'de birim üretim başına SET değerleri, Çizelge 3.3'te ise SET'lerin yüzdeler karşılığı gösterilmiştir. Bu tablolara göre radar diyagramı çizilmiştir. Oluşturulan radar diyagramı Şekil 3.6 ile gösterilmiştir.

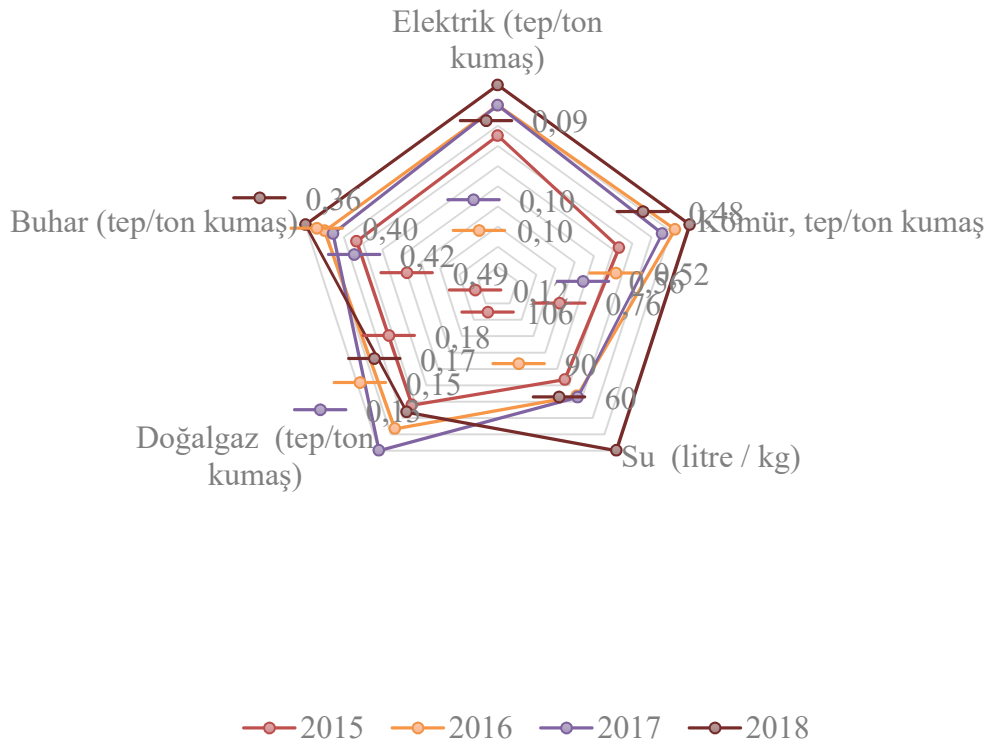
**Çizelge 3.2 :** Birim üretim başına SET değerleri, TEP/ton kumaş.

Yıl	Elektrik	Kömür	Doğalgaz	Buhar	Toplam
2015	0,12	0,76	0,18	0,49	1,55
2016	0,10	0,52	0,15	0,4	1,17
2017	0,10	0,56	0,13	0,42	1,21
2018	0,09	0,48	0,17	0,36	1,1

**Çizelge 3.3 :** Yüzdeler SET değerleri.

	2015	2016	2017	2018
Elektrik (kWh)	80,00	94,92	95,73	100,00
Kömür, kg	63,68	92,37	85,21	100,00
Su (litre)	57	67	67	100
Doğalgaz (m <sup>3</sup> )	67,83	94,55	100,00	75,73
Buhar (kg)	72,71	90,88	84,68	100,00

**ENERJİ RADAR DİYAGRAMI**



**Şekil 3.6 :** 2015-2018 yılları arası enerji radar diyagramı.

Çalışmada bahsedilen tablo ve grafiklerden de anlaşıldığı üzere yapılan çalışmalar önemli sonuçlar ortaya koymuştur. Bu çalışmalar sonucunda 3568,8 TEP ve önceki çalışmalardan da 1416,31 TEP olmak üzere toplam 4985,11 TEP enerji tasarrufu sağlanmıştır. Ayrıca 192.000 ton/yıl su tasarrufu sağlanmıştır. Fabrikada uygulanan ve uygulanması planlanan enerji verimliliği uygulamalarının sonuçları Çizelge 3.4 ve Çizelge 3.5 ile gösterilmiştir.

Radar diyagramı incelendiğinde yıllar itibari ile elektrik, buhar, kömür ve su değerlerinde azalmalar olduğu çalışma kapsamında ortaya konulmuştur.. Ancak doğal gaz tüketim değerleri bir artış göstermiştir. Doğal gaz tüketim değerinin 2018 yılında yüksek olması, grafiğe bakıldığında doğal gaz kaynaklı proseslerin artışından kaynaklı olduğu görülmüştür. Ancak genel SET 'ler incelendiğinde 2018 yılı itibari ile değerlerde yapılan enerji verimliliği çalışmalarıyla birlikte yüksek bir azalış trendi ortaya konulduğu görülmektedir.

**Çizelge 3.4 :** Uygulanan enerji verimlilik çalışmaları özet tablosu.

Uygulanan Enerji Verimlilik Çalışmaları	Tasarruf Miktarları	
	kWh/yıl	TEP/yıl
Enerji bakım, izleme ve kontrol sistemi	167.862	13,87
İzolasyon	12.325.581	1.060
Vanalara ceket uygulaması	993.753,7	85,46
Buhar hatlarına kondensstop konulması	92.723,6	8
Verimli motor kullanılması	672.093	57,8
Uygun güçte motor kullanılması	453.488,3	39
Kompresöre inverter uygulaması	140.725,4	12,1
Kompresörlere otomatik çalışma sistemi uygulanması	44.000	3,78
Kompresörlerden sıcak su eldesi	736.046,5	63,3
Kompresörlerde emiş hava sıcaklığı verim artışı	45.600	3,92
Fanlarda verimli kayış kullanılması	38.372	3,3
Gün ışığı sensörü konularak elektirik tasarrufu sağlanması	16.395,3	1,41
Aydınlatma armatürlerinin yüksekliklerinin ayarlanması	5.465,1	0,47
Balastlı armatürlerin LED armatürler ile değiştirilmesi	320.232,5	27,54
Boyama makinelerinde atık ısı geri kazanımı	2.290.6976,7	1.970
Ram makinelerinde atık ısı geri kazanımı	118.604,6	10,2
Ram makinelerinin giriş kısmına infrared ile kurutma yapılarak enerji tasarrufu	1.801.317,5	155
Kömürün kül oranının azaltılması	265.116	22,8
Fire oranının azaltılması	573.604,7	49,33
<b>Toplam</b>	<b>41.497.028</b>	<b>3568,8</b>

**Çizelge 3.5 :** Uygulanması planlanan enerji verimliliği çalışmaları özet tablosu.

	Tasarruf Miktarları	
	kWh/yıl	TEP/yıl
Ram ve kurutma makinelerinde rejeneratif tip brülör kullanılması	2.043.777	175,76
Ram makinelerine çapraz fan düze sistemi uygulanması	408.890	35,2
Üretimin planlanması	44.662.791	3841

Çizelge 3.5'te belirtilen fabrikada uygulanması planlanan enerji verimliliği çalışmaları ile toplamda yaklaşık olarak 4.052 TEP enerji sağlanması

beklenmektedir. Bu çalışmaların uygulanması ile ilave önemli enerji kazanımları sağlanacaktır.

Bu ortaya çıkan tasarrufların yanı sıra;

- Enerji yönetim sistemi ve enerji verimliliği konusunda farkındalığın artırılması
- Kalitenin artması
- Çalışanlara enerji verimliliği ile ilgili bilgi aktarımı
- Farkındalık eğitimleri ile mavi yakalı çalışanların bu eğitimi gündelik hayatlarına yansıtmaları
- Diğer fabrikalar ile bilgileşim (benchmarking) yapılması
- İklim değişikliği konusunda kazanılan faydalar
- Ergonomik çalışma ortamının oluşturulması
- Üretim kayıplarının azaltılması
- Su tasarrufu
- Kimyasal tüketiminin azaltılması
- Karbon emisyonu azalımı
- Bakım süre ve maliyetinin azaltılması
- Üretim maliyetlerinin azaltılması
- Doğal kaynakların yararlı kullanımı ve çevreye daha düşük atık suyun verilmesi ortaya çıkan tasarruflar arasında sayılabilir.



#### 4. DEĞERLENDİRME ve ÖNERİLER

Türkiye'nin birincil enerji kaynakları açısından dışa bağımlı olduğu ve bunun ilerleyen yıllar içinde artacağı öngörüldüğünde hem sanayi üretiminin kullandığı hem de konutlarda ve ticari binalarda tüketilen enerjinin verimli kullanılma ihtiyacı daha da önemli hale gelmektedir. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın 2018' in ikinci yarısı enerji verimliliği istatistiklerine göre ülkemiz, gelişmiş dünya ülkelerinin gerisinde kalmaktadır (BSTB, 2018). Ancak geçen yıllara göre giderek artan bir gelişme göstermektedir. Sanayi sektörünün ülkemizde milli gelire katkısı %20 olduğu ve elektrik tüketimimizin yaklaşık %40'ının sanayi sektörü tarafından harcandığı dikkate alındığında, sanayi sektörü enerjinin verimli kullanımı adına kesinlikle projeler geliştirilmesi ve insanların bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

Tekstil sanayiinde yoğun olarak kullanılan enerji türleri ısı ve elektrik enerjisidir. Bu nedenle tekstil sanayisinde ana tasarruf olanakları, ısı ve elektriğin üretim ve tüketim prosesleri olarak sayılabilir. Enerji tasarruf çalışmaları bu iki ana kısımdan başlatılmalıdır. Normalde bir işletmede enerji tüketimi, yapılan üretime bağlı olarak değişir. Eğer bu değişim zamana göre üretimden bağımsız olarak gerçekleşiyorsa, bu değişikliğin sebebinin tanımlanması geleceğe yönelik enerji tüketim öngörülerinin belirlenmesi için önemlidir. Enerji tasarrufu ve enerji verimliliğinin üretim maliyetlerini azaltması yanında çevre kirliliğinin önlenmektedir. Enerji yönetimi, enerji verimliliği ve enerji tasarrufu kavramının yaygınlaştırılarak uygulamada daha çok hayat bulması, ülkemiz ve insanlarımızın geleceği açısından büyük önem arz etmektedir. Bu konuda yapılan çalışmaların sürekliliğinin sağlanması ve konuyla ilgili yasa ve yönetmeliklerin uygulanması büyük kolaylıklar sağlayacaktır.

Tekstil sektöründe enerjinin verimli kullanımı amaçlı birçok potansiyel verimlilik çalışması bulunmaktadır. Bunlar arasında atık ısının ve atık suyun enerjisinin geri kazanılması, kaçaklar ve yetersiz bakım yüzünden kaynaklanan enerji kayıplarının önlenmesi, makinelerde ve iletim sistemlerindeki yalıtım sorunlarının çözülmesi, kazan yalıtımı, üretimin planlı yapılması ve yakma karışımının en verimli şekilde yapılması, elektrik enerjisinin verimli kullanılması, özellikle elektrik enerjisinin büyük bir kısmını tüketen elektrik motor sistemlerinin verimli çalıştırılması çok önemlidir.

Bu çalışma kapsamında öne çıkarılan tekstil sektöründe olduğu gibi, diğer tüm sanayi dallarında da elektrik enerjisinin tüketimi, maliyeti, spesifik enerji tüketimi ve sanayi üretimi arasındaki ilişkiler önemli olup, bunların iyi anlaşılması endüstriyel tesislerin hatta tüm Türkiye'nin genel enerji verimliliği için hayati önem taşımaktadır.

Bu çalışmada sonuçları verilen uygulamaların tekstil sektörü dışındaki fabrikalara da öncülük ederek uygulamaların yaygınlaşmasına, enerji verimliliği uygulamalarının artarak ülkemizin enerji yoğunluğunun azalmasına katkıda bulunacağı düşünülmektedir.



## KAYNAKLAR

- ACAR E, 2012.** Enerji yoğunluklu bir fabrikanın enerji verimliliği özelinde incelenmesi, , Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Tez NO : 338695.
- BSTB, 2018.** T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Tekstil, Hazırgiyim ve Deri Ürünleri Sektörleri Raporu,2018
- BSTB, 2015.** T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Verimlilik Genel Müdürlüğü, Elektrik Motorlarında Enerji Verimliliği, Kasım 2015.
- CABAK, B, 2018.** Tekstil Fabrikasında Enerji Verimliliği Uygulamaları,Trakya Ünivrsitesi, Edirne,
- ÇINAR T, 2008.** Tekstil sanayisinde enerji yönetimi ve enerji verimlilik analizi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli,
- Dünya Enerji Komisyonu Raporu, 2015.,Türkiye'nin Enerji Durumu, EB,2016.** T.C. Ekonomi Bakanlığı İhracat Genel Müdürlüğü Tekstil ve Konfeksiyon Ürünleri Daire Başkanlığı Hazır Giyim Sektör Raporu,2016.
- ERGÜN, S. 2005.** Türkiye Enerji Sektöründe Verimlilik Göstergeleri, Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Program ve Enerji Politikaları, Elektrik Mühendisleri Odası, 5. Enerji, Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara.
- ERTEN, Ş. Y., 2014.** Aydınlatmada enerji verimliliğinin incelenmesi: Endüstri yapısı örneği, Edirne, Tez NO: 373023.
- ETKB, 2017.** Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, Ocak, 2017.
- EÜAŞ, 2018.** Elektrik Üretim Sektör Raporu 2017.
- GENÇOĞLU M., ÖZBAY,E., 2007.**Aydınlatmada Enerji Verimliliği Yöntemleri, EMO.
- GÜLCİVAN, A., 2006.**Tekstil Sektöründe Enerji Tasarruf Olanaklarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul, 2006
- HASANBEİĞİ, A., 2010.** Energy-Efficiency Improvement Opportunities for the Textile Industry, Berkeley National Laboratory
- HASGROUP, 2011.** Hasgroup, Ram Makinesi-X Teknik Kataloğu, 2011.
- ISO, 2014.** İstanbul Sanayi Odası, Avrupa Birliği'ne Tam Üyelik Sürecinde İstanbul Sanayi Odası Meslek Komiteleri Sektör Stratejileri Geliştirilmesi Projesi, Tekstil İmalatı Sanayi, İstanbul, Ocak, 2014.

- IEA,2017** International Energy Agency, World Energy Outlook for 2040
- İHKİB, 2018.** İstanbul Hazır Giyim ve Konfeksiyon İhracatçıları Birliği, Hazır Giyim ve Konfeksiyon Sektörü İhracat Performans Değerlendirmesi, Ocak-Aralık, 2018.
- KABAKÇI, O., K., 2011** .Tekstil Sanayi Sektöründe Minimum Enerji Tasarruf Potansiyelinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, , İstanbul.
- KARABOĞA, K., 2010.** İstatiksel Süreç ve Kontrol.
- KAYA D. ÖZTÜRK H., H., 2014** .Sanayide Enerji Yönetimi ve Enerji Verimliliği, Umut Tepe Yayınları, Kocaeli.
- KAYNAK, S., 2005.** Enerjinin Verimli Kullanımına Yaklaşımlar, Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları, Elektrik Mühendisleri Odası, 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara.
- KUBİLAY, K. , 2005.** Dünyada Ve Türkiye'de Enerji Verimliliği Ve Türk Sanayiinde Enerji Verimliliğinin İncelenmesi, Yayın No : DPT : 2689 İktisadi Sektörler Ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü.
- KARATAŞ, M. A., 2013.** Basınçlı Hava Sistemlerinde Enerji Verimliliği, Bir Çelik Fabrikasının Basınçlı Hava Denetleme Çalışması, MMO,
- KEDİCİ, Ö. 1993.** Enerji Yönetimi, Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü Enerji Kaynakları Etüd Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- MELO, M.O., MOREİRA, R, PEREİRA, V., 2005.** Productivity and Energy Efficiency: A Case Study In The Textile Industry In Brazil, Iberoamerican Journal Of Industrial Engineering, 7, 196-215.
- MOUSSAVİ, S. , KARA, S., KORNFELD, B. , 2014.** Energy Efficiency of Compressed Air Systems, Procedia CIRP 15, 313-318.
- ÖZBEK, G. 2017** Borularda Isı Kaybı ve Yalıtımı, Tesisat Mühendisliği,
- ÖZDEMİR, M., TAPLAMACIOĞLU, M.C. 2005. ,** Elektrik İletim ve Dağıtım Sistemlerinin Performans Kriterlerinin ve Birbirleri Üzerindeki Olumsuz Etkilerinin Değerlendirilmesi, Küreselleşmenin Enerji Sektöründe Yapısal Değişim Programı ve Enerji Politikaları, Elektrik Mühendisleri Odası, 5. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara,

- ÖZKÖK M., 2010.** Enerji yoğun bir tesiste enerji verimliliği proje tasarımı ve uygulama çalışması, Energy efficiency project design and application study of an energy-intensive facility, , Tez NO : 269763.
- ÖZTÜRK, H.K. 2005.** Energy usage and cost in textile industry: A case study for Turkey, Energy 30, (13), 2424-2446.
- ÖZTÜRK, E., 2012.** Tekstil Sektöründe Enerji Tasarrufu Olanaklarının Araştırılması Ve Uygulanması Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir.
- ÖNÖZ,2008.,** Tekstil Sektöründe Elektrik Motorlarının Verimliliği, İTÜ, İstanbul
- SÖĞÜT Z ve OKTAY Z, 2006.** Sanayi Sektöründe Enerji Taramasının Enerji Verimliliğine Etkisi ve Bir Uygulama, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi , 10:151- 162,
- TONTA, Yaşar, 2008.** Regresyon Analizi, Hacettepe,
- TÜBİTAK TTGV., 1997** Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı, Bilim Teknoloji Sanayi Tartışmaları, Kasım,
- TÜİK,2005.** Türkiye İstatistik Kurulu, Sektörel Enerji Dağılımı.
- TÜİK,2016.** Türkiye İstatistik Kurulu, Faaliyet Raporu.
- UNDP, 2017.** GAP Bölgesi'nde Tarım ve Tarıma Dayalı Sanayide Entegre Kaynak Verimliliği, Ocak.
- UNIDO, 2017.** Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Teşkilatı, Enerji Yönetim Sistemi İçin Pratik Rehber, Ekim.
- Url-1** <https://www.teias.gov.tr/tr/iii-elektrik-enerjisi-uretimi-tuketimi-kayiplar-0> Son erişim tarihi 14.06.2019
- Url-2** [https://www.wto.org/english/res\\_e/statis\\_e/wts2018\\_e/wts2018\\_e.pdf](https://www.wto.org/english/res_e/statis_e/wts2018_e/wts2018_e.pdf). Son erişim tarihi 01.04.2019.
- Url-3** <http://www.inovasyon.org/pdf/ee/bolum5.3.pdf>  
Son erişim tarihi: 31.03.2019,
- Url-4** [http://bbm.emo.org.tr/genel/katalog\\_detay.php?katalog=4&kayit=38](http://bbm.emo.org.tr/genel/katalog_detay.php?katalog=4&kayit=38), Son erişim tarihi: 31.03.2019.
- Url-5** [https://datavizvatalogue.com/TR/yontemleri/radar\\_rafigi.html](https://datavizvatalogue.com/TR/yontemleri/radar_rafigi.html) Son erişim tarihi 06.10.2018Ur
- UYLUKÇUOĞLU Ö. E., 2009.** Otomotiv sanayinde enerji verimliliği ve tasarruf olanaklarının belirlenmesi, Energy efficiency in automotive industry and determination of energy-saving opportunities, İstanbul Teknik Üniversitesi/Enerji Enstitüsü, İstanbul, Tez NO: 238775.
- YACOUT, M., EL-KAWİ, M.A., and Hassouna M.S. , 2014.** Applying Energy Management in Textile Industry, Case Study: An Egyptian Textile Plant. International Energy Journal, 14, 87-94, 2014.
- YAMANKARADENİZ Nurettin, Coşkun ve SALİH Can Muhiddin ,** Tekstil Sanayinde Atık Isıdan Yararlanılarak Enerji Tasarrufunda Klasik Sistem İle Isı Pompasının Karşılaştırılması, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 12, Sayı 1, 200



## EKLER

### EK – A1: Vana ceketleri teknik bilgi detayları çizelgesi

VANA CEKETLERİ TEKNİK BİLGİLERİ							
VERİLER		DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80
		VANA	VANA	VANA	VANA	VANA	VANA
Vana Yüzey Sıcaklığı	Sıcaklık °C	175	175	175	175	175	175
Ortam Sıcaklığı	Sıcaklık °C	25	25	25	25	25	25
Boru Dış Çapı	m	0.033	0.04	0.052	0.062	0.077	0.1
İzolasyon Kalınlığı	m	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Emisivite Katsayısı		0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Isıl İletkenlik Katsayısı	W/m <sup>2</sup> K	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
YALITIMSIZ VANA ISI KAYBI		DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80
		VANA	VANA	VANA	VANA	VANA	VANA
Ur ISINIM İLE KAYIP	W/m <sup>2</sup> K	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63	11,63
Uc TAŞINIM İLE KAYIP	W/m <sup>2</sup> K	9.443	8.999	8.428	8.065	7.640	7.157
Q MEVCUT KAYIP	W/m <sup>2</sup> K	327.6	488.7	491.3	575.2	699.0	885.0
YALITIMLI VANA ISI KAYBI		DN25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80
		VANA	VANA	VANA	VANA	VANA	VANA
Q Yalıtım Sonrası Kayıp	W/m <sup>2</sup> K	34.52	38.97	46.44	52.58	61.68	75.51
Enerji tasarruf miktarı	W/m <sup>2</sup> K	393.06	349.75	444.90	522.67	637.31	809.51
Vana Eşdeğer Boyu	m	1	1	1	1	1	1
Yıllık Çalışma Saati	Saat	8760	8760	8760	8760	8760	8760
Adet Tasarruf Miktarı	kWh/yıl	2567.21	3063.79	3879.31	4578.56	5582.84	7091.33
Adet Tasarruf Miktarı	kcal/yıl	2207802.19	2634859.12	3351689.61	3937558.35	4801243.75	6098546.49
Toplam Vana Sayısı	Adet	48	43	35	45	33	30
Toplam tasarruf miktarı	kWh/yıl	123226,08	131742,97	135775,85	206035,2	184233,72	212739,9

## EK-A2 Buhar kaçakları çizelgesi

	Alçak basınç (0-5 bar)						Orta basınç (5-10 bar)						Yüksek basınç (10-20 bar)					
	Kaçak/Leaking (kg/h)			Tam kaçak / Blowing (kg/h)			Kaçak/Leaking (kg/h)			Tam kaçak / Blowing (kg/h)			Kaçak/Leaking (kg/h)			Tam kaçak / Blowing (kg/h)		
Tip	1/2" DN15	3/4" DN20	1" DN25	1/2" DN15	3/4" DN20	1" DN25	1/2" DN15	3/4" DN20	1" DN25	1/2" DN15	3/4" DN20	1" DN25	1/2" DN15	3/4" DN20	1" DN25	1/2" DN15	3/4" DN20	1" DN25
Şamandıralı/Float	7,2	7,8	8,7	12,5	13,7	14,2	8,2	9,55	11,1	15,1	16,3	17,2	15,9	17,1	18,8	21,8	24,6	26,2
Termodinamik/ DISC	5,8	6,4	7,1	11,2	12,1	13,5	6,4	7,8	8,7	13,2	14,5	15,4	13,9	15,8	17,3	20,2	22,2	24,1
Termostatik/ Thermostatic	4,3	4,9	5,2	10,6	11,3	11,9	5,9	6,7	7,6	12,3	13,1	14,2	12,5	14,3	16,1	18,9	20,3	21,9
Ters kovalı / Bucket	6,6	8,8	10,1	14,7	16,3	18,4	8,6	10,5	12,3	16,9	18,5	22,8	16,1	17,9	19,6	22,9	25,8	27,6

**EK-A3** Motor verim sınıfları çizelgesi

PN (kW)	IE1			IE2			IE3			IE4		
	2 Kutup	4 Kutup	6 Kutup	2 Kutup	4 Kutup	6 Kutup	2 Kutup	4 Kutup	6 Kutup	2 Kutup	4 Kutup	6 Kutup
4	83,1	83,1	81,4	85,8	86,6	84,6	88,1	88,6	86,8	90	91,1	89,5
5,5	84,7	84,7	83,1	87	87,7	86	89,2	89,6	88	90,9	91,9	90,5
7,5	86	86	84,7	88,1	88,7	87,2	90,1	90,4	89,1	91,7	92,6	91,3
11	87,6	87,6	86,4	89,4	89,8	88,7	91,2	91,4	90,3	92,6	93,3	92,3
15	88,7	88,7	87,7	90,3	90,6	89,7	91,9	92,1	91,2	93,3	93,9	92,9
18,5	89,3	89,3	88,6	90,9	91,2	90,4	92,4	92,6	91,7	93,7	94,2	93,4
22	89,9	89,9	89,2	91,3	91,6	90,9	92,7	93	92,2	94	94,5	93,7
30	90,7	90,7	90,2	92	92,3	91,7	93,3	93,6	92,9	94,5	94,9	94,2

**EK-A.4 Kondenstop ölçüm sonuçları çizelgesi**

KONDENSTOP ÖLÇÜM SONUÇLARI					
NO	MAHAL	TÜRÜ	BASINÇ(bar)	SICAKLIK(°C)	SONUÇ
1	Buhar Kazanı Ana Kollektör	Şamandıralı	6	113	İyi
2	Depo Yanı Kollektör	Şamandıralı	6	112	Kaçak
3	Boya Makineleri Kollektörü	Şamandıralı	5,5	38	Tıkalı
4	Boya Makineleri Kollektörü	Şamandıralı	5,5	35	Tıkalı
5	Kazan Dairesi Kollektörü	Şamandıralı	5,5	39	Tıkalı
6	Mekanik Atölye Aparey	Şamandıralı	5,5	109	Tedbir Alınmalı
7	Kimyasal Tanklar Aparey	Şamandıralı	5,5	106	İyi
8	Tuz Soda Ünitesi Aparey	Termostatik	5,5	100	İyi
9	Malzeme Deposu Aparey	Termostatik	5,5	119	İyi
10	Sevkiyat Aparey	Termostatik	5,5	117	Tedbir Alınmalı
11	İhracaat Sevkiyat Aparey	Şamandıralı	5,5	120	İyi
12	Parti Açma Aparey	Şamandıralı	5,5	92	Kaçak
13	66 Santex	Şamandıralı	4	90	İyi
14	Ferraro Sanfor 1.kondens	Termostatik	4	113	Tedbir Alınmalı
15	Ferraro Sanfor 2.kondens	Termostatik	4	111	İyi
16	Ferraro Sanfor 3.kondens	Termostatik	4	91	İyi
17	Santex Sanfor	Şamandıralı	4	88	Düşük sıcaklık
18	65 Sanfor 1.kondens	Şamandıralı	5,5	88	Düşük sıcaklık
19	65 Sanfor 2.kondens	Şamandıralı	5,5	94	İyi
20	65 Sanfor 3.kondens	Şamandıralı	5,5	42	Düşük sıcaklık
21	65 Sanfor 4.kondens	Şamandıralı	5,5	87	Düşük sıcaklık
22	75 Numaralı Boya Makinası	Şamandıralı	5,5	67	Düşük sıcaklık
23	44 Numaralı Boya Makinası	Şamandıralı	5,5	45	Düşük sıcaklık
24	41 Numaralı Boya Makinası	Şamandıralı	5,5	39	Tıkalı
25	71 Numaralı Boya Makinası	Şamandıralı	5,5	44	Düşük sıcaklık
26	8 Numaralı Boya Makinası	Şamandıralı	5,5	47	Düşük sıcaklık
27	76 Numaralı Boya Makinası	Şamandıralı	5,5	54	Düşük sıcaklık
28	2 Numaralı Boya Makinası	Şamandıralı	5,5	40	Düşük sıcaklık
29	Thumpler	Şamandıralı	5,5	85	Düşük sıcaklık



## **ÖZGEÇMİŞ**

**Ad Soyad** : Behçet Güven  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : 15.05.1970  
**E-Posta** : behcet.guven@ozenmensucat.com

### **ÖĞRENİM DURUMU:**

**Lisans** : Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Elektrik Mühendisliği, 1992.

### **MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:**

**Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 1000 TEP– 50000 TEP**  
**kategorisi enerji verimliliği birincilik projesi**