

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL FABRİKASINDA ÇEŞİTLİ ENERJİ
TÜKETİM MEKANİZMALARININ
İNCELENEREK TEKNİK ANALİZLERİNİN
YAPILARAK VERİMLİLİĞİN
OPTİMİZASYONUNUN SAĞLANMASI

Ender DEMİRBAŞ

Nisan, 2014

İZMİR

**TEKSTİL FABRİKASINDA ÇEŞİTLİ ENERJİ
TÜKETİM MEKANİZMALARININ
İNCELENEREK TEKNİK ANALİZLERİNİN
YAPILARAK VERİMLİLİĞİN
OPTİMİZASYONUNUN SAĞLANMASI**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Enerji Programı**

Ender DEMİRBAŞ

**Nisan, 2014
İZMİR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ENDER DEMİRBAS, tarafından PROF. DR. YUSUF SEZEN yönetiminde hazırlanan “TEKSTİL FABRİKASINDA ÇEŞİTLİ ENERJİ TÜKETİM MEKANİZMALARININ İNCELENEREK TEKNİK ANALİZLERİNİN YAPILARAK VERİMLİLİĞİN OPTİMİZASYONUNUN SAĞLANMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



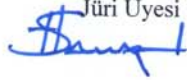
Prof. Dr. Yusuf SEZEN

Yönetici

Prof. Dr. Hüseyin ŞALVARLI

Prof. Dr. Necdet ÖZBALTA

Jüri Üyesi



Jüri Üyesi



Prof. Dr. Ayşe OKUR

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca bilgisinden ve bilimsel katkılarından faydalandığım, insani ve ahlaki değerleri ile de örnek edindiğim, beraber çalışmaktan onur duyduğum ve ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sabırdan dolayı değerli hocam, Prof. Dr. Yusuf SEZEN' e,

Tez çalışmasının oluşmasında deneylerin yapılmasında Bora Tekstil firmasını çalışanlarına, birlikte çalışmaktan zevk aldığım kazan dairesi personeline,

Tez çalışmasının bu günlere gelmesinde büyük pay sahibi olan kızım Defne DEMİRBAŞ' a, aileme ve dostlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ender DEMİRBAŞ

TEKSTİL FABRİKASINDA ÇEŞİTLİ ENERJİ TÜKETİM MEKANİZMALARININ İNCELENEREK TEKNİK ANALİZLERİNİN YAPILARAK VERİMLİLİĞİN OPTİMİZASYONUNUN SAĞLANMASI

ÖZ

Enerji, ekonomik ve sosyal kalkınmanın önemli bileşenlerinden biridir. Yaşam standartlarının iyileştirilmesinde çok önemli bir rol oynar. Türkiye global ilişkiler nedeniyle, gerek ekonomik gerekse sosyal yönden diğer ülkeler ile olan bağlarını geliştirmek zorundadır. Türkiye'nin içinde bulunduğu coğrafyadan dolayı enerji açısından stratejik bir konuma sahiptir. Sürdürülebilir bir kalkınmanın öncelikli, sürekli ve kaliteli bir enerji ile mümkün olacağı kaçınılmazdır.

Bu bağlamda, tezin konusu olarak seçtiğim enerji verimliliği çerçevesinde, tekstildeki enerji tüketimi, hem ihracatta hem de ülke ekonomisinde önemli bir yer tutmaktadır. Tekstildeki enerji tüketimini en iyi şekilde yönetebilmek için spesifik enerji tüketimini iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Kalkınmanın en önemli faktörlerinden biri olan üretim şartının yanına, enerji verimliliği de eklenmiştir. Bu çalışmada enerji tüketim noktalarındaki incelemeler göz önüne sunulmuştur.

Bu çalışma neticesinde öncelikli olarak tekstil sektöründe enerji konusunda gerek tüketim bazında gerekse enerji geri kazanımı bazında analizler yapılarak öneriler sunulmuştur. Enerji tüketimi, spesifik enerji tüketimi ve sanayide enerji tüketimi ile üretim arasındaki ilişkiler detaylı olarak incelenmiş, yapılan ölçümler, analizler ile genel sonuçlara varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tekstil, enerji tasarrufu, yenilenebilir enerji, karbon salınımı.

TECHNICAL ANALYSIS AND EFFICIENCY OPTIMIZATION OF ENERGY CONSUMPTION AT A TEXTILE FACTORY

ABSTRACT

Energy is one of the important components of economic and social development. Energy efficiency standards will play a very important role in the treatment. Turkey due to the global relations, both economic and social aspects must develop ties with other countries. Due to the geography of Turkey and has a strategic position in terms of energy. Priority of sustainable development, continuous and quality would be possible with an energy is inevitable.

In this context, I have chosen as the subject of the thesis in the context of energy efficiency, energy consumption in textiles, and exports are an important place in the economy of both countries. The best way to manage the energy consumption of textiles in order to better analyze the specific energy consumption is required. Which is one of the most important factors of development of the next generation requirement; energy efficiency has also been added. In this study views into consideration in the consumption points are presented.

As a result of this work as a priority need in terms of energy consumption in the textile industry both in terms of energy recovery by making some recommendations are presented in the analysis. Energy consumption, specific energy consumption and industrial energy consumption were examined in detail the relationship between the production, measurement, analysis and general conclusions are reached.

Keywords: Textile, energy efficiency, renewable energy, carbon emissions.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ.....	xi

BÖLÜM BİR – GİRİŞ 1

1.1 Tekstil Sektörüne Enerji Verimliliği Yönünden Genel Bir Bakış.....	3
1.2 Tekstil Sektöründe Uygulanan Prosesler.....	6
1.3 Tekstil Sektöründe Enerji Tüketimi	8
1.4 Tekstil Boyahanesinde Enerji Verimliliği Teknolojileri ve Ölçüm sistemleri	10
1.4.1 Boyama Prosesi	10
1.4.2 Kumaş Kurutma Makinasında Enerji Tasarrufu	14
1.4.3 Atık Sulardan Enerji Geri Kazanım	18
1.5 Geri Kazanabilir Enerji Kaynakları (Alternatif Enerji Kaynaklarının İşletmelerde Kullanımı).....	22
1.5.1 Güneş Enerjisi Kullanımının İşletmelere Olan Etkisi.....	23
1.5.2 Rüzgâr Enerjisi Kullanımının İşletmelere Olan Etkisi.....	28

BÖLÜM İKİ - ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖLÇÜM SONUÇLARI.....31

2.1 Örnek Fabrika Enerji Tüketimleri ve Maliyetler	31
2.2 Belirlenen Tasarruf Miktarları	36
2.3 Fabrikada Kullanılan Doğal Kaynak Tüketim Noktalarının İncelenmesi	37
2.3.1 Kömür ve Doğalgaz Arasındaki Günümüz Şartlarında Maliyet Kıyaslaması	38
2.3.2 Doğalgaz Tüketimi.....	40
2.3.3 Aydınlatma Enerjisinin İncelenmesi	62

2.4 Yardımcı İşletmelerde Enerji Tüketimlerinin İncelenmesi	68
2.4.1 Kömür Kazanı, verim-üretim değerlerinin incelenmesi.....	68
2.4.2 Çeşitli Kömür türlerine göre verimlilik analizleri	84
2.4.3 Kömür İçerisindeki Tane Boyutunun İncelenmesi	88
2.4.4 Kömür Ve Taze Hava Fanı Basınç-Buhar Debisi Üzerindeki İlişkisi	90
2.4.5 Kömür Kazanı İşletmende Vardiyalar-Operatörler Arası Farkın İncelenmesi.....	97
2.4.6 Yöre Kömürlerinin Kalori İncelemesi-Kıyaslama Tablosu	100
2.4.7 Kazan Baca Gazı Kayırları	102
2.4.8 Kazan Blöf Kayırları	105
2.4.9 Vana Ceket Ve Buhar Hatları İzolasyonu Uygulamaları	106
2.5 Basınçlı Hava Sistemleri.....	109
 BÖLÜM ÜÇ-SONUÇLAR	125
 KAYNAKLAR.....	131
 EKLER.....	134

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Tüketici gruplarına göre elektrik tüketim oranlar. Ortalama elektrik tüketimi (MWh).....	5
Şekil 1.2 Tekstil firmasında kumaş üretimi esnasında üretim akış şeması	7
Şekil 1.3 Fabrikada buhar enerjisinin genel dağılımı-kayıp noktaları ve miktarı.....	8
Şekil 1.4 Kumas boyama makinasında yüzey izolasyonun yapılması.....	11
Şekil 1.5 Tipik bir kumaş boyama makinası	12
Şekil 1.6 Ana tank üzerindeki yan bombe izolasyonu uygulaması-foam köpük izolasyon uygulaması.....	13
Şekil 1.7 Ana tank üzerine yapılmış yüzey izolasyonu-sarı foam köpük ile kaplama	14
Şekil 1.8 Atık havasındaki nemin optimize edilmesi	16
Şekil 1.9 Tekstil terbiye tesisinde enerjinin verimli kullanımı	20
Şekil 1.10 Sürekli yıkama makinasında enerji tasarrufu.....	21
Şekil 2.1 Tekstil 2004-2012 yılı üretim-toplam enerji tüketimlerinin aylara göre dağılımı	31
Şekil 2.2 2004-2012 yılı üretim-enerji tüketimlerinin aylara göre dağılımı	32
Şekil 2.3 2004-2012 yılları arası üretim-toplam enerji tüketim grafiği	33
Şekil 2.4 2006-2012 yılları arası doğalgaz-elektrik-kömür maliyetlerinin değişimi..	34
Şekil 2.5 2004-2013 yılları arası doğalgaz-elektrik-kömür birim maliyetlerinin değişimi.....	35
Şekil 2.6 Apre bölümünde kullanılan kumaş kurutma fırının şematik gösterimi.....	41
Şekil 2.7 Kumaş kurutmada kullanılan ramöz (kurutma) makinasının bir adet kamarasındaki sıcak hava sirkülasyon gösterimi	42
Şekil 2.8 Apre kumaş sıkma merdaneleri, kumaş üzerindeki suyun mekanik olarak uzaklaştırılması şematik gösterimi.....	46
Şekil 2.9 Kurutma fırının üst termal kamera görüntüsü, üst duvarlar,baca, üst kaplama ek yerleri	48
Şekil 2.10 Kurutma fırının yan termal kamera görüntüsü, yan duvar,elektrik motorlar,motor bağlantı noktaları termal görüntüsü	49
Şekil 2.11 Kurutma fırını enerji girdilerinin ölçüm noktası,doğal gaz sayacı	50

Şekil 2.12 Kumaş üzerindeki nem ölçüm cihazı kumanda kısmı.....	53
Şekil 2.13 Kumaş üzerindeki nem ölçüm cihazı ölçüm çubukları	53
Şekil 2.14 Enerji verimliliği çalışmaları sonucunda günlük üretim miktarına bağlı olarak birim üretim başına doğal gaz ve elektrik tüketimleri	54
Şekil 2.15 Enerji verimliliği çalışmaları öncesinde günlük üretim miktarına bağlı olarak birim üretim başına doğal gaz ve elektrik tüketimleri	55
Şekil 2.16 Mıknatıslı ve mıknatıs olmadan deney sonuç gösterimi	56
Şekil 2.17 Mıknatıslı ve mıknatısız olmadan kumaş kurutmasının elektrik tüketimine etkisi.....	57
Şekil 2.18 Çeşitli kalınlıklardaki kumaşların kurutulmasında doğalgaz tüketimine yüksek gauss mıknatısının etkisi	58
Şekil 2.19 Ramöz Kurutma fırını kütle balans denkliği	59
Şekil 2.20 Tekstil kurutma makinasında termal kamera ile çekilen st yan ve motor görüntüsü.....	62
Şekil 2.21 Kullanımdaki deşarj lambalarının gösterimi	63
Şekil 2.22 Örnek Bir fabrika metal halide ampul –Cıva buharlı uygulaması	65
Şekil 2.23 Akışkan yataklı kömür kazanı yerleşimi	70
Şekil 2.24 Akışkan yataklı kömür kazanı ön görünüşü	71
Şekil 2.25 Kazan yanma prosesi şematik gösterimi	71
Şekil 2.26 Elektrik tüketimi başına elde edilen buhar kg miktarı	74
Şekil 2.27 Kazan kısır kalınlığına bağlı olarak enerji kaybı	78
Şekil 2.28 Çeşitli basınçlarda yüzey blöf oranının değişimi	80
Şekil 2.29 İyileştirme öncesi ve sonrası kg buhar/kg kömür değişimi	81
Şekil 2.30 Aylara bağlı olarak iyileşmenin trend model eğrisi	82
Şekil 2.31 Aylara bağlı olarak iyileştirmelerin etkisi	82
Şekil 2.32 Hava fanına bağlı olarak basınç değişiminin farklı kömür tipine göre analiz	85
Şekil 2.33 Aydın-Söke-Tire bölgesi kömür elek analizleri.....	89
Şekil 2.34 Basıncın baca fanı, hava fanı, kömür hızına bağlı olarak regresyon analiz	94
Şekil 2.35 Yöre kömürlerinin çeşitli kömür fan hızlarında basınç değişimleri.....	96

Şekil 2.36 Yöre kömürlerinin çeşitli kömür fan hızlarında basınç-debi çarpımı değişimleri.....	96
Şekil 2.37 Vardiyalar arası buhar tüketim miktarı (buhar kg/kw Elektrik)	97
Şekil 2.38 Operatörler arası her bir vardiyada üretilen buhar miktarı (kg).....	98
Şekil 2.39 Yöre kömürlerinin kullanılmasında operatörler arası fark (bar).....	99
Şekil 2.40 Yöre kömürlerinin kullanılmasında operatörler arası fark (kg/h).....	99
Şekil 2.41 Ekonomizer sonrası baca gazı çıkış sıcaklıkları	103
Şekil 2.42 İyileştirmelerden sonra ve öncesi baca gazı çıkış sıcaklıkları	103
Şekil 2.43 Çeşitli fan-aspiratör çalışma şartlarında ekonomizer çıkış sıcaklıkları...	104
Şekil 2.44 Vana çeketi uygulaması.....	107
Şekil 2.45 Vana çeketi ile izolasyon örnekleri	108
Şekil 2.46 Vana çeketi iç ve dış yüzey sıcaklığı.....	108
Şekil 2.47 İzolasyonsuz borularda ısı kayıpları.....	109
Şekil 2.48 Kompresör hava sıkıştırma süreç haritası.....	110

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1 Tüketici gruplarına göre elektrik tüketim oranlar	4
Tablo 1.2 Tekstil terbiye sektöründe enerji dengesi	6
Tablo 1.3 Bir tekstil firmasında elektrik enerjisinin bölümlere bağlı olarak kullanım oranları	9
Tablo 1.4 Yalıtım öncesi ve sonrası yakıt enerji tasarrufu miktarı	12
Tablo 1.5 Örnek bir kurutma fırınında yapılan kütle balans sonuçları.	15
Tablo 1.6 Bazı gerdirmeli kurutucularda ölçüm sonuçlarına göre bulunan enerji tasarruf miktarları	18
Tablo 1.7 Atık sıcak sulardan ısı geri kazanımı	19
Tablo 1.8 Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli	22
Tablo 1.9 Güneş enerjisinden elektrik üreten santrallerin ürettikleri elektriğin birim fiyatı ve bu santrallerin ilk yatırım bedelleri	24
Tablo 1.10 Enerji kaynaklarının birim maliyetleri (sent/kw-h)	29
Tablo 2.1 Örnek fabrikadaki enerji tüketimi TEP	36
Tablo 2.2 Örnek fabrikada uygulanan enerji verimliliği sonucunda elde edilen tasarruflar	37
Tablo 2.3 Ramlarda enerji verimliliği araştırmasında kullanılacak olan kök neden yöntem matrisi	43
Tablo 2.4 Ramöz kurutma makinasındaki sirkülasyon fanlarının frekans amper devir ölçümleri.....	44
Tablo 2.5 Atık gaz bacası frekansa bağlı olarak fan devir değişimleri.....	45
Tablo 2.6 Aynı tip kurutma makinalarının girişlerindeki sıkma merdanelerinin performans ölçümleri, sıkma etkilerinin değişim tablosu	47
Tablo 2.7 Bir vardiya içerisindeki üretim yapmadan tüketilen doğalgazın kayıp noktalarının incelenmesi	51
Tablo 2.8 Eşdeğer kurutma makinalarının kurutma kapasite analizleri	52
Tablo 2.9 Doğalgaz kimyasal bileşimi % oranları.....	59
Tablo 2.10 Ampullerin ışıksal etkinlik faktörleri	64
Tablo 2.11 Çeşitli tip ampul güç etkinlik faktörleri	64

Tablo 2.12 Cıva buharlı ampulün çektiği akımlar	66
Tablo 2.13 Mevcut cıva buharlı ampullerin ışık akıları ölçülerek m2 düşen lümen miktarları.....	66
Tablo 2.14 Metal Halide ampullerin çektiği akımlar, (Amp).....	67
Tablo 2.15 Metal halide ampullerin ışık şiddeti (lüks)	68
Tablo 2.16 Akışkan Yataklı kömür sisteminde elektrik motorlarının devir amper ilişkisi.....	73
Tablo 2.17 Buhar üretiminde kullanılan girdi parametrelerinin sebep sonuç matrisi	76
Tablo 2.18 Kazan suyu kimyasal analizi.....	79
Tablo 2.19 Kazan kondens dönüş sularının kimyasal analizi	79
Tablo 2.20 Kömür- kazanı iyileştirme sebep sonuç matrisi.....	83
Tablo 2.21 Çevre yöre kömürlerinin incelenmesi kömür buhar oran kıyaslaması.....	86
Tablo 2.11 TS EN 197-1 Standardına göre incelenen kömür atık kül analizi	88
Tablo 2.23 Deney tasarımı planlanması: kazan işletme şartları	95
Tablo 2.24 Yöre kömürlerinin kalori değerlerinin kıyaslaması	101
Tablo 2.25 Çeşitli fan-aspiratör çalışma şartlarında ekonomizer çıkış sıcaklıkları..	107
Tablo 2.26 Sıkıştırılmış hava da enerji tasarrufu-sebep sonuç matrisi	111
Tablo 2.27 Kompresör alt ve üst basınç ayar tablosu	112
Tablo 2.28 İyileştirme öncesi- sonrası kompresör çalışma aralıkları	113
Tablo 2.29 Kompresörlerin çeşitli basınçlarda çektiği akım miktarları (Amp.)	114
Tablo 2.30 Kompresörlerin boşta çektiği amper miktarları (amper).....	115
Tablo 2.31 Kompresörlerde voltaj amper ilişkisi	116
Tablo 2.32 Kompresör sistem yağ sıcaklığının geri kazanılması.....	117
Tablo 2.33 Soğutma fanından geri kazanılan enerji miktarı	118
Tablo 2.34 Hava giriş sıcaklığına bağlı olarak hava tasarruf oranları teorik çalışma	119
Tablo 2.35 Hava hattı boyunca basınç düşümü.....	120
Tablo 2.36 Hat hava kaçak ölçüm tablosu	121
Tablo 2.37 Fabrika içerisinde tespit edilen hava kaçak Noktaları.....	122
Tablo 2.38 Delik çapına bağlı hava kaçak debisi ve enerji tüketimi	123
Tablo 2.39 Çeşitli oranlarda enerji kaynaklarının kullanılmasındaki senaryolar	128
Tablo 2.40 TEP cinsinden enerji kaynaklarında yapılan iyileştirmeler	129

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Bu bölümde Türkiye tekstil sektörünün genel durumu, Türkiye genelindeki enerji yoğunlukları verimlilik çalışmaları dikkate alınarak, literatür çalışması da yapılarak bir inceleme yapılmıştır.

Tekstil ve hazır giyim sanayi sağladığı istihdam imkânı, üretim sürecinde yarattığı katma değer ve uluslararası ticaretteki ağırlığı nedeniyle ekonomik kalkınma sürecinde ülkemiz için önemli rol oynayan bir sanayi dalıdır. Gelişmiş ülkelerin 18. yüzyılda gerçekleştirdikleri sanayileşme sürecine damgasını vuran tekstil ve daha sonra hazır giyim sanayi, günümüzde de gelişmekte olan ülkelerin kalkınmalarında benzer bir rol oynamaktadır. Tekstil, gelişmiş pazar ekonomilerinde yaratılan katma değer sıralamalarında da, bu ülkelerin yüksek teknoloji sektörlerinin ağırlığına rağmen, ilk sıralarda yer almaktadır (Önsöz,2008).

Tekstil sektörü ülkede yaratılan katma değer (GSMH) 1/10'undan, ülke ihracatının 1/3'ünden fazlasını gerçekleştirmektedir. Tekstil ve hazır giyim sektörünün imalat sanayi içindeki katma değer payı 1/6'dır. Özellikle giyim alt sektörünün emek yoğun karakteri nedeniyle, tekstil sektörü toplam yaklaşık 27500 işyerinde 523000 kayıtlı kişiye istihdam sağlamaktadır. Sektör yaygın yan sanayi ağı ile birlikte iki milyona yaklaşan çalışanıyla önemli bir sosyal işleve sahiptir (Suhubi, 2013).

Türkiye tekstil ihracatı, 2013 yılının ilk çeyreğinde, 2012 yılının aynı dönemine kıyasla %6,8 oranında artarak 2,1 milyar dolar olmuştur. 2013 yılının ilk çeyreğinde Türkiye'nin genel ihracatı %3,3 oranında artışla 36,5 milyar dolara çıkarken; sanayi ihracatı da %1,8 oranında artarak 29 milyar dolara yükselmiştir (İstanbul Tekstil ve Konfeksiyon İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği [İTKİB], 2013).

Konfeksiyon sektörüne göre, daha sermaye yoğun bir yapısı bulunan tekstil sektöründe işletmeler genellikle orta büyüklükte örgütlenmiş olup; entegre büyük tesisler de bulunmaktadır. Türkiye genelinde ihracata yönelik üretim yapan 7500

civarında tekstil imalatçısı bulunmaktadır. Tekstil mamulleri kurulu kapasite ve üretim bakımından İstanbul, İzmir, Denizli, Bursa, Kahramanmaraş, Gaziantep gibi illerde yoğun olarak yapılmaktadır. Tekstil sektörünün makina parkı genel olarak en yüksek teknoloji ile donanımlıdır ve Türkiye’de çok gelişmiş bir tekstil terbiye sanayii de bulunduğundan katma değeri yüksek, özellikli ürünler rahatlıkla üretilmekte ve pazarlanmaktadır. Tekstil sektörünün bugünkü konumunu daha da güçlendirerek sürdürebilmesi ise, teknolojisini çağın önünde tutabilecek düzeyde geliştirmesine, bilgi yoğunluğu ve katma değeri yüksek ürünlere yönelmesine bağlıdır. Bunun için, tekstil sektörünün faaliyet gösterdiği iplik, örme, “non - woven”, dokuma, tekstil terbiyesi ve hazır giyim alanlarında teknoloji geliştirme ve Ar-Ge çalışmalarına önem vermesi ve kaynak ayırması gerekmektedir (İTKİB,2013).

Bugün tekstil ve hazır giyim tedarikinde dünyanın önde gelen ekonomileri arasında yer alan Türkiye’de hazır giyim ve konfeksiyon sanayiinin ihtiyaçlarını başarılı ve etkin şekilde karşılayacak düzeyde tekstil üretimi yapılmaktadır. Bu büyük kapasiteler için gereken pamuk ihtiyacının bir bölümü de ithal edilmektedir. Türkiye kumaş tasarımı konusunda önemli mesafeler alınmış ve son yıllarda bu tasarımları özel gösterimler ile önde gelen pazarlarda tanıtır olmuştur. Kendi markasını yaratan, patentlerini alan Türk tekstil sanayicileri hem Türkiye’de hem de yurtdışında önemli hazır giyim ve ev tekstili firmalarına kumaş tedarik etmektedirler (İTKİB, 2013).

Tekstil konusunda, birçok uluslararası fuara milli katılım organize edilmekte, yurtiçinde uluslararası fuarlar düzenlenmekte ve Türkiye’nin bu konudaki önemli potansiyeli tüm dünyaya tanıtılmaktadır. Mevcut dünya konjonktüründe sektörün öncelikli hedefi katma değeri yüksek, kaliteli, özgün mamulleri üretilip makul fiyata pazarlamaktır. Diğer yandan, tüm dünyadaki eğilimlere paralel şekilde üniversite-sanayi ve kurum işbirliğiyle araştırma-geliştirme çalışmalarına ağırlık vererek teknik tekstil üretimi konusunda önemli mesafeler kaydedilmektedir (İTKİB, 2013).

Dünya genelinde 1995-2010 yılları arasında Ar-Ge harcamaları yaklaşık 3 katına ulaşmıştır. Ar-Ge yapan ülkeler arasında ABD, Kanada, Çin ve Japonya ilk sıralarda yer almaktadır. Milli gelirlerinin %2-3' ünü Ar-Ge'ye ayıran ABD gibi ülkelerin Ar-Ge'ye ayırdıkları payın Türkiye'nin GSMH 'sına neredeyse eşit olduğu görülmektedir. Türkiye'de ise gayrisafi yurtiçi Ar-Ge Harcaması 2011 yılında bir önceki yıla göre % 20,4 artarak 11154 milyon TL olarak hesaplanmıştır. 2011 yılında GSMH'nin içinde yurtiçi Ar-Ge harcamalarının payı %1,11 olarak gerçekleşmiştir. Hem ülkemiz 2023 hedeflerinde, hem Avrupa 2020 Stratejisi hedeflerinde bu oran %3 olarak belirlenmiştir. TÜİK' nin son yayımladığı 2011 yılı verilerine göre imalat sanayi içinde Ar-Ge harcamalarının oranı tekstil sektöründe %3,12, hazır giyimde %0,52, deri ve deri ürünleri sektöründe ise %0,1 oranında gerçekleşmiştir. İmalat sanayinde çalışan Ar-Ge personeli sayısı bakımından yapılan değerlendirmede tekstilde %2,65, hazır giyimde %0,68 deri ve deri ürünleri sektöründe ise %0,14 oranında Ar-Ge personeli istihdamı sağlandığı görülmektedir (İTKİB, 2013).

1.1 Tekstil Sektörüne Enerji Verimliliği Yönünden Genel Bir Bakış

Tekstil sektörü kriz yılları da dâhil ihracatı sürekli artan bir sektör olması nedeniyle Türk sanayisinde büyük öneme sahiptir. Tekstil sanayisi incelendiğinde enerji kullanım miktarlarının inişli çıkışlı olduğu görülmektedir. 2001 yılında yapılan bir çalışma neticesinde tekstil sektöründe ihracat oranında bağlı olarak enerji yoğunluğu 0,121 TEP/Bin\$ olarak hesaplanmıştır. 1995–2001 süresince tekstil sanayindeki enerji yoğunluğu sürekli bir artış eğiliminde olmuştur. Buna rağmen 0,121 değerinin Türkiye sanayi ortalamasının (0,212 TEP/Bin\$) altında olduğu görülmüştür (Dincer, 2009).

2001 yılında Bu dört ana alt sektörlerdeki enerji yoğunluklarına bakılırsa, ayakkabı sanayinin 0,02 TEP/Bin\$, deri sanayinin 0,033 TEP/Bin\$, giyim eşyası sanayinin 0,04 TEP/Bin\$ olurken, dokuma sanayinde bu değer 0,174 TEP/Bin\$ olduğu görülür. Görüldüğü gibi dokuma sanayinde enerji yoğunluğu diğer alt sektörlerle göre oldukça yüksektir, ancak bu değer yine Türkiye sanayi ortalamasının

altındadır. Tekstil sektöründe en çok kullanılan enerji türünün elektrik olduğu görülmektedir. 2001 yılı verileri ile tekstil sektöründe elektrik kullanımının payı %29 olmuştur. Benzin, motorin, taşkömürü, LPG tüketiminin çok az paya sahip olduğu ve payın yıllar itibariyle değişmediği görülmüştür. Doğalgaz tüketimi tekstil sanayinde önemli bir yer tutar, elektrikten sonra ikinci tüketim değeriyle (2001, %27) öne çıkar (Dincer, 2009).

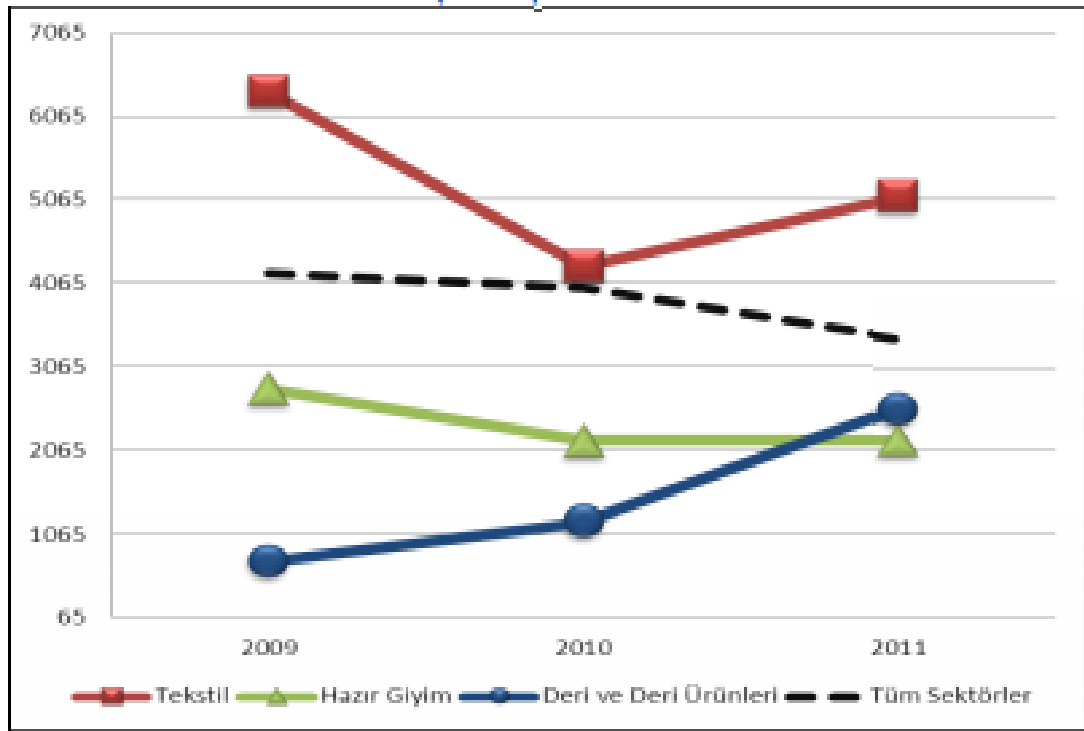
TEDAŞ'ın 2010 yılı istatistiklerine göre Tablo 1.1 de, tüm Türkiye'de 172050628 MWh' lik elektrik tüketiminin %8'i THD sektörleri tarafından kullanılmıştır. Bu kayıtlara göre Tekstil hazır giyim deri sektörleri dördüncü büyük elektrik tüketicisi konumundadır (Tekstil Hazır Giyim, 2013).

Tablo 1.1 Tüketici gruplarına göre elektrik tüketim oranlar (Tekstil Hazır Giyim, 2013).

Tüketici Grubu Dağılımı	Toplam MWh	Oran %
Mesken İçi Hizmetler	41410705	24,00
Ticarethane, Yazıhane, Turizm, El Sanat. Ve Diğ. Hiz.	26280923	15,30
Demir-Çelik Üretimi Ve İşleme Sanayii	16574835	9,60
Tekstil, Deri Ve Giyim Sanayii	13890475	8
Tüm Tüketiciler Toplamı	172050628	100

Tekstil sektörü imalat sanayi içinde en çok elektrik tüketen sektör olması dikkat çekmektedir. Şekil 1.1 de 2011 yılında kapasite artırımına giden firmalardan dolayı ortalama elektrik tüketiminde hızlı bir artış gözlenmektedir.

Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı 2010 yılı sanayi sicil kayıtları incelendiğinde, imalat sanayi sektörleri içinde elektrik tüketim payları dikkate alındığında; tekstil sektörü %12,6 ile birinci sırada yer alırken, hazır giyim sektörü %3,8'le 10'uncu sırada, deri ve deri ürünleri ise %0,6 ile 21'inci sırada yer almaktadır. Tekstil sektörünün imalat sanayi içinde en çok elektrik tüketen sektör olması dikkat çekmektedir (Tekstil Hazır Giyim, 2013).



Şekil 1.1 Tüketici gruplarına göre elektrik tüketim oranlar / Ortalama elektrik tüketimi(MWh)

Türkiye de ve tekstil sektöründe enerji ve doğal kaynaklarının kullanımı için farklı ucuz ve temiz enerji araştırmaları yapılmaktadır. Öncelikli olarak araştırma yapılan noktalar; rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, enerji depolama sistemleri, temiz kömür, enerji verimliliği, geri kazanabilir enerji sistemleri, güç sistemlerinde kontrol teknikleri, hidrojen enerjisi sistemleri gibi konulara araştırma ve geliştirme çalışmaları uygulanmaktadır (İnternational Energy Agency, 2009).

Ülkemizde imalat sanayii enerji tüketiminde içinde yaklaşık % 8 paya sahip olan ve yoğun bir rekabetin yaşandığı tekstil terbiye sektöründe kullanılan enerjinin maliyet içerisindeki payı ise % 12-16 civarındadır (Yalçın, 2012).

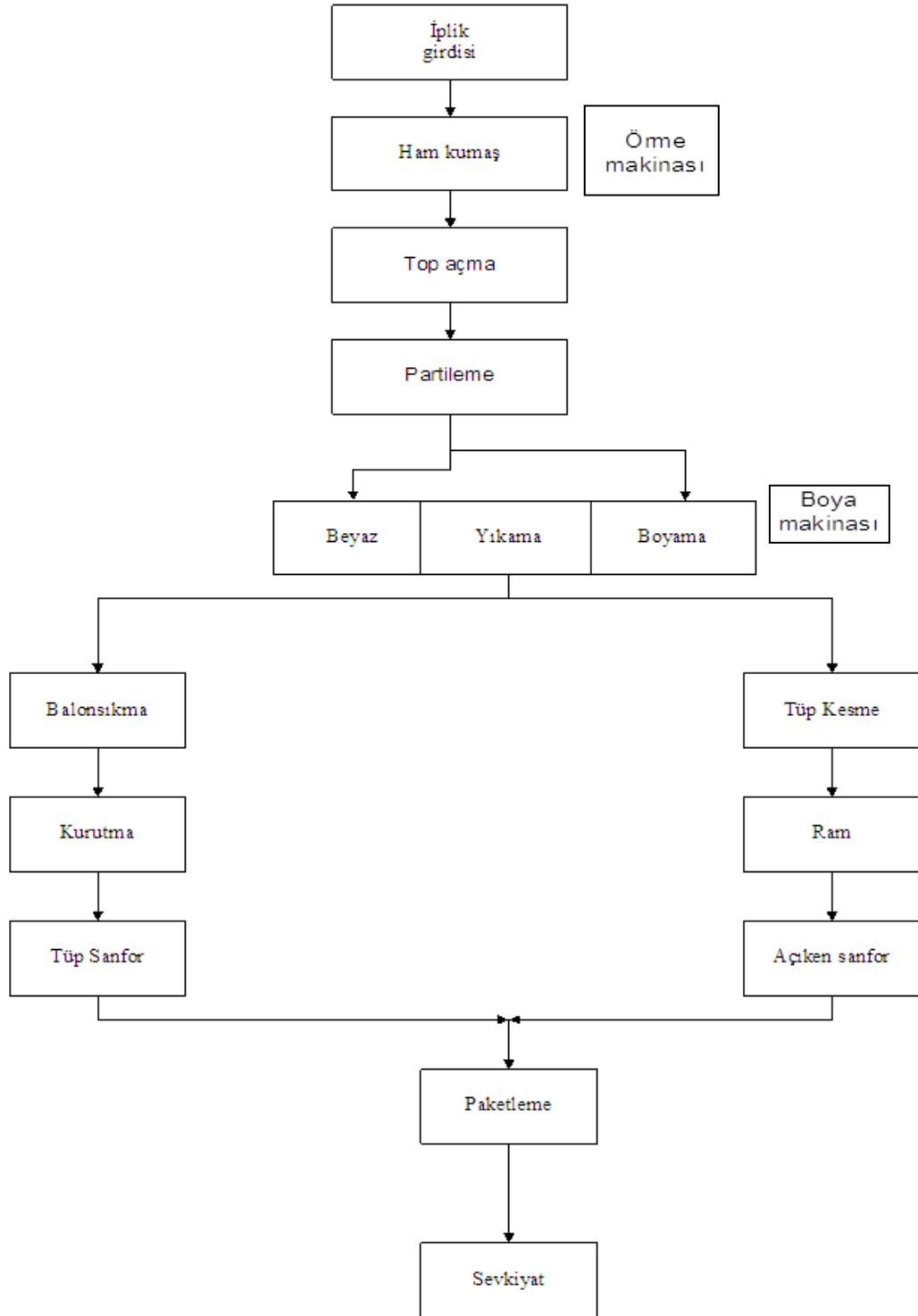
Tablo 1.2 Tekstil terbiye sektöründe enerji dengesi (Yalçın, 2012).

Yıllar	2007	2008	2009
Terbiye Kapasitesi(Ton)	2466000	2267000	2068000
KKO(%)(Kapasite Kullanım Oranı)	71,6	67,4	63
Gerçekleşen Üretim Miktarı(ton)	1751032	1527401	1300883
Enerji Tüketimi(TEP)	1505312	1336954	1153874

Yukarıdaki Tablo1.2 2007 -2009 yıllarındaki tekstil üretimini TEP cinsinden tekstil enerji tüketim miktarının değişimini göstermektedir. Türkiye enerji tüketiminin %8 lik bir kısmı tekstil sektöründe kullanılmaktadır. Buradan yola çıkılarak enerjinin enerji verimliliğinin önemi bir kez daha ön plana çıkmaktadır

1.2 Tekstil Sektöründe Uygulanan Prosesler

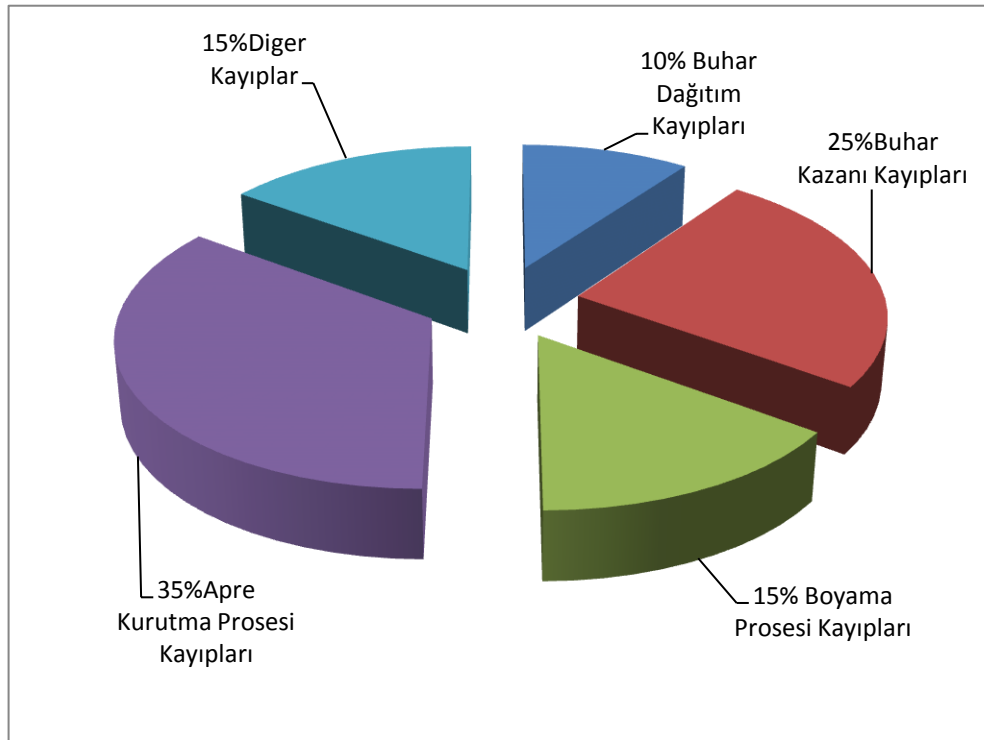
Aşağıdaki Şekil 1.2'deki akış şeması bir tekstil firmasında iş akışını göstermektedir. Ham kumaş örme makinasında örüldükten sonra partileme bölümünde bulunan top açma sistemine girer. Burada boya makinalarının kapasitelerine bağlı olarak partilenerek makinalar için uygun bir partilere ayrılır. Siparişe bağlı olarak farklı büyüklüklerdeki boya makinası seçilerek boyama işlemine başlanır. Tüp olan kumaşlar ve likrasız kumaşlar direk olarak serbest kurutma bölümüne yönlendirilir. Likralı kumaşlar ise tüp kesme ve ramöz grubuna yönlendirilerek kurutma prosesi uygulanmaktadır. Uygun çaplı rulo sarma işlemi paketlenme bölümünde yapılmaktadır. Uygun kalitede ürün sevkiyatı yapılır. En yoğun enerji tüketimi boyama ve kurutma-ramöz prosesinde kullanılmaktadır. Enerji verimliliği inceleme noktaları olarak öncelikli olarak bu prosesler seçilmelidir. Üretimin yapılmasında kullanılan yardımcı işletmelerde de enerji verimliliği açısından inceleme yapılmalıdır.



Şekil 1.2 Tekstil firmasında kumaş üretimi esnasında üretim akış şeması

1.3 Tekstil Sektöründe Enerji Tüketimi

Tekstil boyahanesinin ihtiyacı olan enerji kömür, elektrik, doğalgazdan elde edilmektedir. Doğalgazdan elde edilen enerji ağırlıklı olarak apre bölümünde tüketilmektedir. Burada oluşan kayıplar %35 oranlarına kadar varmaktadır. Baca gazından atılan sıcak gazlar kayıp enerjiyi oluşturmaktadır. Bu enerjinin geri kazanılması için çeşitli atık ısı eşanjör uygulaması geliştirilmiştir. Baca gazının kirliliği(elyaf ve yağlar) yoğun olması dolayısıyla kullanımında zorluklar oluşmaktadır. Kömürden elde edilen buhar enerjisini ele aldığımızda iletim kayıpları ve proses kayıpları oluşmaktadır. En büyük kayıp oranı buhar kazanında olduğu gözlenmiştir. Şekil 1.3 genel olarak kömürden elde edilen enerji kayıplarının oranını göstermektedir.



Şekil 1.3 Fabrikada buhar enerjisinin genel dağılımı-kayıp noktaları ve miktarı (Hasanbeigi, 2010)

Türkiye'deki tekstil sektörünün tipik bir enerji genel değerlendirmesi yapıldığında yardımcı işletmelerde tüketilen elektrik enerjisi en yüksek oranda olduğu Tablo 1.3 te görülmektedir. Elektrik enerjisinin verimli kullanılması araştırmalarına öncelikli olarak bu noktadan başlanmalıdır. Apre ve boyahane de yoğun olarak elektrik

enerjisi tüketildiği görülmektedir. Tekstil boyahanesi sektöründe kullanılan elektrik enerjisinin %37,7 oranında yardımcı işletmelerde tüketilmektedir.

Tablo 1.3 Bir tekstil firmasında elektrik enerjisinin bölümlere bağlı olarak kullanım oranları

ÖRNEK FABRİKADA ELEKTRİK TÜKETİM NOKTALARI VE MİKTARI						
GRUP		kw-h	Toplam kw-h/ay	Boyahane Üretimi	kw-h/kg Üretim	Oran
Yardımcı İşletmeler	Kompresör	130	93600	462303kg	0,202	37,7%
	Buhar üretimi (Kazan)	90	64800		0,140	
	Sert Su transfer		30000		0,065	
	Su yumuşatma	14	10080		0,022	
	Soda- tuz pompaları	10	7200		0,016	
	Soğuk su transfer	120	86400		0,187	
	Sıcak su transfer	90	64800		0,140	
Kazanda Ortalama Tüketim: kw/kg Üretim					0,772	
Apre	A Kurutma Makinası	115,1	41420	462303kg	0,090	20,5%
	B Kurutma Makinası	102,8	37000		0,080	
	A Ramöz	68,27	24577		0,053	
	B Ramöz	87,62	31543		0,068	
	C Ramöz	73,94	26618		0,058	
	Ütü	27,78	10000		0,022	
	A Açık En Sanfor	33	11500		0,025	
	B Açık En Sanfor	31	11500		0,025	
	Aprede Ortalama Tüketim: kw/kg Üretim					
Arıtma	Blower	50	36000	462303kg	0,078	4,8%
	Atık Su Transferi	13	9360		0,020	
Arıtmada Ortalama Tüketim: kw/kg Üretim					0,098	
Boyahane	Boyahanede Ortalama Tüketim: kw/kg Üretim				0,454	22,19%
Aydınlatma	Aydınlatmada Ortalama Tüketim: kw/kg Üretim				0,108	5,28%
Örgü	Örgüde Ortalama Tüketim: kw/kg Üretim				0,117	5,71%
Paketleme-Kalite Kontrol	Paketlemede Ortalama Tüketim: kw/kg Üretim				0,019	0,91%
Tulum Dikme	Tulum Dikmede Ortalama Tüketim: kw/kg Üretim				0,005	0,25%
Lab.	Laboratuvar Ortalama Tüketim: kw/kg Üretim				0,031	1,52%
Top Açma	Top açmada Ortalama Tüketim: kw/kg Üretim				0,023	1,12%

Elektrik sayaçları ile yapılan ölçümlerde apre(kurutma) bölümünde % 22,5 boyahane bölümünde de %22,19 oranında elektrik enerji tüketimi oluşmaktadır.

Bunu yanında yardımcı işletmelerde kg kumaş başına 0,772 kw elektrik düşmektedir. Diğer tüketim bölümlerinden biri olan boyahane de kg kumaş başına 0,454 kW, apre de ise 0,450 kW elektrik tüketimi olarak ölçülmüştür.

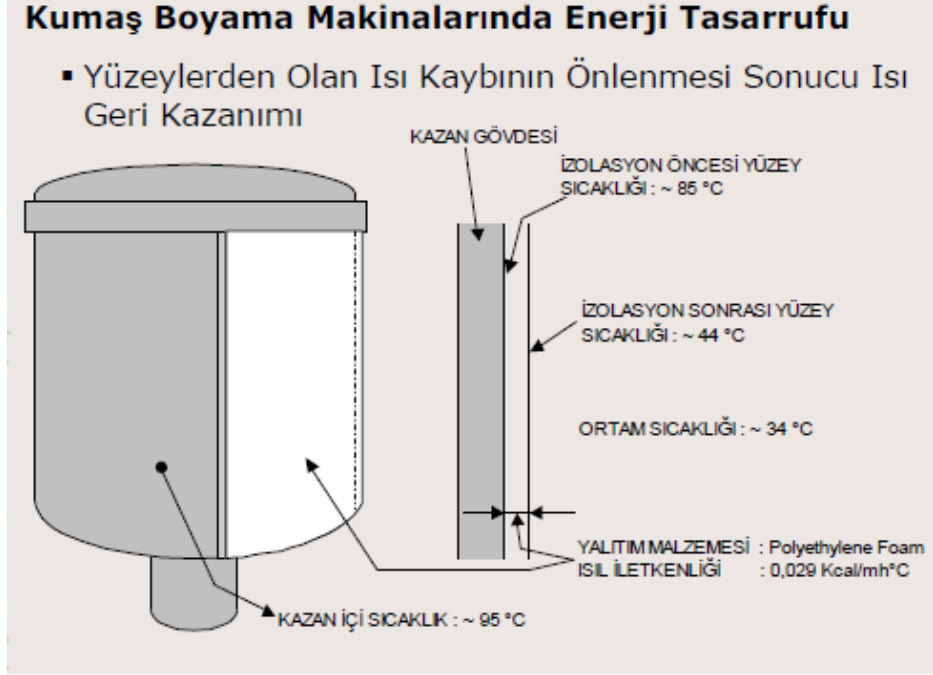
1.4 Tekstil Boyahanesinde Enerji Verimliliği Teknolojileri ve Ölçüm Sistemleri

Boyama ve son işlemleri içeren terbiye bölümünde enerjinin % 85’den fazlası ısı olarak kullanılmakta olup, söz konusu bölüm enerji tasarrufunun en fazla olduğu prosesleri içermektedir. Entegre bir tekstil fabrikasının terbiye bölümünde ısı enerjisi tüketimleri dağılımına bakıldığında tüketilen enerjinin yaklaşık olarak %50 sinin atık sular, makine yüzeyleri ve egzoz gazlarından kaybedildiği bilinmektedir (Yalçın, 2012).

Entegre bir tekstil fabrikasında en çok enerji tasarrufu yapılabilecek noktalar, kumaş boyama makinaları, gerdirme kurutucular(stenter) ve yıkama makinalarıdır.

1.4.1 Boyama Prosesi

Tekstil boyahanesinde kullanılan makinaların yüzeylerinde yalıtım bulunmamaktadır. Tablo 1.4 te kumaş boyama reçetesine bağlı olarak makine yüzeyinden atmosfere olan ısı transferi değişiklik göstermektedir. 80°C ve 130°C arasında çeşitli sıcaklıklara bağlı olarak makine içerisinde farklı boyama prosesleri gerçekleşmektedir. Buna bağlı olarak makine yüzeyi sürekli olarak 80 °C üzerinde olmaktadır. Yapılan ölçümler ile izolasyon öncesi 80 °C sıcaklık makine yüzeyinde tespit edilmiştir. İzolasyon sonrasında bu sıcaklık 44 °C düşmüştür.



Şekil 1.4 Kumaş boyama makinasında yüzey izolasyonunun yapılması (Yalçın,2012).

Yalıtımsız bir kumaş boyama kazanında, $1 m^2$ lik bir alandan olan ısı kaybı= 464 kcal/h dir. Sudan etkilenmeyen ve yapışkanlı yüzeyi sayesinde kolayca yüzeye yapıştırılıp, gerektiğinde sökülebilen polyethylene foam ile yalıtım yapılması sonucu $1 m^2$ lik bir alandan olan ısı kaybı= 68 Kcal / h kadar düşmektedir.

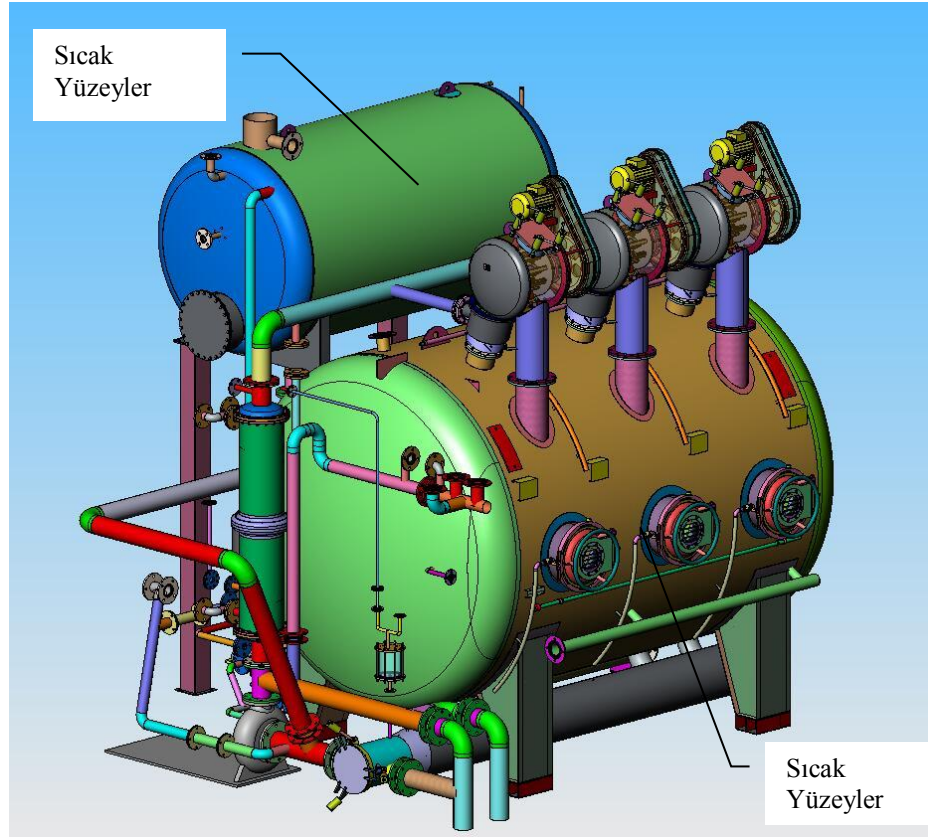
Yalıtım yapılması ile yüzeyden olan ısı kaybında azalma oranı = % 85 civarlarında olmaktadır. 8 adet boya kazanı, her bir kazanın yüzey m^2 değerini $30 m^2$ /adet olarak aldığımızda, 8000 saat üzerinden çalışma ile hesap yapıldığında yüzey izolasyonu yapılarak kömürden 76 TEP kazanç sağlanabilmektedir.

$$Q = 8 \times 30 m^2 \times 8000 s \times 396 kcal = 760,32 Gcal; 76 TEP \quad (1.1)$$

Yüksek sıcaklıkta çalışma süresi 1500-2000 saat/yıl, yalıtım maliyeti 31 US\$ / m^2 olarak alınmıştır (Yalçın, 2012). Tablo 1.4 te basit bir hesaplamaya göre yıllık doğalgaz kazanç miktarı verilmiştir. Yapılan hesaplamalara göre de yatırım maliyetini 3 ay gibi bir sürede geri kazanılmaktadır.

Tablo 1.4 Yalıtım öncesi ve sonrası yakıt enerji tasarrufu miktarı (Yalçın, 2012)

Örnek Fabrika	Bir adet Boyama Kazanı Toplam Yüzey Alanı (m^2)	Yalıtım Öncesi Yüzey Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Yalıtım Sonrası Yüzey Sıcaklığı ($^{\circ}C$)	Tasarruf Edilecek Enerjinin Yakıt Eşdeğeri ($Nm^3/yıl$)	Yatırım Geri Ödeme Süresi (ay)
A	80	120	49,2	22207	3
B	127	115	48,3	23584	4,5
C	201	85	43,1	70513	2,4



Şekil 1.5 Tipik bir kumaş boyama makinası

Boya makinası gösterimi olan Şekil 1.5 teki gibi, sıcak yüzeylerin alanı oldukça fazladır. Ana tank üzeri ve arka planda gözüken rezerve tank üzerini de sıcak yüzey olarak kabul edilebilir. Rezerve tank kısmı, atmosfere açık durumdadır ve yüzey sıcaklıkları yaklaşık olarak 50-85 °C arasında değişmektedir. Ana tank üzerindeki yüzey sıcaklıkları da, kapalı sistem olarak düşünüldüğünde, yaklaşık olarak 50-130 °C derece arasında değişmektedir. Aynı zamanda ihmal edilemeyecek kadar büyük yüzey de ısıtma eşanjörleri de vardır. Bu yüzeylerinde ısı izolasyonunun yapılmasında enerji tasarrufu açısından fayda gözükmektedir.

Yaklaşık çapları 2,2 ile 2,5 mt. arasında değişen boya kazanlarının bombe yan yüzeylerinin izolasyon malzemesi ile kaplanması Şekil 1.6'da gösterilmektedir. Yaklaşık olarak 10 cm. kalınlığında foam- köpük ile kaplama yapılmıştır ve yüzey koruyucu sert pvc- karbon plakalar ile kaplanmıştır.



Şekil 1.6 Ana tank üzerindeki yan bombe izolasyonu uygulaması-foam köpük izolasyon uygulaması



Şekil 1.7 Ana tank üzerine yapılmış yüzey izolasyonu-sarı foam köpük ile kaplama

Ana tank üzerinde yapılan yüzey izolasyon örneğinin kesiti şekli Şekil 1.7’ de gösterilmektedir. Yapılan izolasyon işinin düzgün ve standartlara uygun olarak yapılması gerekmektedir. Boyar maddelerin aşındırıcı olması ve tank yüzeyinin su ile yoğun temasta dolayı izolasyon malzemesinin çabuk olarak deformasyonu söz konusudur. İzolasyonun kullanılamaz hale gelebilmektedir.

1.4.2 Kumaş Kurutma Makinasında Enerji Tasarrufu. Gerdirmeli Makinada Kumaş Kurutma(Ramöz)

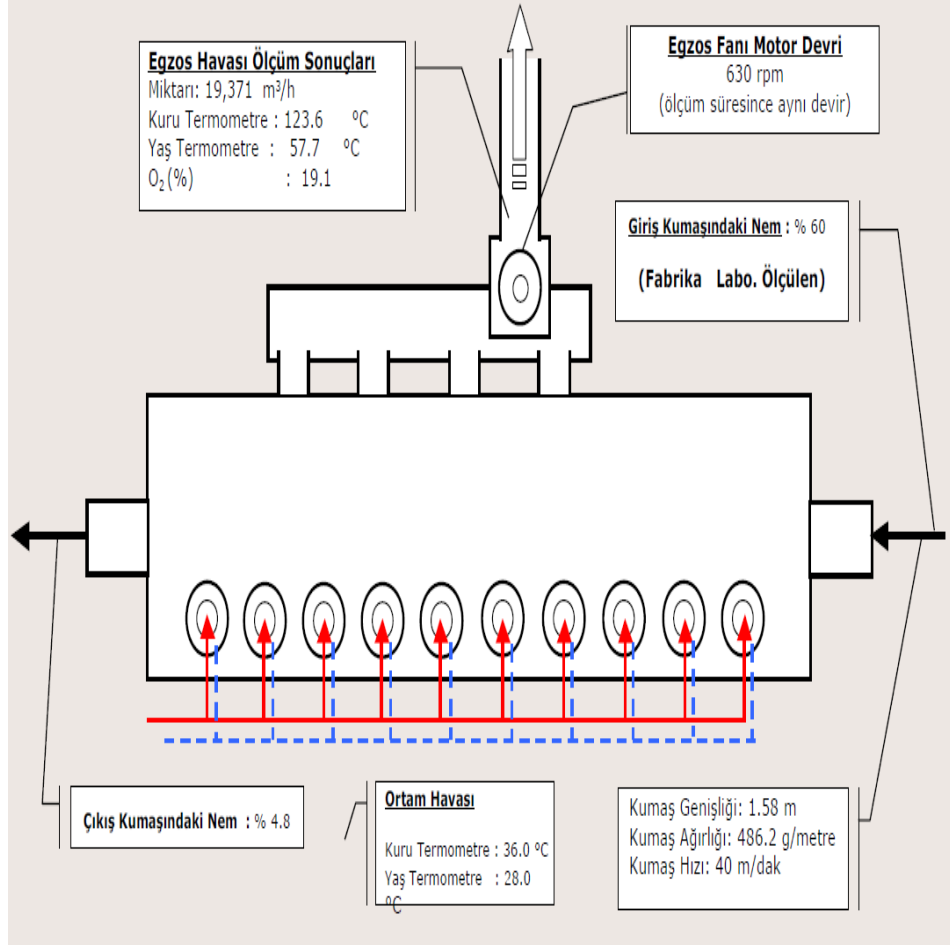
Kumaş boyandıktan sonra kurutma işleminin yapılması gerekmektedir. Boyama sisteminden çıktıktan sonra kumaş, üzerinde yaklaşık olarak 1 kg kumaş için 2 kg su kalmaktadır. Kurutma fırınlarına girmeden önce, ilk olarak merdane silindirlerinden geçirilerek kumaş üzerindeki su, mekanik olarak uzaklaştırılmaktadır. Bir kg kumaş üzerinde kalan su miktarı yaklaşık olarak 1 kg civarında olmaktadır. Geriye kalan su miktarı da kurutma fırınlarında uzaklaştırılmaktadır. Kurutma fırınlarının ısıtması genellikle doğalgaz veya buhar ile yapılmaktadır.

Bu kurutma fırınında enerji tasarrufu için öncelikli olarak yalıtım, düşük sıcaklıkta kurutma yapılması, egzoz gazındaki nem kontrolü yapılması gerekmektedir. Kumaşın aşırı kurutmanın önüne geçebilmek için egzoz çıkışına nem kontrolü önemi bir kez daha ön plana çıkmaktadır. Uluslararası standartlar kumaş üzerinde %4 oranında neme müsaade edilmektedir.

Tablo 1.5 Örnek bir kurutma fırınında yapılan enerji balans sonuçları (Yalçın, 2012)

Gerdirmeli bir Kurutucuda yapılan enerji-kütle balansı sonuçları		
Gerdirmeli kurutucuda çıkan enerji	kcal/h	%
Kumaş ile çıkan enerji	33417	3,1
Yüzeylerden kaybolan enerji	15268	1,4
Fazla havanın etkisi	604640	55,3
Yanma havasından gelen nemin enerjisi	19810	1,8
Yanma sonucunda oluşan nemin enerjisi	2064	0,2
Kumaştan buharlaşan nemin enerjisi	418285	38,3
Toplam	1093484	100,0

Kumaş kurutmada enerjinin tüketim noktalarının belirlenmiştir. Enerjinin en çok kullanıldığı noktadan başlayarak enerji tasarrufu çalışmaları başlatılmıştır. Gerdirmeli kurutucu (ramözler) Tablo 1.5 enerji-kütle balans sonuçlarının incelendiğinde fırın içerisindeki havanın ısıtılmasında kullanılan taze hava miktarının öncelikli olarak ayarlanmalıdır. Doğalgaz ile çalışan brülörlerde %3 hava oranında olması ile optimal verimli yanma sağlanmış olmaktadır. Burada brülör havasının tam olarak ayarlanmalıdır. Brülörden çıkan alev maviye yakın bir renkte olmalıdır. Diğer %38,3lik bir oranda enerji tüketildiği kumaştan buharlaşan nemin enerjisinin incelenmesi de önemlidir. Enerjinin yoğun kullanıldığı noktalarda tasarruf miktarı daha yüksek olmaktadır. Burada yapılacak iyileştirmelerin enerji tasarrufuna katkısı daha yüksek olacaktır.



Şekil 1.8 Atık havasındaki nemin optimize edilmesi (Yalçın,2012)

Sıcak hava sirkülasyonu ile kumaş yüzeyine taşınan sıcak hava kumaş üzerindeki nem miktarını düşürmektedir. Şekil 1.8 de gösterildiği gibi %60 nem ile kurutma fırınına giren kumaş %4,8 nem ile fırından dışarı çıkmaktadır. Depolama sahasında ortam nemi ile dengelenmektedir. Çoğu zaman ortam nemi kumaş neminden yüksek olduğundan dolayı aşırı kurutma gereksiz olabilmektedir. Zaman içerisinde ortam nemi yüksek ise kumaş nem miktarı yükselmektedir. Standartlar kumaş üzerindeki %4 nem miktarını kabul etmektedir.

Egzoz bacasındaki havadaki nem miktarının otomatik olarak ölçülerek kurutma sıcaklığı ve kumaş geçiş hızı ayarlanabilir. Havanın alabileceği % nem miktarı sabittir ve hava maksimum taşıyabileceği nem miktarını yakın bir miktarda egzoz fanı devir ve debi ayarı yapılarak çalıştırılması durumunda max. enerji tasarrufu sağlanmış olur. Genellikle egzoz fan kapasite değerleri büyük seçilmektedir. Bu

değerler dikkate alındığında atık hava fanı hız kontrol cihazı ile devrinin düşürülmesi ve optimum çalışma aralığının bulunması gerekmektedir. Fırın sıcaklığı 160 °C olduğunu ve bacadan atılan gazın yaklaşık olarak 120-140 °C civarında olduğunu ve 16000 m³/h gibi bir debide atık havayı dışarıya attığımızı hesaplarsak ciddi anlamda enerji kaybımız olmaktadır. Bu enerji geri kazanmak için baca fanı devir-kapasite ayarları yaparak sıcak ve kuru havayı mümkün olduğu kadar fırın içerisinde tutmak gerekmektedir.

Bugün günümüz ramözlerin de bir bölmesinde max. atık hava kapasitesi 2500 ve 3000 m³/h civarında olduğunda atık hava %100 nem ile yüklenebilmektedir. Bu durumda 7 bölmeli bir ramöz de 17 500 ile 21000 m³/h eksoz hava yapmaktadır. Böyle bir ramöz için, 300 g/metre tül kumaş, 60 m. /dk. hızla kurutulduğunda ve uzaklaştırılan su miktarının mamul ağırlığının %70 kadar olduğunu kabul edersek, bir saatte buharlaştırılan su miktarı

$$M_{su} = 0,3*60*60*0,7=756 \text{ kg/h} \quad (1.2)$$

Alınacak önlemler sayesinde dışarı atılan atık havadaki nem miktarının 100 gr/m3 olması sağlandığında: 756 kg su buharı 7560 m³ atık hava ile uzaklaştırılacaktır. Ve böylece bir saatte atılan atık hava miktarı 10000m³ azaltılmış olacaktır. Bu sayede sağlanacak enerji tasarrufu: Saatte 260000 kcal enerji tasarrufu, yaklaşık olarak 0,5 ton buhar tasarrufuna tekabül etmektedir (Tarakçıoğlu,1984).

$$E = V * C_h * \Delta T * A_h \quad (1.3)$$

$$E=10\ 000 * 0,24 * 0,83 * 130$$

$$E=260\ 000 \text{ kcal /h}$$

V=Tasarruf edilen sıcak havanın hacmi

C_h=Havanın özgül ısı(0,24 kcal/Kg derece)

A_h=Sıcak Havanın Özgül ağırlığı(150 °C 0,83 Kg/m³)

E= Tasarruf edilen enerji Kcal/h

Aynı zamanda 1 Nm³doğalgaz 8250 kcal olarak kabul edersek, yaklaşık olarak 31,5 Nm³ doğalgaz tasarrufu yapılmaktadır. 1 kg kumaş için yaklaşık olarak 0,20 (Nm³/kg kumaş) doğalgaz tüketilmektedir. Günde 10 ton kumaş üretiminden hesap edildiğinde %37 oranında doğalgaz tasarrufu elde edilmektedir.

Tablo 1.6 Bazı gerdirmeli kurutucularda ölçüm sonuçlarına göre bulunan enerji tasarruf miktarları (Yalcın, 2012).

Makine Adı	Hava Debisi	Mevcut Nem miktarı	Hedeflenen Nem Miktarı	Tasarruf Edilebilecek Enerji Miktarı
	Kg/h	Kg/kg kuru hava	Kg/kg kuru hava	Kcal/h
Babcock germe econ air	19371	0,0954	0,1255	75364
Babcock germe econ air	6770	0,775	0,13	113647
Yağlı artos 1. baca	1,779	0,75	0,1075	14742
Yağlı artos 2. baca	2563	0,0675	0,105	28399
Yağlı artos 3. baca	911	0,06	0,0925	8488
Yağlı artos 4. baca	1020	0,0275	0,05	7604
Monforts 1.baca	11351	0,75	0,1	72656
Monforts 2.baca	10812	0,0875	0,115	65418

Yukarıdaki Tablo 1.6 da kumaş kurutma fırınlarında hava debisi kg/h ve bu hava debisine göre ölçülen kuru havadaki nem miktarının kg değeri, buna bağlı olarak egzoz fan devir miktarı ayarlanarak kuru havadaki hedeflenen nem miktarına ulaşılması durumunda tasarruf edilebilecek kcal/h miktarı verilmiştir. Çeşitli farklı modellerde havadaki nem miktarlarındaki miktarları arttırılarak tasarruf edilecek olan enerji miktarları gösterilmektedir 100 gr/kg hava oranına ulaşılmasıyla enerji tasarrufunun yüksek değerlerde yapılacağı hem teorik hem de pratikte mümkündür.

1.4.3 Atık Sulardan Enerji Geri Kazanım

15 ton / gun kumaş boyamam kapasitesi olan tesiste günlük olarak yaklaşık 2500 ton/gün su tüketilmektedir. Bu su tüketiminin %40 civarı sıcaklığı 60 derece ve üzeridir. Dolayısıyla bu atık ısı enerjisinin geri toplanması ile ciddi derecede enerji geri kazanımı sağlanabilir. Kumaş yıkama prosesinde ortalama olarak 7 banyo

yıkama işlemi olmaktadır. Ve her seferinde banyo suyunu atılması ve arıtma sistemine gönderilmesi söz konusudur. Atılan bu sıcak suyun bir esanjör sisteminden geçirilerek sıcak su elde edilmesi önemlidir. Bu elde edilen sıcak su tekrar kumaş boya besi suyu olarak kullanılabilir. Pratik uygulamalarda 50 °C temiz sıcak su elde edilmektedir. Doğal gaz ile buhar elde etme prosesine göre hesaplanmış bir örnek tasarruf miktarı aşağıda verilmiştir. Buradan elde edilen atık enerji sisteme geri kazandırılmaktadır.

Q: Elde edilen enerji miktarı kcal/h

m: Atık su debisi kg

C_p : Suyun özgül ısı(kcal/kg derece)

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T; \quad (1.4)$$

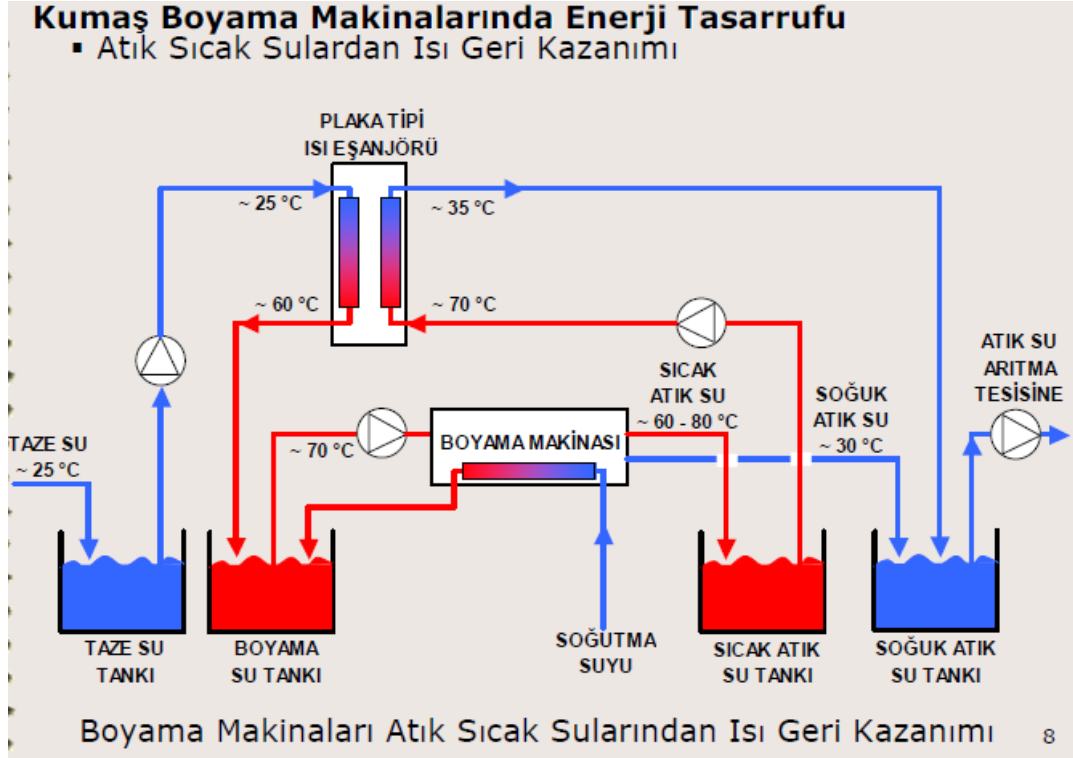
$$Q = 26,5 \cdot 1 \cdot (60,8 - 33,6) = 707200 \text{ kcal/h}$$

Tablo 1.7 Atık sıcak sulardan ısı geri kazanımı

Kumaş Boya Fabrikası	Atık Sıcak Su Sıcaklığı(°C)	Atık Su Debisi (m^3 /saat)	Geri Kazanım Sonrası Atık Su Sıcaklığı(°C)	Tasarruf Edilebilen Isı Miktarı (Gcal/ yıl)
Kumaş Boya	60,8	26,3	33,6	707,2

Aşağıdaki Tablo 1.7 de bir tekstil boyahanedeki atık ısılarının toplanmasının şematik gösterimi bulunmaktadır. Burada boya makinasından atılan 60-80 °C sıcak suyun atık su havuzlarında toplanmaktadır. Toplanan sıcak sular bir pompa yardımı ile plakalı ısı eşanjörüne gönderilmektedir. Ortalama 70°C ile sisteme giren atık su, 35 °C düşerek ısını soğuk temiz suya transfer etmiş olur, soğuk atık su havuzuna gitmektedir. Buradan da arıtma işlemine tabi olarak çevre atık standartlarına uygun olarak doğaya deşarjı yapılmaktadır. Bu esnada plakalı esanjörün sekonder devresine

25 derece giren soğuk temiz su 60 dereceye ısıtarak, sıcak su havuzunda depolanır. Kullanıma hazır durumda bekler. 70,72 TEP sıcak sudan geri kazanım sağlanmış olmaktadır.



Şekil 1.9 Tekstil terbiye tesisinde enerjinin verimli kullanımı (Yalçın, 2012).

Bütün bunlara ilaveten üretim kapasitesinin arttırılması, kumaş boyama süresinin azaltılması, günlük şarj sayısının arttırılması için hızlı soğutma sistemi devreye sokulmalıdır. Burada soğuk su boya makinası üzerinde dolaştırılarak sistemde ilave olarak sıcak su elde edilmiş olur, sistemde taze sıcak boya suyu olarak kullanılır.



Şekil 1.10 Sürekli yıkama makinasında enerji tasarrufu (Yalçın,2012).

8 kamaralı Şekil 1.10 daki yıkama makinesinde kumaş sürekli olarak bir noktadan girerek diğer noktadan üzerindeki boya parçaları atılmış olarak sistemden çıkmaktadır. Her bir kamarada yıkama işlemi çeşitli sıcaklıklarda olmaktadır. Fixe olmamış boya parçaları sistemden uzaklaştırılmaktadır. İlk kamaralarda yoğun boya atıkları oluşmaktadır. Fakat son kamaralarda daha az miktarda boya parçaları kalmaktadır. Dolayısıyla su tam temizleme görevini yerine getiremeden(kirlilik bakımından tam yüklenmeden) sistemden atılmaktadır. Bu noktada su tekrar sisteme döndürülmektedir. Son kamaradaki su bir önceki kamaraya verilerek suyun daha fazla temizleme işlemi yapması sağlanmaktadır. Aynı zamanda atılan su sıcaklığı yaklaşık olarak 80 °C civarında olmaktadır. Bunun da bir esanjör sisteminden geçirilerek taze soğuk besi suyu sürekli olarak ısıtılması sağlanabilir. Dolayısıyla ilk giren 25 °C taze besi yıkama suyu 40 °C sıcaklıklara çıkarılmış olur. Atık ısı geri kazanılması sağlanmış olmaktadır.

1.5 Geri Kazanabilir Enerji Kaynakları (Alternatif Enerji Kaynaklarının İşletmelerde Kullanımı)

Dünyada her ülkenin kullanabileceği alternatif enerji kaynakları bulunmaktadır. Bu kaynakların o ülkeler tarafından bilimsel bir yaklaşımla planlı bir şekilde devreye sokulması, dünyanın gelecekte karşı karşıya gelebileceği enerji krizini önlemede önemli bir rol oynayacaktır. Hatta şunu diyebiliriz ki nükleer, güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrojen, biokütle, dalga gibi alternatif enerji kaynaklarının sağlıklı olarak devreye girmesi, dünya barışına da önemli katkı sağlayacaktır. Çünkü bugünkü kavgaların en önemli nedeni olan enerji paylaşımının rolü bu sayede en aza inecektir.

Temiz bir dünya için temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanmanın gerektiğinin farkında olan tüketiciler artık temiz enerji kullanan şirketleri tercih edeceklerdir. Böylece artan rekabet koşullarında bütün işletmeler temiz ve yenilenebilir enerji kullanmak zorunda kalacaklardır. Alternatif enerji kaynakları konusunda çalışmalarını erken başlatan ve bu konuda gerekli özeni gösteren şirketler gelecekte bir adım önde olacaklardır.

Ülkemizde elektrik enerjisi üretiminin %73,9'unu fosil kaynaklardan, %26'sını hidrolik, %0,1'ini jeotermal ve %0,04'ünü rüzgardan sağlanmaktadır. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli aşağıdaki gibidir (İssı, 2008).

Tablo 1.8 Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli (İssı, 2008)

Hidrolik	7,5	MTEP	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
Rüzgâr	19	MTEP	(Teknik Potansiyel), >2,5 MTEP
Jeotermal	5,5	MTEP	
Güneş	80	MTEP	
Biyokütle	6	MTEP	

Görüldüğü gibi güneş enerjisi yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları içinde en yüksek potansiyele sahiptir. Güneş ve rüzgâr gibi yerli enerji kaynaklarının

kullanılması sadece çevremizi koruma nedenlerinin yanı sıra, petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil enerji kaynaklarına olan bağımlılığı azaltmak içinde önem arz etmektedir. Yenilenebilir yerli enerji kaynaklarının kullanılmasının yayılması çevreyi korumanın desteklemesinden ve fosil kaynaklarının belirli bir ithal bağımlılığının azaltılmasından başka birçok yeni işyerlerinin oluşmasını da sağlamaktadır.

1.5.1 Güneş Enerjisi Kullanımının İşletmelere Olan Etkisi

Türkiye güneş enerjisi yönünden oldukça zengin bir ülkedir. Ülkemizde güneş enerjisi yaygın olarak evlerin sıcak su gereksiniminin karşılanmasında kullanılmaktadır. Özellikle güney ve ege kıyıları başta olmak üzere doğu Karadeniz bölgesi hariç bütün bölgelerde güneş enerjisi kolektörleri halen yoğun olarak sıcak su amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca bazı endüstriyel uygulamalar, hacim ısıtma uygulamaları (güneş mimarisi) ile elektrik üretiminde fotovoltaiik pillerin kullanımı başlamıştır. Bunun bir uygulama örneği olarak Muğla belediyesi tarafından sokak aydınlatma sisteminin güneş enerjisinden yararlanılarak yapılmasını gösterebiliriz.

Güneşten elektrik üretmek için yarı iletken malzemelerin özelliğinden yararlanılıyor. Yarı iletken malzemelerde elektronlar atomlarına gevşekçe bağlıdır. Yalıtkan malzemede bu elektronlar sıkıca bağlı, iletken malzemedeyse serbest dolaşımdalar. Güneşten gelen ışınının enerjisi foton dediğimiz kümelerden oluşuyor. Foton miktarında enerji bir yarı iletken tabakasında gevşekçe bağlı olan elektronları serbestleştiriyor. İkinci bir yarı iletken tabakasıyla oluşturulan gerilim farkı yardımıyla serbestleşen elektronları hareketlendiriyor. İki yarı iletken tabakanın dışına birer kablo bağlayıp elektronların geçişine izin verdiğinizde bu gerilimden elektrik üretebiliyorsunuz (Issı, 2008).

Bu yolla üretilen elektrik, şebekede kullanılan ile aynı kalitededir. Binaların yüzeylerine ve çatısına monte edilen beş adet güneş pili modülüyle bir evin elektrik gereksinimi karşılanabilmektedir.

Bu sistem halen kamu desteği olmadan tüketici için ekonomik olmasa da, kullanım arttıkça maliyet düşmektedir. Fotovoltaiik sistem olarak adlandırılan güneş

pilleri modülleri Türkiye’de az da olsa bazı müstakil evlerde, bazı telefon kuruluşlarının aktarıcı istasyonlarında kullanılıyor. Güneş pilleri de saatlerde ve hesap makinelerinde başarıyla uygulanıyor (Karacan 2007).

Güneş enerjisinden fotovoltatik sistem dışında ısı yolla da elektrik üretmek mümkündür. Bu çok daha ekonomik bir sistem olup güneş ışınımının 500 aynayla yansıtıldığı bir kulede çok yüksek sıcaklıklara ulaşılmaktadır. Bu kuleden geçirilen bir akışkan yardımıyla elde edilen buhardan da elektrik üretilmektedir. Güneş enerjisinden yararlanma tekniklerine göre bir kw-h enerji üretebilmek için yapılması gereken yatırım bedeli ile elde edilecek enerjinin bir kw-h’nin maliyeti aşağıdaki Tablo 1.9 da gösterilmiştir.

Tablo1.9 Güneş enerjisinden elektrik üreten santrallerin ürettikleri elektriğin birim fiyatı ve bu santrallerin ilk yatırım bedelleri (Karacan, 2007).

EKİPMAN ADI	ELEKTRİK FİYATI (2007) (\$/kw-h)	İLK YATIRIM SERMAYESİ (2007) (\$/kw-h)
PARABOLİK OLUK	0,13	3390
PARABOLİK ÇANAK	0,68	9200
MERKEZİ ALICI	0,16	3775
GÜNEŞ HAVUZU	0,16	3360
FOTOVOLTAİK	0,32	7500

Güneşten enerji elde etmek, güneşin doğuşundan batışına kadar atmosferin içine verdiği ısı ve ışığı, insanların ihtiyaç duyduğu elektrik ve proses ısı (sıcak su ve buhar gibi) ihtiyacıyla buluşturup yararlanmakla mümkün olmaktadır. Güneşin ulaştığı yere bir düz depolayıcı koyulduğunda bunun ısısıyla 70-80°C su elde etmek mümkün olmaktadır (Karacan, 2007).

Bugün bu sistem, Türkiye'de yaygın olarak kullanılmasına rağmen verimsiz kullanılmaktadır. Oysa İsveç gibi güneşi çok az gören bir ülkede bile dışarıda sıcaklık - 4°C iken güneş toplayıcısından 70°C su elde edilebilmektedir.

Güneşten daha yüksek ısı elde etmek için (130°C proses ısı) gelen ışınımın çeşitli yansıtma teknikleriyle bir nokta veya çizgiye odaklanması gerekiyor, bu işlem yoğunlaştırıcı, odaklı toplayıcı yardımıyla yapılmaktadır. Böylece dağınık enerji kaynağı odaklanarak, 130°C buhar elde etmek üzere kullanılabilir. Bununla da ısınma ve elektrik üretimi gerçekleştirilebilmektedir.

Telekomünikasyon sistemleri günümüzde PV (güneşten elektrik üretimi) enerji kaynaklarının en sık kullanıldığı sektör olmaya devam etmektedirler. Tüm elektrik güneş panellerinden sağlanır. Gündüz elektrik ihtiyacı güneş panellerinden sağlanırken kapalı havalarda ve akşamları güneş panellerinin şarj ettiği aküler üzerinden vericilerin elektrik ihtiyacı sağlanır. En az güneş alan ayın meteorolojik verilerine göre tasarlanan sistemlerde yazın üretim fazlası olur. Buna rağmen tüm diğer fosil yakıt çözümlerinden kullanım süreci içinde daha ucuza gelirler. Bu tip sistemlerde üretilen enerjinin maliyeti yaklaşık olarak 4-5 USD/ kwh civarında olup benzer güce sahip ısı elektrik sistemlerinden daha ekonomiktirler. Isıl elektrik Sistemleri devamlı olarak yakıt tüketmekte ve mekanik birçok aşınan aksamı olduğundan dolayı çok kısa bir süre sonra yüklüce bakım masrafı çıkarmaktadırlar. Günlük tüketimin fazla olduğu verici sistemlerinde ve kışlık güneşlenme süresinin kısa olduğu bölgelerde sadece PV enerji kaynağı olarak çok pahalıya gelebilir. Bu şartlar altında sisteme entegre edilecek ek enerji kaynakları ile oluşacak hibrid sistemin hem maliyeti çok düşecek hem de işletme masrafının düşük olmasına paralel olarak teknik güvenilirlik katsayısı da artacaktır.

Güneş ve rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi denizcilik sistemlerinde de en çok ihtiyaç duyulan enerji kaynaklarının başında gelmektedir. Uzun süren deniz yolculuklarında çoğu kez doğal kaynaklarla üretilen elektrik teknenin aydınlatma, buzdolabı gibi tüm temel ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Tuzlu su ve rüzgâra karşı son

derece dayanıklı olan güneş panelleri uzun yıllar hiçbir verim kaybına uğramadan kesintisiz güç kaynağı olacaklardır.

Tekneler dışında deniz fenerleri, şamandıralar, özel deniz üstü güneş enerjili LED aydınlatma sistemleri, deniz üstü ve kıyısındaki yerleşim alanları, balık çiftlikleri için istenilen tüketimi karşılayabilecek özel tasarlanmış güneş enerjisi elektrik sistemleri mevcuttur. Sisteme uygun tasarlanan akü, inverter ve şarj kontrol kartları ile birlikte bir bütün oluşturan güneş panelleri hem 12-24-48V DC hem de 220V AC akım üretebilmektedir.

Türkiye elektriğinin %20'sini ülke genelinde aydınlatma için harcamaktadır ve aydınlatmanın toplam tüketim içindeki oranı da her yıl artmaktadır. Aynı zamanda bu sistemlerin kurulum maliyeti de her geçen sene yükselmektedir. Bu noktada şebeke hattına bağlı olmayan ve ihtiyacı olan elektrik enerjisini güneşten (ve opsiyonel olarak rüzgârdan) alan otonom aydınlatma sistemlerinin Türkiye için çok önemli olduğu açıktır. Buna ek olarak deprem, sel gibi felaketlerin sıkça yaşandığı ülkemizde merkezi sistemden bağımsız ve kesintisiz çalışan aydınlatma sistemleri ekonomik olmalarının dışında hayati bir önem de taşımaktadırlar. Türkiye'nin Avrupa'nın ortalama günlük güneşli saat sayısı en yüksek ülkelerinden biri olması bu sistemlerin performansını arttırmaktadır.

Aynı şekilde şebeke hattına bağlı 220V AC akım ile çalışan ancak çok daha uzun ömürlü LED dış mekân aydınlatma sistemleri ile de ülke genelinde önemli bir tasarruf sağlanması mümkündür. Artık ülkemizde de bazı belediyeler sokak, cadde ve park aydınlatması gibi dış mekân aydınlatmalarını güneş enerjisiyle sağlama yoluna gitmektedir. Güneş enerjisiyle aydınlatma yapmak için dikilen direğin tepesinde 50 cm² büyüklüğünde bir panel yer alıyor. Bu panel üzerine düşen ışınları elektrik akımına çeviriyor ve arkasındaki aküde topluyor. Hava kararmaya başladığı zaman her birinde 450 adet küçük ledli ampul bulunan 5 bölümle aydınlatma otomatik olarak başlıyor. Lamba günün ilk ışıklarıyla devreden çıkıyor ve yeniden enerji depolamaya devam ediyor. Güneşin 4-5 gün hiç görülmeyip havanın tamamen kapalı olduğu günlerde bile 5-6 Amper gücündeki ampuller geceleri yanmaya devam

etmektedirler. Bu şekilde yapılan aydınlatmada 7 kat tasarruf sağlandığı belirtilmektedir (Issı, 2008).

Türkiye'de temiz enerji uygulamalarının büyük bir çoğunluğu şebeke hattının olmadığı yerlerde dir. Elektrik hattının hiç olmadığı veya en az 600-700 metre uzakta olduğu yerlerde güneş ve/veya rüzgâr enerjisinden elektrik üretmek ekonomik olarak daha ekonomik olmaktadır.

Görüldüğü gibi birçok sektöre önemli derecede girmiş olan alternatif enerji kaynakları artık işletmelerin vazgeçemeyeceği ve önemi her geçen gün artan bir konu olacaktır (Pro-sun, 2012).

Türkiye'deki işletmeler özellikle üretim tesisleri güneş enerjisinin bu ısıtma ve elektrik enerjisi üretiminden faydalanarak maliyetlerini büyük ölçüde azaltabilirler. Ülkemizde KOBİ lerin maliyetlerini azaltmak için bu alternatif enerji kaynakları konusunu ciddi olarak değerlendirip bu teknolojilerden faydalanmaları gerekmektedir. Şu an için büyük güçler elde etmek zor olmakla birlikte işletmeler alternatif enerji kaynaklarından yararlanmayı en azından belli bölümlerde (aydınlatma, ısıtma, soğutma vb) kullanma yollarını aramalıdır (Pro-sun, 2012).

1500 kw-h elektrik tüketimi olan örnek tekstil fabrikasını düşündüğümüzde; 1 panel, 180 w, 1,58mt x 0,808 mt, $127,664 \text{ dm}^2$ dir. 1500 kw-h elektrik enerjisi için 8340 adet panele, 10647 m^2 alana ihtiyaç vardır. Antalya bölgesinin yaz kış bütün senenin güneş enerjisini kullanma gündelik ortalaması 7,2 saattir.

$7,2 \text{ saat} \times 365 \times 1500 \text{ kw-h} = 4106250 \text{ kw}$, 352,8 TEP, elektrik üretimi elde edilebilmektedir. Günümüz 2013 yılı şartlarında elektrik fiyatı çift zamanlı-demand tarifesine göre 0,218 TL/kw dir.

Yıllık elektrik üretiminden elde edilen kazanç; $0,218 \text{ TL/kw} \times 4106250 \text{ kw/yıl} = 895162,5 \text{ TL/yıl}$ olarak kazanç gözükmektedir. 200 EU/kw-h lik bir maliyet düşünüldüğünde sistemin enerji enerji yatırım maliyeti 3000000 civarında

olmaktadır. Dolar kuru ve elektrik kw-h değerine bağlı olarak yatırım geri kazanımı 7-10 yıl arasında değişmektedir (Solar enerji, 2013).

1.5.2 Rüzgâr Enerjisi Kullanımının İşletmelere Olan Etkisi

Özellikle Türk ekonomisi için önemli anlamlar taşıyan küçük ve orta ölçekli işletmelerin alternatif enerji kaynaklarını kullanmaları kendileri açısından büyük fayda sağlayacaktır. Bunun yanı sıra yenilenebilir ve alternatif yerli enerji kaynaklarının kullanılması bir çok endüstri kolu için itici güç olacaktır.

Bunun sonucu olarak da Türkiye içinde sosyal ve ekonomik birlikteliği iyileştirmeye ve Türk ekonomisi için çok büyük anlam taşıyan yaşam kalitesini dengelemeye yönelik bölgesel kalkınma desteklenecektir. Aynı şekilde yabancı yatırımcıların Türkiye'deki bu yenilenebilir enerji potansiyelini görüp Türkiye'ye yatırım yapmaları ekonomimiz açısından olumlu gelişmeler sağlayacaktır. Türk ekonomisi ve sanayisi için önemli kaynaklardan biride rüzgar enerjisidir.

Günümüzde rüzgar enerjisi üreten santrallerin maliyetleri giderek düşmektedir. 20 yılda maliyette görülen düşüş 3-4 kat düzeyinde gerçekleşirken, santrallerin üretim kapasitesi katlanarak artmakta ve santrallerin verimliliği yükselmektedir. Rüzgar enerjisinin kWh başına birim maliyeti hidroelektrik ve kömürden elde edilen enerjiye yaklaşırken doğal gaza göre ise hala pahalı olmayı sürdürmektedir (Karacan, 2007).

Rüzgar enerjisi santralleri inşa edilmesi, Türkiye'nin ekonomik bünyesi için büyük önem taşıyan özellikle küçük ve orta işletmeler alanlarında yeni istihdam ve yeni iş yerleri kazandıracaktır. Bu metal sanayisinden elektro teknik sanayisine kadar, makina, motor ve aygıt imalatından inşaat maddeleri sanayisine kadar bir çok sanayi dalında olumlu katkı yapacaktır (Issı, 2008).

Rüzgâr enerjisi gelecekteki pazar başarısı için en önemli kıstas olan ekonomik maliyette kararlı ve hızlı bir gelişme göstermektedir. 1990'lı yılların başında Pasific Gas & Electric ve Electric Power Research Institute tarafından yapılan ve rüzgâr enerjisinin en ucuz elektrik üretim kaynağı olacağına ilişkin uzun vadeli öngörüler

artık hayal olmayıp gerçekleştirilmektedir. Kaliforniya enerji komisyonu çeşitli enerji seçeneklerinin maliyetlerini ve pazara hazırlıklarını incelemektedir. Aşağıda Tablo 1.10'daki temel yakıt tiplerinin maliyetini rüzgâr enerjisi ile karşılaştırmaktadır.

Tablo 1.10 Enerji kaynaklarının birim maliyetleri (cent/kw-h) (Issi, 2008)

Yakıt	Maliyet (sent/kwh)(yıl 2008)
Kömür	4,8-5,5
Gaz	3,9-4,4
Hidro	5,1-11,3
Biokütle	5,8-11,6
Nükleer	11,1-14,5
Rüzgâr	4,0-6,0

Rüzgâr türbinlerinin siparişlerindeki artışlar ve türbin kapasitelerinin artması sonucu \$/kw bazında önemli düşmeler sağlandı. Fiyat düştükçe de türbin santrallerine yatırım arttı. Karada inşa edilen rüzgâr santrallerin maliyeti \$0,7-1 million/mw (= \$700-1000/kw) arasında değişiyor. Deniz üstü santrallerde maliyet \$1,9 million/mw (= \$1900/kw) değerine kadar yükselebiliyor. Aradaki fark suda temel inşaatının ve deniz altı kablolarının getirdiği ilave masraflarla açıklanmaktadır.

Senelik işletme ve bakım masrafları toplam yatırımın yaklaşık %2,5'u kadardır. Buna göre bazı kabullerle senelik yatırım ve işletme/bakım masraflarını hesaplayabiliriz:

Kabuller:

Kapasite	:1mw
Kapasite faktörü	: %25
Yatırım maliyeti	:\$1 million
Proje finans	:%100 kredi
Kredi faizi	:%10
Amortisman süresi:	15 sene;

Senelik enerji üretimi: $1 \text{ mw} \times 365 \text{ gün} \times 24 \text{ saat/gün} \times \%25 = 2190 \text{mw-h}$

İşletme/bakım masrafı:

$\%2,5 \times 1000 \text{ kW} \times \$1000/\text{kw} \times \$100 \text{ cent}/\$ / 2190000 \text{kWh} = 1,1 \text{cent/kWh}$

Senelik yatırım 2007 yılı maliyeti:

$\$130\,000 \times \$100 \text{ cent}/\$ / 2190000 \text{ kwh} = 5,9 \text{ cent/kwh}$ (Buradaki \$130 000 değeri basit bir finansal hesap olup, faiz oranı %7 olsaydı, senelik maliyet 5,0 cent olacaktır).

Toplam senelik maliyet: $1,1 + 5,9 = 7 \text{ cent/kw-h}$

Yapılan kabullerden daha uygun projeler ile masrafları azaltmak mümkündür. Ancak bugün için 5 cent / kWh'in altına düşürmek oldukça güç görünmektedir. Rüzgâr maliyetleri artık fosil yakıtların en ucuz seçenekleri olan kömür ve gaz ile rekabet edebilir duruma gelmektedir. Rüzgârın yeni bir teknoloji olması ve maliyetinin konvansiyonel üretime göre daha hızlı düşmesi avantajıdır (Karacan, 2007).

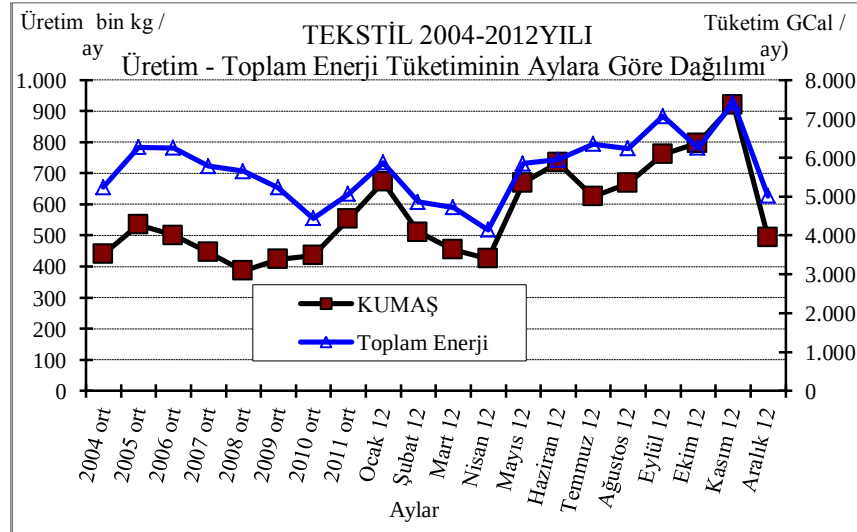
BÖLÜM İKİ

ENERJİ VERİMLİLİĞİ ÖLÇÜM SONUÇLARI

Örnek bir fabrikada enerji verimliliği çalışmalarına başlamadan genel tüketimler araştırılmalıdır. Burada en yüksek tüketim miktarı olan kömür tüketimi öncelikle ele alınmıştır. Sırasıyla doğalgaz ve elektrik tüketim noktaları inceleme altına alınmıştır. Yıllara bağlı olarak tüketimdeki artışların üretim ile ilişkilendirilerek verimli çalışmalar için gerekli eylem planları yapılmalıdır. Her bir doğal enerji kaynağı kendi içerisinde tüketim noktaları tespit edilerek alternatif enerji kaynakları uygulamaları araştırılmalıdır.

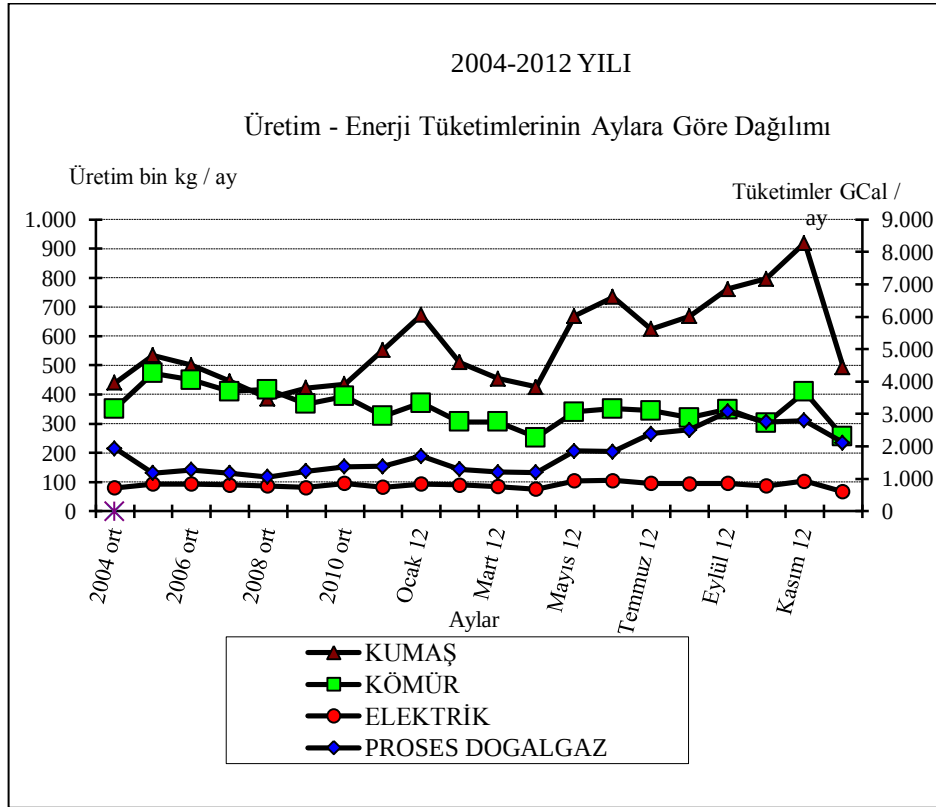
2.1 Örnek Fabrika Enerji Tüketimleri ve Maliyetleri

Üretime bağlı olarak enerji tüketimlerinde de değişimler olmaktadır. Aşağıdaki Şekil 2.1’de 2004 yılından itibaren kumaş üretimi esnasında tüketilen kömür, elektrik, doğalgaz karşılığına gelen kcal olarak toplam değeri göstermektedir. Örnek fabrikada tüketilen enerji kaynaklarının miktarının azaltılması ve verimli çalışma şartlarının araştırılması gerekmektedir. Şekil 2.1’de 2010 yılından itibaren yapılan enerji verimliliği çalışmaları ile üretim ile tüketim arasında doğru bir orantı ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2.1 Tekstil 2004-2012 yılı üretim-toplam enerji tüketimlerinin aylara göre dağılımı

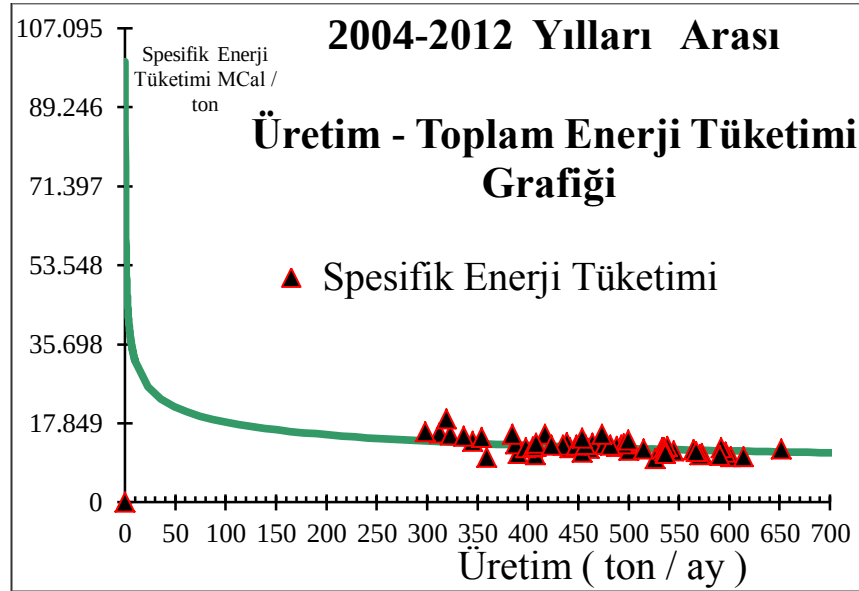
2004-2012 yılları arasında üretim miktarı ile enerji tüketimi değişimi Şekil 2.2' de gösterilmiştir. Üretim miktarının artışı ile toplam enerji tüketimi ile artmaktadır. Örnek fabrikada enerji tüketimi düşünüldüğü zaman en yüksek olarak tüketilen kömür gözükmemektedir. Kömür buhar üretiminde kullanılmaktadır. Doğalgaz tüketimi kumaş kurutma sisteminde kullanılmaktadır. Elektrik tüketimi arıtma sisteminde ve üretimde kullanılan elektrik motorlarında olmaktadır Kömür tüketiminde 2012 yılında bir iyileşme görülmektedir. Bunun yanında doğalgaz tüketiminde üretime bağlı olarak bir artış vardır. Kumaş kurutma prosesinde, bir takım fiziksel özellikler kumaşa katılmaktadır(Örneğin:güneşte solmama,sinek kovma). Buna bağlı olarak aynı kumaş birden fazla kurutularak ürün haline getirilmektedir. Bu da toplamda doğalgaz artışı olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 2.2 2004-2012 yılı üretim-enerji tüketimlerinin aylara göre dağılımı

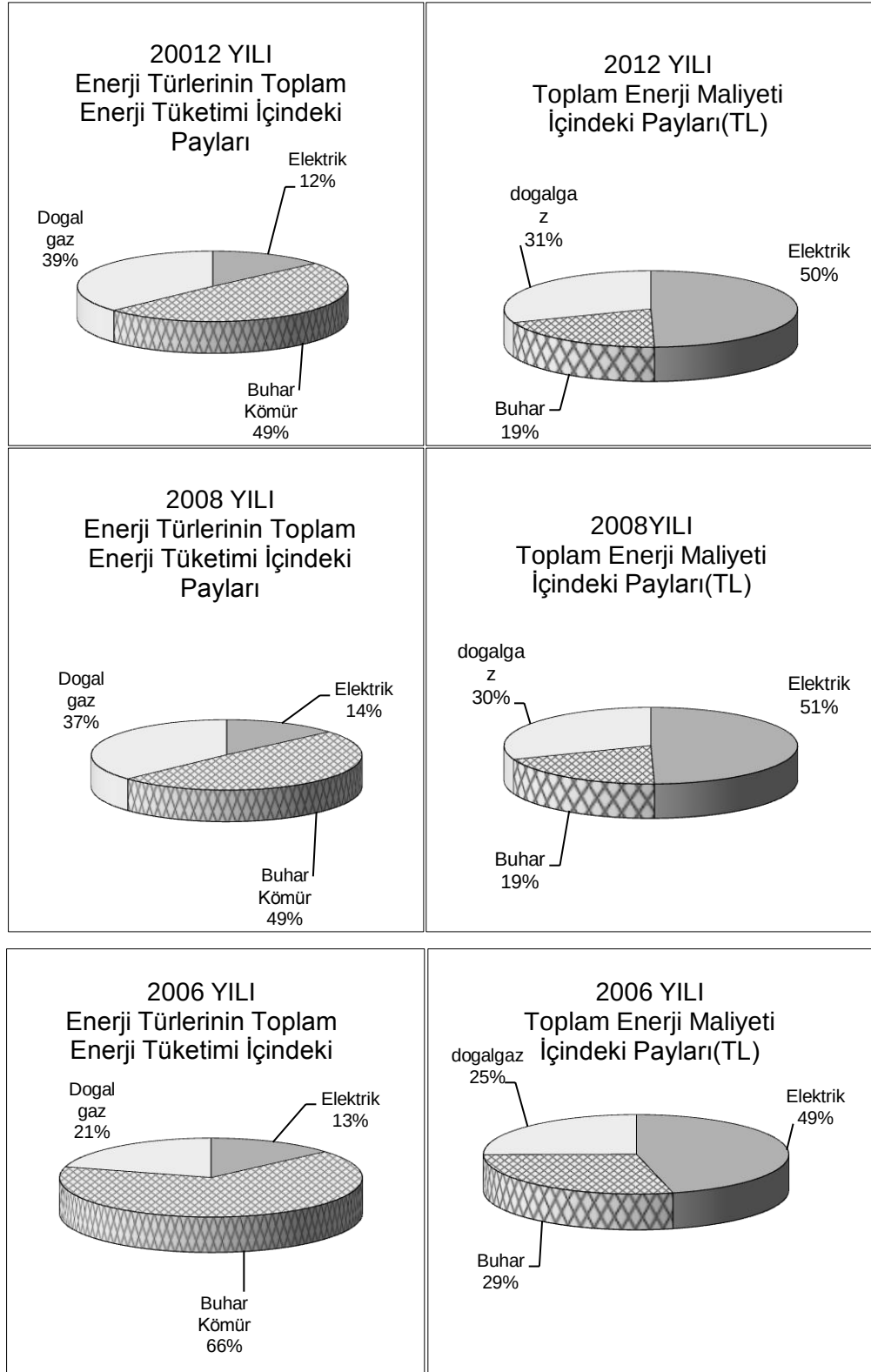
Spesifik enerji tüketimi Şekil 2.3 takip edilerek birim ton başına kullanılan enerji miktarındaki değişimler takip edilmektedir. 2004-2012 yılları arasında aylık olarak ürün üretim ve tüketilen enerji miktarlarının takip edilmesi sonucunda bir tüketim

eğrisi çıkartılmıştır. Tüketim eğrisinde her bir nokta, ilgili aylardaki enerji toplam tüketimlerini göstermektedir. Eğrinin altında kalan noktalar(aylar) referans alınan yıla göre enerji verimliliği açısından iyi durumda olduğunu göstermektedir. Trend eğrisi üzerinde kalan spesifik enerji tüketimlerine dikkat edilmesi, tüketim noktalarının tekrar incelenmesi gerektiğini göstermektedir. Üretim miktarı arttıkça ton başına düşen enerji miktarı da düşmektedir. İşletme, enerji yönetimi açısından daha verimli çalışma noktalarına geldiğini göstermektedir. Üretime bağlı olarak artmayan veya azalmayan, enerji tüketimleri, örneğin: arıtma enerji tüketimleri, aydınlatma tüketimleri, ısıtma-soğutma tüketimleri laboratuvar enerji kullanımları dikkate alındığında bu tüketimler sabit kalmaktadır, üretime bağlı olarak değişmemektedir.



Şekil 2.3 2004-2012 yılları arası üretim-toplam enerji tüketim grafiği

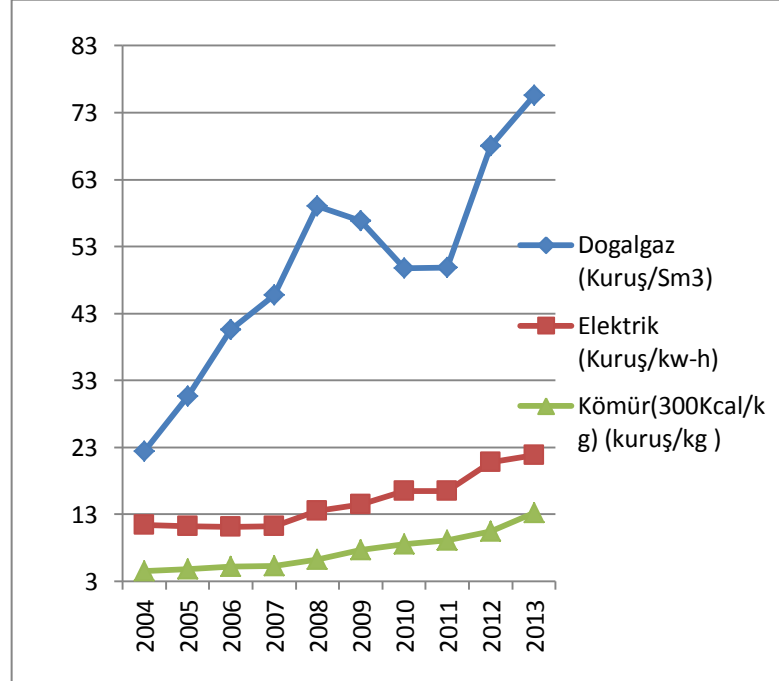
Şekil 2.4 te örnek tekstil fabrikasında, elektrik tüketiminde 2004 yılından 2012 yılına kadar elektrik tüketim miktarı %14 olarak kalmıştır. Burada değişim gözükmemektedir. Kömür tüketimi %65 oranında %50 oranına gerileme gözlenmektedir. Üretim miktarının artmasına bağlı olarak da kömür tüketiminde %15 lik düşüş gözlenmektedir. Bunun yanında doğalgaz miktarında da artış gözlenmektedir. Bu artış %21 den %37 miktarına yükselmiştir. Kömürden doğalgaz



Sekil 2.4 2006 -2012 yılları arası doğalgaz-elektrik-kömür maliyetlerinin değişimi

doğru bir geçiş gözlenmektedir. Ülke kaynaklarının kullanımı açısından doğalgaz miktarının azaltılarak kömür doğru bir kayma gerekmektedir.

Yıllar	Doğalgaz (Kuruş/ m^3)	Elektrik (Kuruş/kw-h)	Kömür(300Kcal/kg) (kuruş/kg)
2004	22,4	11,4	4,5
2005	30,6	11,2	4,85
2006	40,6	11,1	5,18
2007	45,7	11,2	5,25
2008	59	13,5	6,21
2009	56,8	14,5	7,7
2010	49,8	16,5	8,56
2011	49,9	16,5	9,13
2012	68	20,8	10,5
2013	75,6	21,8	13,2



Şekil 2.5 2004 -2013 yılları arası doğalgaz-elektrik-kömür birim maliyetlerinin değişimi

Yıllara bağlı olarak enerji maliyetlerini Şekil 2.5 üzerinden incelediğimizde 2004 yılından 2013 yılına kadar doğalgazda %375 bir artış, elektrikte %191, kömürde ise %293 oranında artış olmuştur. Bu oranlar bile bir endüstriyel işletmenin enerji verimliliğine önem vermesi gerektiğini göstermektedir.

2.2 Belirlenen Tasarruf Miktarları

Örnek bir fabrika olarak seçilen BORA tekstil fabrikasında yapılan analizler sonucunda yardımcı işletmelerde enerjisinin büyük bir bölümünün tüketildiği ölçülmüştür. Tablo 2.1 de yıllık 6913 TEP olan enerji tüketiminin %65 oranında yardımcı işletmelerde kullanılmaktadır. Ana doğal kaynak olarak kömür, buhar enerjisine dönüştürülerek tüketilmektedir. Öncelikli olarak bu bölgede yoğun olarak ölçüm analizlerine bağlanmıştır. Ölçümler sonucunda yapılabilecek tasarruflar ve miktarları belirlenmiştir.

Tablo 2.1 Örnek fabrikadaki enerji tüketimi TEP

Yardımcı İşletmelerde Tüketimleri	Kömür (3000 kcal/kg)	Yıllık Tüketilen	4500 TEP
		Yıllık Tüketim	15000 TON/YIL
Apre Kurutma Prosesinde tüketimleri	Doğalgaz (8250 kcal/Sm ³)	Yıllık Tüketilen	1485 Tep
		Yıllık Tüketim m ³	1800000 Sm ³
Fabrika Genel Elektrik Tüketimleri	Elektrik (kw-h)	Yıllık Tüketilen	928 TEP
		Yıllık Tüketim	10800 mw-h

Tablo 2.2’de her bir bölümün enerji tüketim analizleri kendi içlerinde detaylandırılarak ölçümler yapılmıştır. Yatırım gerektiren veya gerektirmeden enerji tasarrufu yapılabilecek sonuçlar çıkartılmıştır. Yardımcı işletmelerde buhar üretiminde kullanılan kömür için 7 tüketim noktasında incelemeler yapılmıştır. 934 TEP enerji tasarrufu yapılmıştır. 680 TEP enerji tasarruf için bütçe ayrılıp yatırım yapılması gerekmektedir.

Toplam doğalgaz tüketimin 1485 TEP civarındadır. Üç noktada yaklaşık olarak 425 TEP enerji tasarrufu yapılmıştır. Yüksek güçlü miknatıs kullanımında herhangi bir enerji tasarrufu ölçülmemiştir. Kumaş yüzeyi sıcaklık kontrolü ve kumaş çıkış

nemine bağı olarak hız ayarı ile enerji tasarrufu yapılmasında makine dizaynı uygun olmadığı için uygulama- ölçüm-analiz yapılamamıştır.

Genel elektrik tüketiminde üç noktada ölçümler ve analizler yapılmıştır. Bu ölçümler sonrasında yapılan iyileştirmeler ile 425 TEP tasarruf sağlanmıştır. Rüzgar ve güneş enerji kullanılarak elektrik enerjisinin yenilenebilir enerjiden sağlanabileceği araştırılmıştır. 928 TEP civarında enerji tasarrufu yapılabilir olduğu öngörülmüştür.

Tablo 2.2 Örnek fabrikada uygulanan enerji verimliliği sonucunda elde edilen tasarrufları

KÖMÜR (3000 Kcal/kg)	YILLIK TÜKETİM	4500 TEP	1.4.1 Boyama Prosesi	Kumaş Boyama Kazanlarının	76 TEP	TEZ KAPSAMINDA UYGULANAN TOPLAM KAZANÇ %15; 675 TEP (1 kg kömür ile 4.2 kg buhardan 4,8 kg buhara bir yükseliş ile buhar elde edilmiştir.)	YATIRIM BEKLEYEN, UYGULANMAYAN KAZANÇLAR TOPLAMI %5,8; 265 TEP
			Bölüm 2.4 Yardımcı işletmelerde enerji tüketimlerinin incelenmesi	Kömür Taze Hava fanı ayarı	254 TON		
			Bölüm 2.4.9 Vana Ceket Ve buhar hatlarının izolasyonu Uygulamaları	Vana Ceket - Yüzey Kayıpları	GENEL KAZANÇ GENEL KAZANÇ 309 TEP 1032 TON		
			Bölüm 2.4.8 Kazan Blöf Kayıpları	Kazan Yüzey Blöf Kayıpları Ozmoz Su	135TEP 450 TON		
	YILLIK TÜKETİM TON	15000 TON/YIL	Bölüm 1.4.3 Atık Sulardan Enerji Geri kazanım	Atık Sulardan Enerji Geri kazanım	70,72 TEP 235,7 TON		
			Bölüm 2.4.2 Çeşitli kömür türlerine göre verimlilik analizleri	Kızdırma Kaybı geri kazanım	225 TEP 750 TON		
			Bölüm 2.4.1 Kömür Kazanı, verim- üretim değerlerinin incelenmesi	Kömür Kazanı Siklon Yüzeyinden Kaybedilen enerji	125 TEP 416 TON		
			Bölüm 2.3.2 Yüksek Gauss değerli Miknatısların gaz tüketime etkisi	Ramlarda Yüksek Gauss değerli	0 TEP 0 N m3		
			Bölüm 2.3.2 Jet Boyama- Kumaş Kurutma Makinasında enerji	Bacadan Atılan Nem Kontrolü	296,5 TEP 360000 Nm3		
			Bölüm 2.3.2 Doğalgaz Tüketimi	Apres sıkma silindirisinin Gas	148,5 TEP 180 000 Nm3		
			Bölüm 2.3.3 Aydınlatma sisteminin incelen	Aydınlatma Enerjisinde	24,75 TEP 288000 kw-Yıl		
			Bölüm 2.5 Basıncı hava sistemleri	Basıncı Hava Sistemleri	29,6 TEP 342000 kw-h		
			Bölüm 1.5.2 Rüzgar enerjisi kullanımının işletmelere olan etkisi	2 MW Rüzgar Gücü Enerjisi	928 TEP 10 800 000 kw-Yıl		
			Bölüm 1.5.1 Güneş enerjisi kullanımının işletmelere olan etkisi	Fotovoltaik	352,8 TEP 4106250 kw-Yıl		
DOĞALGAZ (8250 kcal/m3)	YILLIK TÜKETİM	"				TEZ KAPSAMINDA UYGULANAN TOPLAM KAZANÇ %30; 445 TEP (0,130 m3/kg dan	
	YILLIK TÜKETİM m3	1.800.000 m3					
ELEKTRİK kw-h	YILLIK TÜKETİM	928 TEP	Bölüm 2.4.4 Kömür ve taze hava fanı Basıncı-Buhar debisi	Taze Hava Fanı Amper	10,3 TEP 120.000 kw-Yıl	TEZ KAPSAMINDA UYGULANAN TOPLAM KAZANÇ %7; 64,65 TEP	
	YILLIK TÜKETİM kw-h	10.800.000 kw-h					

2.3 Fabrikada Kullanılan Doğal Kaynak Tüketim Noktalarının İncelenmesi

Enerji tüketiminde maliyetler açısından kömür ve doğalgaz arasında fark vardır. Burada kullanılacak enerji kaynağının verimlilik hesabı doğru yapılmalıdır.

2.3.1 Kömür ve Doğalgaz Arasındaki Günümüz Şartlarında Maliyet Kıyaslaması

Doğalgaz günümüz ekonomi şartlarında doğalgaz ile kömür maliyetleri kıyaslandığında kömür kullanımı enerji maliyetleri açısından daha uygun gelmektedir. Kömür tüketiminin dezavantajları olduğunun yanı sıra, ekonomik olması açısından kullanımı tercih edilmektedir. Toz miktarının yüksek olması, emisyon değerlerinin yüksek olması, işletme maliyetlerinin yüksek olması, işletme zorluklarının olmasına rağmen kömür tüketiminin tercih edilmesi tamamen ekonomik olduğu kadar, yerli ülke kaynaklarının kullanılıyor olması önemlidir. Şekil 2.6 Günümüz şartlarında kömür kullanımında, enerji maliyetleri açısından, yaklaşık olarak 2 kat civarında gider olmaktadır.

Türkiye Kömür işletmeleri verilerine kömür maliyeti verilerine ve BOTAŞ verilerine göre doğalgaz maliyeti verilerine göre (2013 yılı birim fiyatları);

1 kg kömür 4500 Kcal; 1 ton kömür 170 TL/ ton ; 1 Sm³ Doğalgaz 8250 Kcal; 1 Sm³ Doğalgaz 0,743 TL/Sm³

1000 kcal enerji elde etmek için kömür ve doğalgaz için maliyet analizi; 1 ton 8 bar buhar için yaklaşık olarak 640 000 kcal ihtiyaç vardır.

Kömür için; kömür olarak toz kömür, elek altı kömür kullanılmaktadır. 1 ton kömür 170 TL ve 1 ton kömür 4500000 kcal'dir. Burada çıkacak sonuca göre, 1 kcal enerji için 0,000037 TL değerinde kömür harcanır. 1000 kcal için 3,7 Kuruş harcanır.

Doğalgaz için; 1000 m³ gaz 743 TL ve 1000 Sm³ 8250000 kcal'dir. Hesaplama sonucunda 1 kcal enerji için 0,000090 TL doğalgaz harcanır. 1000 kcal için 9 Kuruş harcanır.

Tabi ki burada kömür kazanı ve doğalgaz kazanı yanma verimlerini de koymak gerekmektedir. Akışkan yataklı kömür kazanında yanma verimleri diğer kömür kazanlarına göre daha yüksektir ve yanma verimi %85 civarlarında olmaktadır. Doğalgaz kazanlarında ise bu oran daha yüksektir. %96 civarlarındadır.

Pratik Kıyaslama;

1000 Kcal enerji için kaç para harcanır

Kömür İçin;

1 ton Kömür	170 TL/4500000kcal
1 kcal için	0,000037 TL Kömür harcanır
1000 kcal için	3,7 Kuruş Harcanır

Doğalgaz İçin;

1000 m ³ gaz	743TL/8250000 Kcal
1 Kcal İçin	0,000090 TL doğalgaz harcanır
1000 Kcal için	9 kuruş harcanır.

Yukarıdaki kıyaslamadan enerji bedeli olarak iki kat ödeneceği sonucuna varılır.

Pratik Kalorifik Kıyaslama;

Doğalgaz İçin;

8 bar 1 ton buhar elde etmek için 640000 Kcal gerekmektedir.

1 ton 8 bar buhar için doğalgaz kullanılarak uygulama;

$640000 \text{ kcal} / 7920 (8250 \text{ kcal} \times 0,96 \text{ verim}) = 91 \text{ Sm}^3$ Doğalgaz ihtiyaç vardır.

$91 \text{ Sm}^3 \text{ Doğalgaz} \times 0,743 \text{ TL} = 67,61$ Harcanarak 1 ton, 8 bar buhar elde edilir (2013 doğalgaz fiyatlarına göre)

Kömür İçin;

1 ton Buhar için kömür kullanarak uygulama

$640000 \text{ Kcal} / 3825 \text{ Kcal} = 167 \text{ kg}$ Kömür ihtiyaç vardır.

$167 \text{ kg Kömür} \times 0,170 = 28 \text{ TL}$ harcanarak 1 ton Buhar elde edilir.

Yukarıdaki verilerden yola çıkarak doğalgaz tüketilerek iki kat enerji gideri oluşmaktadır. Yüksek verimli bir kazan için; kömür kazan verim: %85 ile kömürden enerji elde edilir; doğalgaz kazan verim: %96 civarlarındadır.

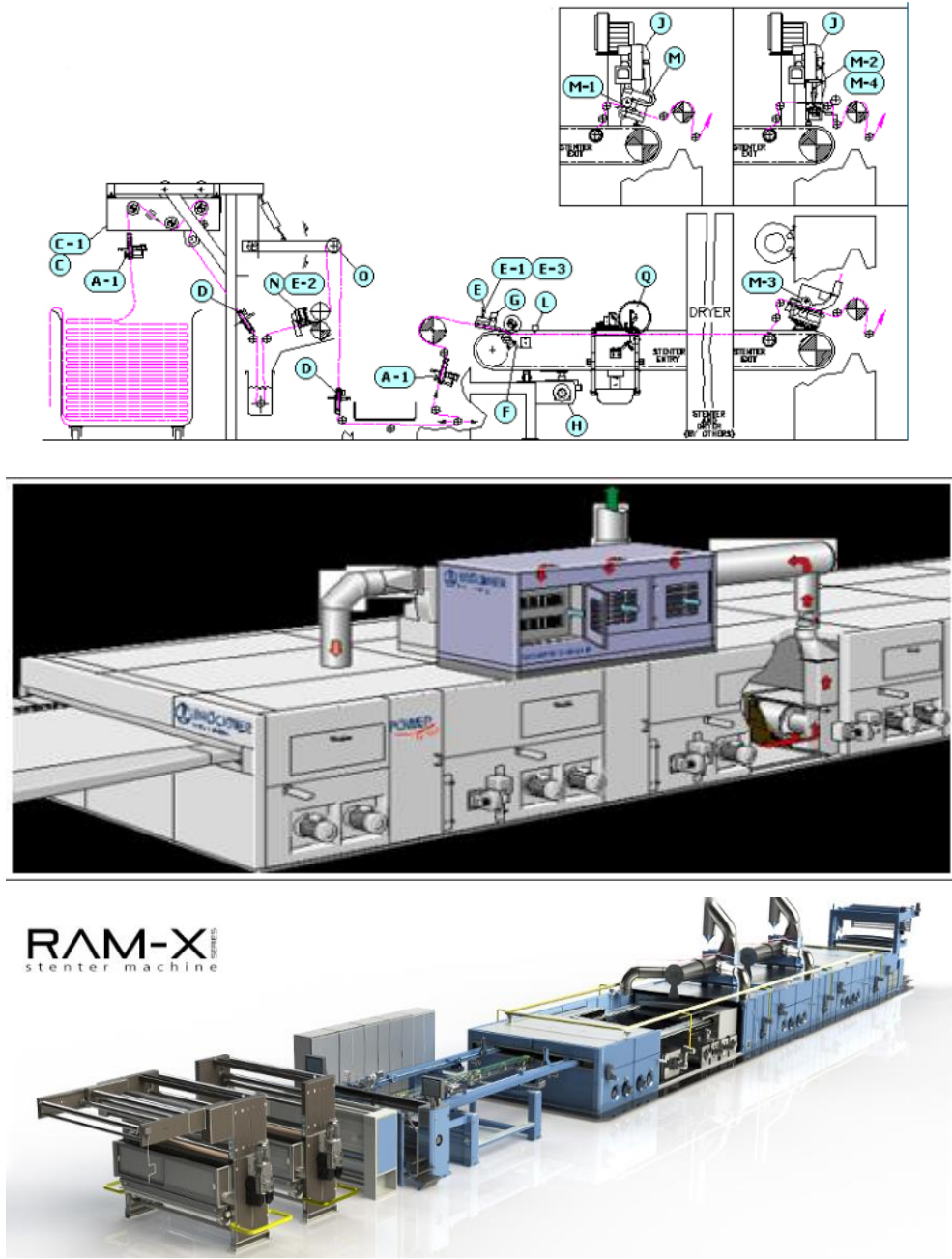
1 kg kömür yaktığınız zaman 4500 kcal kömürün %85 verimlilik oranında kalorisini suya transfer edersiniz. Transfer edilen ısı = $4500 \text{ kcal} \times 0,85 = 3825 \text{ kcal}$ net elde edilir. 1 m³ doğalgaz ile 8250 kcal elde edilir. %96 verim ile yanma olduğu zaman Transfer edilen ısı = $8250 \text{ kcal} \times 0,96 = 7920 \text{ Kcal}$ net suya transfer edilir. Yanma verimleri dikkate alındığında, 1000 kcal enerji ortaya çıkarmak için maliyet hesaplandığında;

1 ton kömür 170 TL/3825000 kcal; 1 kcal için ; 4,4 Kuruş/(1kcal kömür)

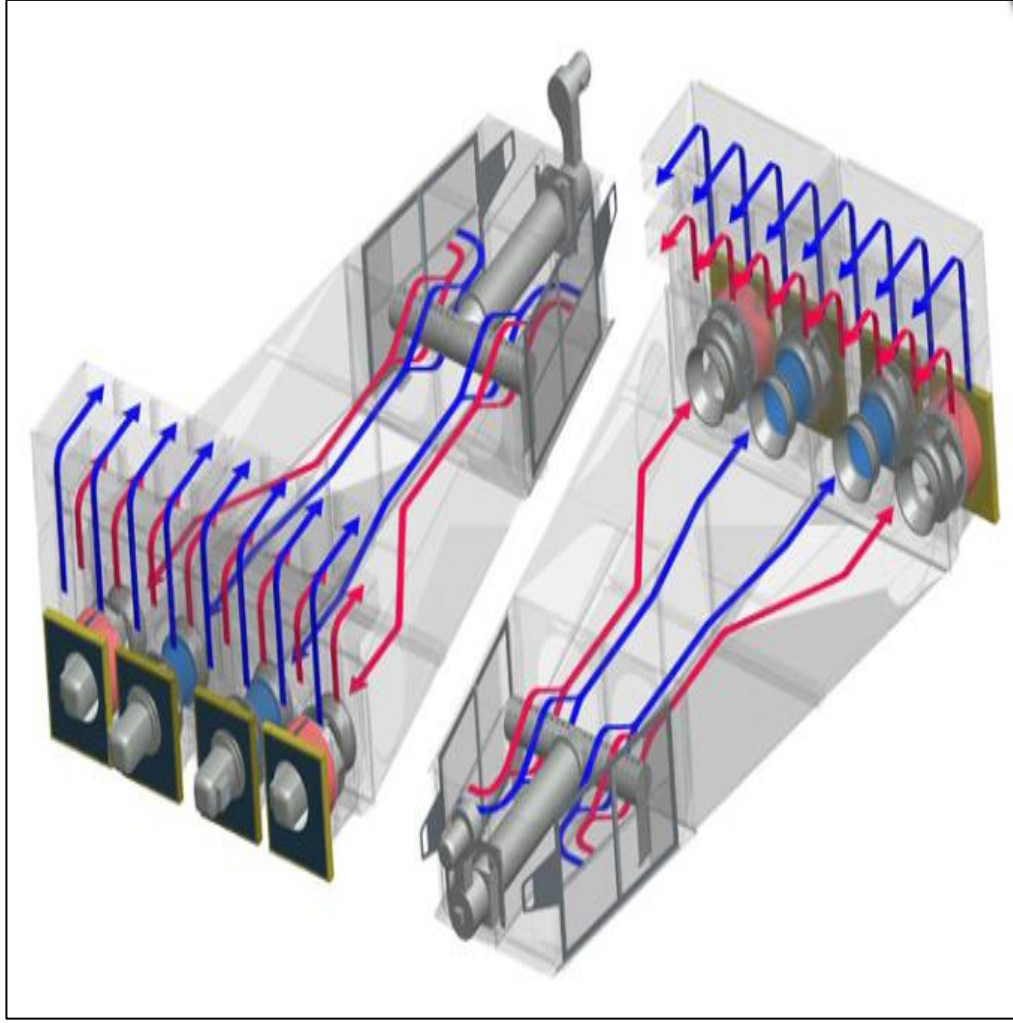
1000 m³ doğalgaz; 743 TL/8250 000 S m³; 1 kcal için; 9 Kuruş/(1 kcal doğalgaz) enerji gideri oluşmaktadır.

2.3.2 Doğalgaz Tüketimi

Fabrikada doğalgaz ramözlerde (kurutma fırını) kullanılmaktadır. Kumaş kurutma fırınına girmeden önce su mekanik olarak kumaş içerisinden uzaklaştırılmaktadır. Aşağıdaki şekilde kumaş kurutma ramöz makinası için kumaş geçme Şekil 2.6'da şematik gösterimi, kurutma fırının tipik yapısı, sıcak hava sirkülasyonun şematik gösterimi görülmektedir. Sıcak hava kumaş üzerinde dolaşırken kumaş da kurutma fırını boyunca yol alarak kurutulmaktadır.



Şekil 2.6 Apre bölümünde kullanılan kumaş kurutma fırının şematik gösterimi (Satheesh, 2013).



Şekil 2.7 Kumaş kurutmada kullanılan ramöz kurutma makinasının bir adet kamarasındaki sıcak hava sirkülasyonu gösterimi (Satheesh, 2013).

Şekil 2.7’da sıcak havanın sirkülasyonu gösterilmektedir. Ramöz makinasının bir adet kamarasının tipik yapısını göstermektedir. Sıcak hava fanlar yardımı ile kumaş yüzeyine yönlendirilmektedir. Isı enerjisini veren sıcak hava tekrar brülörler önüne gelerek sıcaklığı arttırılır. Ramöz makinalarında enerji tasarrufu noktaları araştırmak için aşağıdaki tablo oluşturulmuştur.

Ramlarda enerji verimliliği analizlerine başlamadan önce ölçüm noktaları ve ölçüm metotlarına karar verilmiştir. Gaz tüketimine etkileyen 13 noktada ölçüm yapılması için metotlar çıkartılmıştır. Tablo 2.3 te belirtildiği üzere sıkma

silindirlerinin etkisi ve baca gazından atılan sıcak havanın araştırılmasına öncelik verilmelidir.

Tablo 2.3 Ramlarda enerji verimliliği araştırmasında kullanılacak olan kök neden yöntem matrisi

	Potansiyel Kök Neden	Test İle Araştırılacaklar	Veri Toplama Yöntemi	Sonuçlar/Karar Planlanan Faaliyetler
1	Ramlar arasında enerji tüketim farkı	Ramların elektrik tüketen ekipmanları incelenip fan hız ve amperleri arasında fark incelenecektir.	ampermetre, frekans	Tüketimleri incelenecek
2	Sıkma silindirleri arasındaki fark	Aynı tip kumaşların ramlardan geçirilerek farkları incelenecek	AF su miktarı kumaş üzerindeki su miktarı	Aralarındaki farklar incelenecek
3	makinaların su buharlaştırma kapasiteleri incelenecek	pleva vb parametreleri incelenecek	pleva -fan devir değişimleri inceleme	pleva çalışma sınırları araştırılacak
4	Yalıtım kayıpları	yüzey izolasyon kayıpları araştırılacak	Termal kamera	Yüzey sıcaklık eğrisi çıkarılacak
5	Baca gaz atış sıcaklıkları çok fazla	Baca çıkış sıcaklığının düşürülmesi gaz tüketimine etkisi araştırılacaktır.	Termal kamera	Gaz tüketimi düşürülmesi
6	klepe ayarlar	klape ayarlarının kumaş hızına etkisi ayarlanacak. kama nem miktarlarını gaz tüketime etkisi araştırılacak	Makine hız-kumaş tip	Gaz tüketiminin düşürülmesi
7	Kumaş yüzey sıcaklık	Her makinada yüzey sıcaklık ve kumaş tipine göre değişimleri incelenecek	Termal kamera	Gaz tüketiminin düşürülmesi
8	Fan devirlerinin etkisi	Fan devirlerinin miktarı kumaş hızına etkisi araştırılacak-max. üretim miktarı bulunacak	Ölçme	Gaz tüketiminin düşürülmesi
9	Gaz basıncının etkisi	Basınçlar düşürülerek kumaş kurutma kapasiteleri incelenecek	Kg kumaş ve gaz tüketimi	Gaz tüketiminin düşürülmesi
10	Doğalgaz mıknaş	Mıknaş konularak enerji tasarrufu incelenecek	Ölçme	Gaz tüketiminin düşürülmesi
11	Brülör emis havası	Her makinada brülör emis havasının nem miktarları incelenecek	Ölçme	Gaz tüketiminin düşürülmesi

Elektrik Tüketim Noktaları

Makine ana beslemesinden ölçülen değerler her bir faz için 115-140-150 Amperdir. 12 adet sıcak hava sirkülasyon fan motorundan oluşmaktadır. Sirkülasyon fan motorlarının her biri 7,5 kw güçtedir. Fan motorlar hız kontrol ile devir ayarı yapılabilir. Sirkülasyon fanları motorlar ile tahrik edilmektedir. Motorun $\cos \phi$ 0,74 -1440 d/dak; 2,5-7,5 kw motor bulunmaktadır. Brückner marka, 6 kamaralı, 2,4 m. çalışma eni vardır. Baca fanı 5 m^3 / sn olacak şekilde kapasitesi vardır. 12 adet epliks marka brülör bulunmaktadır. Tablo 2.4 sıcak hava sirkülasyon fan motorlarını devir ve amper değerlerini göstermektedir.

Tablo 2.4 Ramöz kurutma makinasındaki sirkülasyon fanlarının frekans amper devir ölçümleri

HavaFan No	Fan Devri(Hz)	Amper(Amp)	Devir(d/d)
1	44,7	7,5	1310
2	44,7	7,5	1333
3	44,7	7,5	1317
4	44,7	7,5	1324
5	44,7	7,5	1326
6	44,7	7,5	1326
7	40	7,5	1326
8	40	7	1174
9	40	7	1170
10	40	7	1172
11	40	7	1194
12	40	7	1195

Baca fanı 5 m^3 /sn debi, 4 kw , $\rho =1,2 \text{ kg}/m^3$ değerlerinde imal edilmiştir. Baca devirleri aşağıdaki kademelerde ayar yapılabilir. Tablo 2.5 baca fanı devir ayar tablosunu göstermektedir.

Tablo 2.5 Atık gaz bacası frekansa bağlı olarak fan devir değişimleri

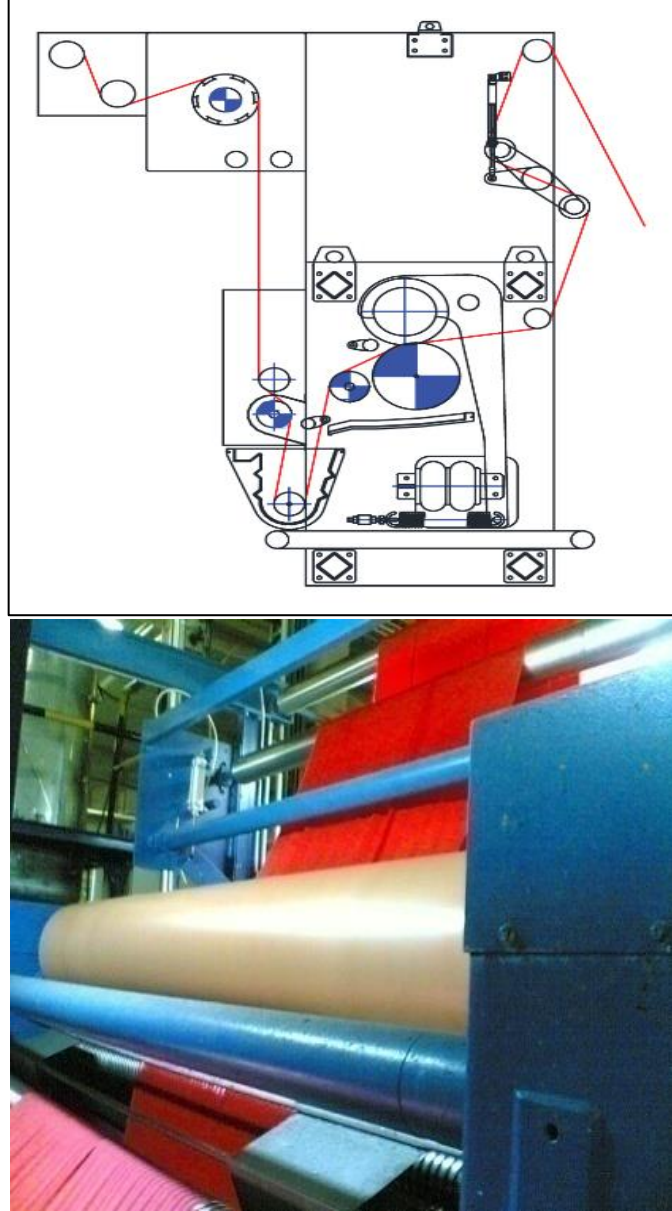
Baca fan hızı kademe	Minimum Hız (Hz)	Devir/dk	Amper
1	10	285	2,4
2	15	330	2,7
3	20	550	3,3
4	25	750	4,0
5	30	826	4,5
6	40	1126	6
7	50	1347	7,1

Flard Silindiri (Kumaş Üzerindeki Suyu Sıkma)

Kumaş boyama prosesinde işlem tamamlandıktan sonra “apre” kurutma prosesine gelir. Apre bölümüne gelen kumaş üzerinde %130 olarak su bulunmaktadır. Kurutma fırına girmeden önce üzerindeki su mekanik olarak uzaklaştırılması gerekmektedir. Aşağıdaki Şekil 2.8’ de gösterildiği üzere sıkma flarda giren kumaş üzerindeki suyun bir miktarını bırakarak %70-100 arasında su ile kurutma fırınına girmektedir. Burada silindir sıkma basınçları sıkma prosesinde etkili olmaktadır. Silindirlerin sıkma basıncına bağlı olarak kumaş üzerinde kalan su miktarı değişmektedir. Aynı zamanda sıkma silindirleri üzerindeki kauçuk kaplama sertliği de mekanik sıkma performansını etkilemektedir. Kumaş sıkma silindirlerinin üzerindeki shore ölçümlerinde bir silindir %97,5 shore, diğer silindir. %100 shore olan kaplamalarda daha yüksek performans görülmüştür.

Aşağıdaki Tablo 2.6’da her bir makine için sıkma değerleri ölçülmüştür. 5 Bar basınçtaki sıkma değerleri kayıt altına alınmıştır. Yüksek shore sertlikte, silindir sıkma etkilerinin iyi olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla daha az su miktarı ile kurutma

fırınına kumaş girmektedir, kurutma işlemi yapılmaktadır. Sıkma efektindeki iyileştirmeler ile %10 doğalgazdan bir tasarruf elde etme imkanı vardır. Yıllık 1,8 Gcal doğalgaz tüketimin olduğunu kabul edersek, 180000 Sm³, 148,5 TEP doğalgaz tasarrufu yapılmış olur.



Şekil 2.8 Apre kumaş sıkma merdaneleri, kumaş üzerindeki suyun mekanik olarak uzaklaştırılması şematik gösterimi (Satheesh, 2013).

Sıkma Efektı %AF= (A-B)/A

%AF : Kumaş sıkma etki oranı

A : Kumaşın silindirler arasında sıkıldıktan sonra ağırlığı

B :Silindirler arasında sıkılmış kumaşın iyice kurutulduktan(sıfır nem olana kadar) sonraki ağırlığı.

Farklı tip makinalarda kumaş sıkma silindirlerin sıkma performansları aynı tip kumaş için deneyler yapılmıştır. Makinaların performansları birbiri ile kıyaslanması yapılmıştır. Silindir. Sertliklerine göre sıkma performansı araştırılmıştır. Tablo 2.6'da sıkma silindirleri sertlikleri ortalama shore 97,5 civarında olması ile maksimum %AF sıkma efekti elde edilmektedir.

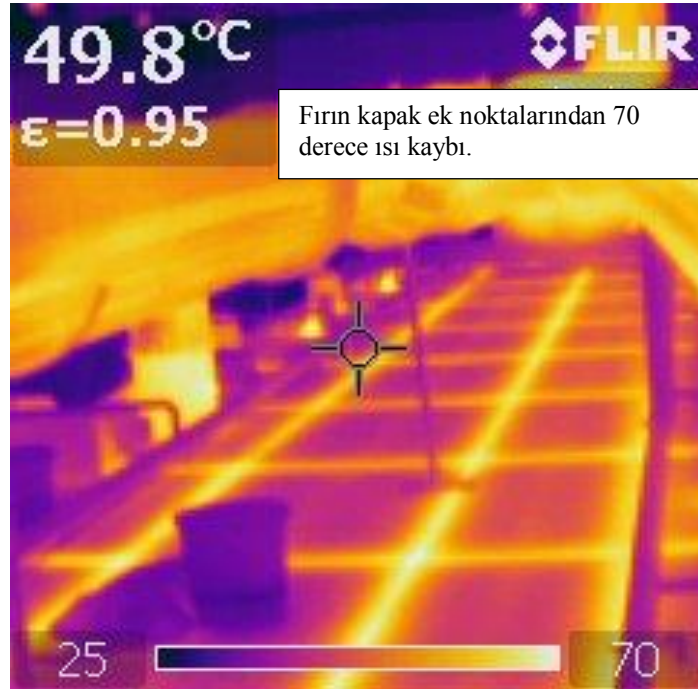
Tablo 2.6 Aynı tip kurutma makinalarının girişlerindeki sıkma merdanelerinin performans ölçümleri, sıkma etkilerinin değişim tablosu

No	Makine Adı	Alt Silindir (Tahrikli Silindir) "Shore"	Üst Silindir (Serbest silindir) "Shore"	Pamuk Cinsi	% AF Sıkma Efektı
1	Ramöz Kurutma A	100	97,5	Viskon	98%
				Pamuk	85%
2	Ramöz Kurutma B	100	95	Viskon	110%
				Pamuk	100%
3	Ramöz Kurutma C	97,5	90	Viskon	105%
				Pamuk	100%
4	Serbest Kurutma A	100	97,5	Viskon	95%
				Pamuk	80%
5	Serbest Kurutma B	95	95	Viskon	120%
				Pamuk	110

Fırın İzolasyon

Ramöz fırın dış izolasyonu termal kamera ile incelendiğinde motor yüzeylerinden ve kabin kapak ek noktalarından yoğun bir şekilde ısı transferi olduğu gözlenmektedir. Şekil 2.9 ve Şekil 2.10 te ek noktalarında izolasyon iyileştirmesi yapılmıştır.

Ramöz A dış yüzey sıcaklığı 35-55°C arası, ramöz B dış yüzey sıcaklığı, 35-45 °C arası, ramöz C dış yüzey sıcaklığı, 45-65 °C arası olarak değişmektedir. Bu yüzeylerden de ortama ısı transferi olmaktadır, izolasyon yapılarak enerji tasarrufu yapılabilir.



Şekil 2.9 Kurutma fırının üst termal kamera görüntüsü, üst duvarlar, baca, üst kaplama ek yerleri



Şekil 2.10 Kurutma fırının yan termal kamera görüntüsü, yan duvar, elektrik motorlar, motor bağlantı noktaları termal görüntüsü

Standart Olarak Takip edilecek Parametreler

Makine kullanım şeklini incelersek burada makine özellikleri operatör eğitim eksiklikleri dikkate alındığında da enerji tüketiminde bir aşırılık ortaya çıkmaktadır. Burada yapılabilecek iyileştirmeler ile ilgili olarak aşağıda bahsedilmiştir.

Çeşitli performans kriterleri oluşturulmuştur. Brülör çalışma saati, makine çalışma saati ve kumaş geçirilerek üretim saati şeklinde timer sisteme ilave edilerek performans ölçülmesi sağlanmıştır. Makina çalışma saatinin kumaş geçme saatine(üretim saati) eşit olduğu zamanlarda verimli bir çalışma sağlanmaktadır. Enerji analizörünü kullanılarak makine elektrik tüketimi takip altına alınmıştır.

Şekil 2.11 alınan gaz sayaç değeri formül de yerine konularak gerçek gaz tüketimi elde edilir. Gerçek gaz tüketimi $=((A*(1+1,013)/(25+273))*273))$ olarak bulunur. A: Her iki sayaç değeri arasındaki gerçek fark(1 bardaki sayaç değeri) .Örneğin: $638618,4 - 638610,4 = 8 \text{ m}^3$ değerini formülde yerine konularak, gerçek gaz tüketim değerini bulunur

Her bir ramöz makine için gaz sayacı ve elektrik sayacı takılmıştır. Enerji tüketim miktarları kayıt altına alınmıştır. Burada yapılan bir vardiya çalışma ile hem elektrikte hem de doğalgazda fazla enerji tüketimi tespit edilmiştir. Aşağıda Tablo 2.7' de ölçme ve analiz sonucu verilmiştir. Elektrikte %7,4 ve doğalgazda da %10,8 oranında enerji tasarrufu yapılabileceği gözlenmiştir



Şekil 2.11 Kurutma firmı enerji girdilerinin ölçüm noktası,doğal gaz sayacı

Tablo 2.7 Bir vardiya içerisindeki üretim yapmadan tüketilen doğalgazın kayıp noktalarının incelenmesi

Makine Çalışma Saati		Kumaş Tipi	Elektrik kw-h	Doğalgaz Sm^3	Açıklama
08:00	08:27	00:27 dk	8,0	19,4	*20 dakika makine ısıtma, 7 dk. mal bekleme
08:28	08:54	30/1 viskon 20d td	26,3	22,5	üretim
08:54	08:58	00:04 dk	2,3	0,6	*210 °C den 200 °C'ye makine sıcaklığını düşürme, 4 dk. 2,3kw -h elektrik ve 0,5 Sm^3 doğalgaz tüketim
08:58	09:49	80/1pamuk 20d td	42,4	29,1	üretim
09:49	10:38	40/1 pam 20d td lyc	43,8	33,6	üretim
10:38	11:30	40/1 pam 20d td lyc	42,2	33,2	üretim
11:30	12:16	60/2viskon40d lyc	45,0	40,6	üretim
12:16	13:00	60/2viskon20d lyc	29,0	25,8	üretim
13:00	13:10	00:10 dk	6,0	3,7	*210 °C'den 190 °C 'ye sıcaklık düşürme 10 dk.' da 6 kw-h; 3 Sm^3 dogalgaz tüketimi
13:10	13:31	40/1 penye 40 d td	15,0	11,1	üretim
13:31	14:42	30/ oe viskon 20d	57,2	54,8	üretim
14:42	15:55	30/1 oe viskon 20 d	57,8	55,5	üretim
15:55	16:05	00:10 dk	7,4	2,8	yeni vardiya operatörü geldi. Mal geçmesini bekliyoruz. Yada temizlik yapacak. Gaz tüketimi devam ediyor. baca fanı kapanmadı. 10 dakikada 7,4 kw-h-2,76 Sm^3 enerji iş üretmeden tüketildi.
16:05	16:12	00:07 dk	0,5	0,0	Baca kapalı brülör kapalı makina sıcak, sadece zincir dönüyor. Zincir kapatıldı.
16:12	16:58	00:46 dk	0,0	0,0	makine kapalı mal yok.
16:58	17:06	00:08 dk	8,5	9,0	*150 °C brülörler ateşleme yapıldı. makina 200 °C ısıtıldı. 8 dk da 8,5 kw-h elektrik ve 9 Sm^3 doğalgaz tüketimi
17:06	17.40	40/1 comp pam 20d td lyc süp	26,1	21,2	üretim

	Toplam Elektrik kw-h	Toplam Gaz Sm^3
Kumaş üretiminde kullanılan	442,0	327,3
Üretim yapmadan kullanılan	32,7	35,4
Tasarruf edilebilecek enerji	7,4%	10,8%

Operatör eğitimleri çalışmaları başlatılmıştır. Aynı sıcaklıklarda kurutulacak olan kumaş tipleri beraber olarak, arka arkaya geçmesi sağlanarak kabin sıcaklıklarının sık sık olarak değiştirilmesi engellenmiştir. Brülör filtre temizlikleri düzenlenmiştir. Her bir brülör önünde bulunan selonoid vana kontrolleri sonrasında makine çalışmadığı halde ortama gaz kaçıranlar yenileri ile değiştirilmiştir. Her bir sirkülasyon fan amper değerleri kontrol edilerek aşırı amper çeken fan motorlarının bakımları yapılmıştır. Üst kapak contaları kontrol edilerek buralarda ısı köprüsü oluşturan, izolasyon problemlerinin olduğu yerler düzeltilmiş, ısı köprüsü ortadan kaldırılmıştır. Makine her hangi bir sebepten dolayı kısa süreli durma durumunda hemen plot alev geçilmesi sağlanmıştır, 2 dakika sonunda brülörlerin kapatılması için zamanlama sistemi uygulanmıştır.

Makine Kurutma Kapasite Testleri

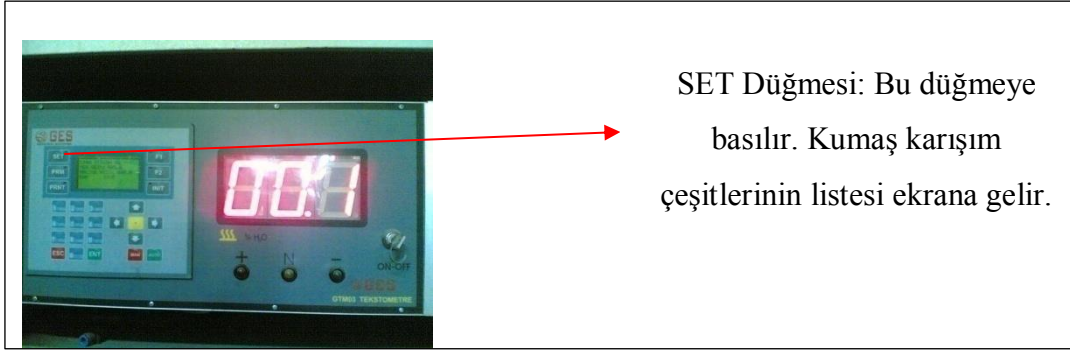
Birbiri ile eşdeğer ramöz makinaların aynı şartlarda kurutma kapasiteleri kıyaslaması yapıldı. Ramözler için kurutma hızı eşit olarak gözlenmiştir. Burada ramöz A ve B arasında bir kurutma hızı açısından fark olmadığı görülmüştür. Serbest kurutma A ve B arasında bir %20 lik bir fark olduğu gözlenmiştir.

Tablo 2.8 Eşdeğer kurutma makinalarının kurutma kapasite analizleri

Makine Adı	Kumaş cinsi	Makine hız m/dk	Kumaş Yaş Ağırlık	Kuru Ağırlık	Buharlaştırılan Su miktarı	%AF Sıkma	Kumaş Geçiş Süre dk	Kurutma (kg su/saa)	Kumaş Çıkış (°C)
Kurutma A	40/1 40d td lyc pike	35	578	331	247	76%	35	423,4	115
Kurutma B	40/1 40d td lyc pike	30	672	394	278	70%	47	354,9	115
Ramöz A	40/1 40d td lyc pike	38	666	374	292	78%	44	398,2	100-105
Ramöz B	40/1 40d td lyc pike	38	639	371	268	72%	41	392,2	100-105

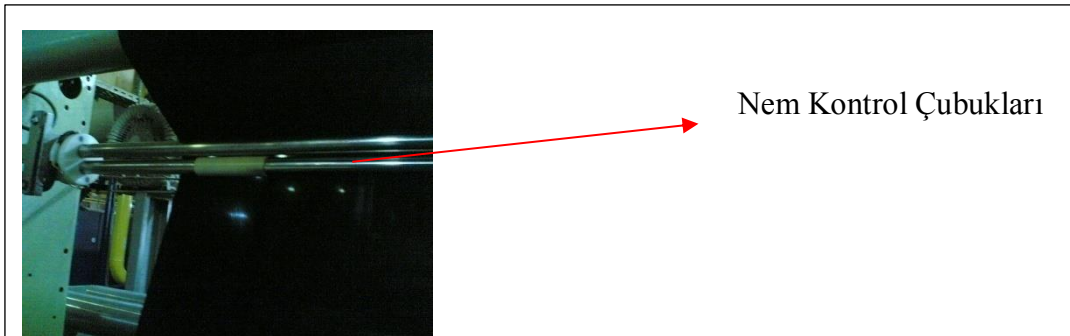
Nem Ölçüm Cihazının Kullanılması

Nem cihazı, Şekil 2.13 kumaşın ramöz çıkışına monte edilmiştir. Kumaşın içerdiği nem yüzdesine göre makinenin hızının arttırmasını veya düşürmesini sağlar. Dolayısıyla sabit bir nem miktarında kumaşın kurutulması sağlamıştır. Aşırı kurutmanın önüne geçilmiştir. Kumaş üzerindeki nem miktarının %4 oranında kalması sağlanmıştır.



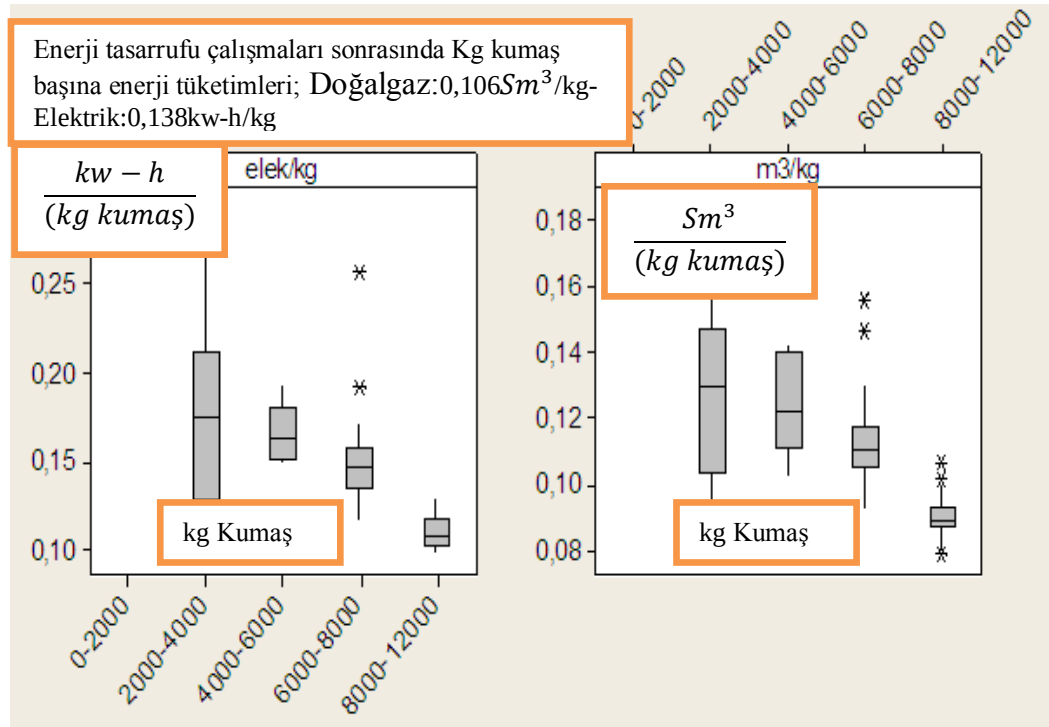
Şekil 2.12 Kumaş üzerindeki nem ölçüm cihazı kumanda kısmı

Makine üzerinde yapılan enerji tasarrufu çalışmaları sonucunda elektrik ve doğalgaz harcamalarında tasarruf sağlanmıştır. Baca klepleri kısılmıştır, gaz basınçları 40 mbar seviyelerine indirilmiştir. KS40 brüler programatörü 1 puls 7,5 kw-h enerji vermektedir. Makine sıcaklığı sabit tutulmasında gaz basınç düşürülerek daha az kw-h enerji verilmesi sağlanarak daha az enerji verilmesi optimal işletme şartları sağlanmış olmaktadır.

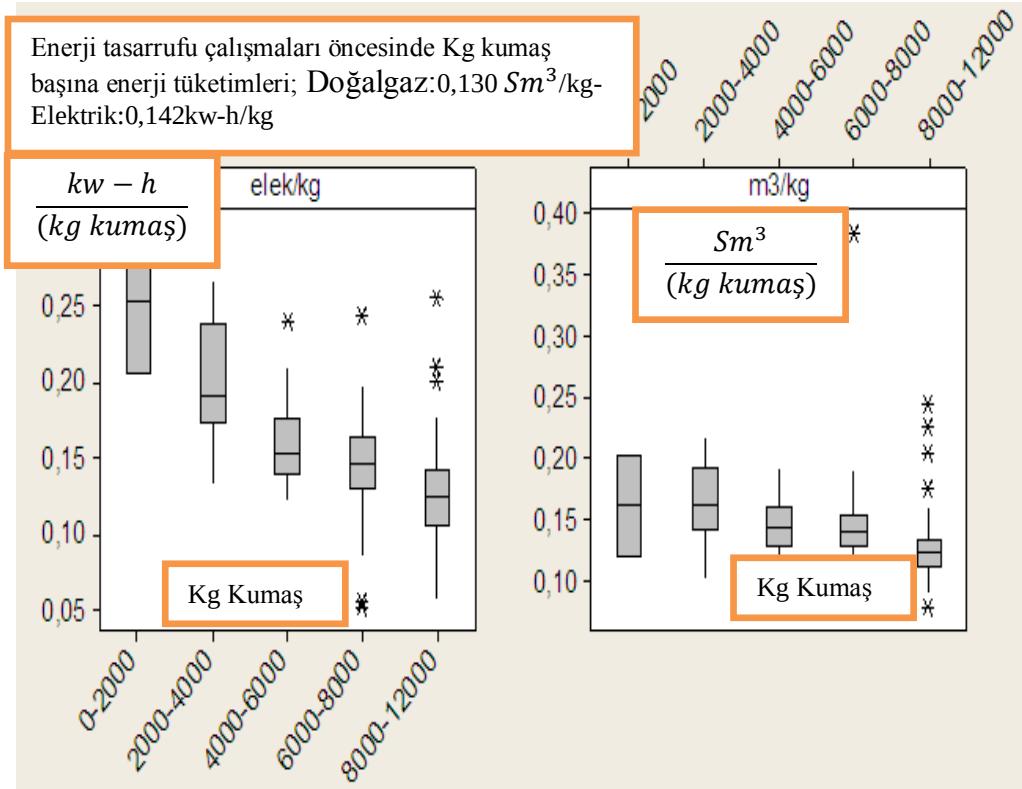


Şekil 2.13 Kumaş üzerindeki nem ölçüm cihazı ölçüm çubukları

Sonuç olarak ramöz makinasında Tablo 2.3 te belirtilen iyileştirme noktalarında yapılan analizler sonucunda, iyileştirmeler yapılmıştır. Şekil 2.14 ve Şekil 2.15 de günlük kumaş üretimine bağlı olarak birim kumaş başına tüketim miktarları iyileştirme öncesi ve iyileştirme sonrasındaki değişimleri görülmektedir. Günlük 10 ton kumaş üretimi sonucunda 1 kg kumaş kurutulması başına düşen elektrik ve doğalgaz tüketimi %30 oranında tasarruf sağlanmıştır. 1800000 Sm^3 olan yıllık tüketim 1200000 Sm^3 değerine gerilemiştir. 445 TEP doğalgaz enerjisinden tasarruf yapılmıştır. Elektrik tüketiminde de %2,7 lik bir tasarruf sağlanmıştır. Aşağıdaki tablo enerji tüketimindeki değişimi göstermektedir.



Şekil 2.14 Enerji verimliliği çalışmaları sonucunda günlük üretim miktarına bağlı olarak birim üretim başına doğal gaz ve elektrik tüketimleri

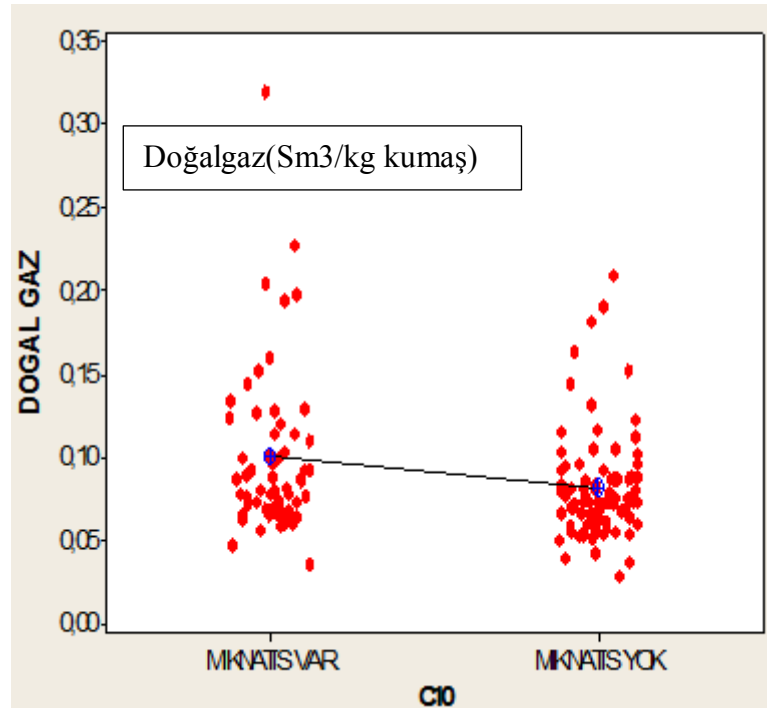


Şekil 2.15 Enerji verimliliği çalışmaları öncesinde günlük üretim miktarına bağlı olarak birim üretim başına doğal gaz ve elektrik tüketimleri

Yüksek Gauss Değerli Mıknatısların Gaz Tüketime Etkisi

Ramözler boyama prosesi sonrasında kumaş kurutmak için kullanılmaktadır. Kurutma fırınlarında günlük olarak 10 ton kumaş 200°C, 30 mt/dk hız geçmektedir. Kumaş üzerinde %100 su ile sisteme kurutma fırınına girmektedir. Ve % 4 nem ile makinadan kurutulmuş halde çıkmaktadır. Bu proseste kumaş kurutma için gerekli olan enerji doğalgazdan karşılanmaktadır. Kurutma fırınının ana gaz giriş borusu üzerine 56 adet yüksek gauss değerindeki mıknatıslar gaz borusunun çevresini saracak şekilde sarılmıştır. Gaz borusu üzerine montajı yapılan mıknatısların tam etkisini göstermesi için on beş gün beklenmiştir ve ölçümlere başlanmıştır. Ölçümlere başlamadan önce sık geçilen kumaşlar tespit edilmiştir. Mıknatıs montajı olmadan önce ve mıknatıs montajı olduktan sonra aynı tip kumaşlar ile testler yapılmıştır. Burada test metrikleri doğalgaz (Sm^3/kg kumaş) ve elektrik (kw-h/kg kumaş) olarak seçilmiştir. Kurutma fırınında yapılan incelemeler sonucunda doğalgaz tüketiminde tasarruflar sağlanmamıştır

Yüksek gauss mıknatıs iyonlaştırma amacı ile kullanılan bir manyetik frekans rezonatörüdür. Bu doğalgaz ana borusuna takıldığında güçlü manyetik alanın yarattığı manyetik frekans rezonansı yakıtın içindeki hidrokarbon zincirini kırarak, molekül kümelerini ayrıştırarak tek tek moleküllerin daha fazla oksijene maruz kalmasını sağlayacaktır. Bu da yakıtın daha fazla yanmasına ve havayı kirleten maddelerin oluşumunun kayda değer miktarda azalmasına yol açacaktır. Yüksek gausslu bu cihazın rezistans nüveleri olan aynı boyutlarda ve belirli ölçülerde ayarlanmış çok güçlü manyetik alan yaratıcılarıdır.

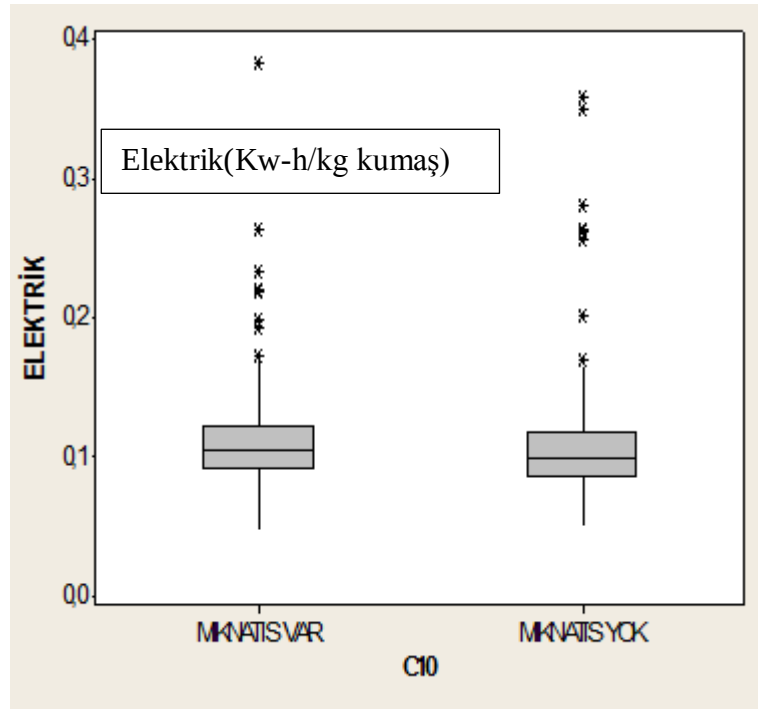


Şekil 2.16 Mıknatıslı ve mıknatıssız deney sonuç gösterimi

Mıknatıslı ve mıknatıs olmadan yapılan deney sonuçları Şekil 2.16 da ve ek1 da verilmiştir. Çeşitli tip ve kalınlıklarda kumaş örnekleri ile deneyler yapılmıştır. Deneylerde aynı tip kumaşlar mıknatıslı etkili ve mıknatıs etkisi olmadan kurutma makinasından geçirilerek kumaş kurutma performansları ölçülmüştür. Burada performans kriteri olarak elektrik ve doğal gaz tüketimi göz önüne alınmıştır. 88 adet

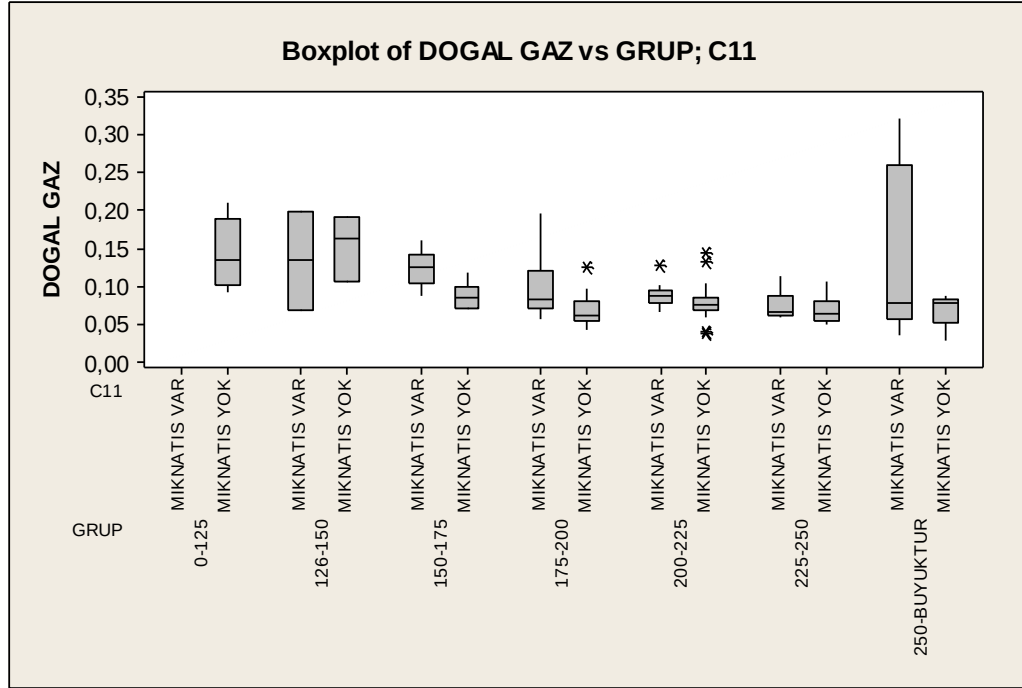
ölçüm sonuçların analizi sonrasında doğalgaz borusunun üzerine konulan yüksek gauss etkili mıknatısların enerji verimliliğine etkisi görülmemiştir.

Yüksek gauss etkili mıknatısın elektrik tasarrufuna etkisi araştırılmış, Şekil 2.17’ de elektrik tasarrufuna etkisi görülmemiştir. Deneyler sonucunda aynı elektrik tüketimi gözlenmiştir. 1 kg kumaş başına tüketilen elektrik miktarında düşüş gözlenmemiştir.



Şekil 2.17 Mıknatıslı ve mıknatıssız olarak kumaş kurutmasının elektrik tüketimine etkisi

Çeşitli kumaş kalınlıklarına bağlı olarak mıknatıslı ve mıknatıssız olarak doğalgaz tüketimine etkisi araştırılmıştır. 0-150 gr/m³den başlayarak, 250 gr/m³üzerine kadar olan kumaş üzerinde deneyler yapılmıştır. Burada yüksek gauss etkili mıknatısların enerji tasarrufuna etkisi görülmemiştir. Ancak 1 kg kumaş başına tüketilen doğalgaz miktarında düşüş gözlenmemiştir.



Şekil 2.18 Çeşitli kalınlıklardaki kumaşların kurutulmasında doğalgaz tüketimine yüksek gauss mıknatısının etkisi

Ramöz Makinasında Ekserji Analizi

Ölçümler :

24 saatte tüketilen doğalgaz Miktarı =1200 Nm³/gün; 50 Sm³/h

24 saatte Kurutulan Kumaş Miktarı =10000 kg/gün; 416,66 kg/h

24 saatte Kumaş ile giren su =10000 kg/gün; 416,66 kg/h

Giren hava Bağıl Nem =%35 Rh; 35 °C

Baca gazı O₂ = O₂%16,9; 170 °C

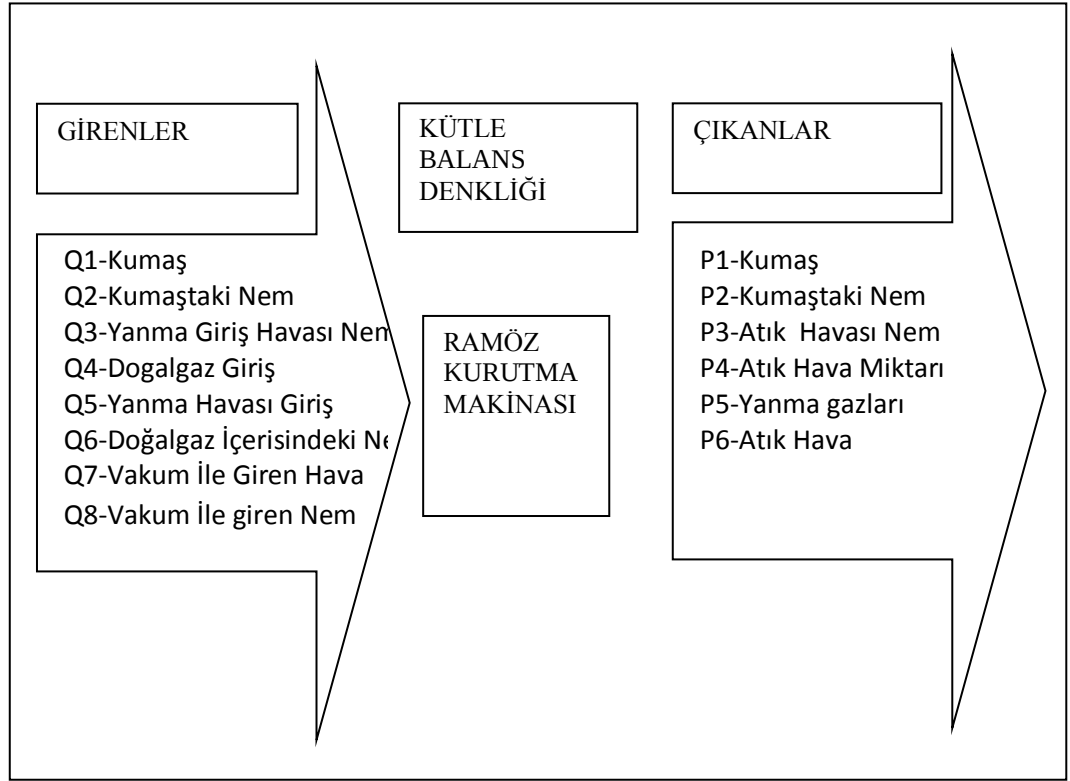
Ram Dış Yüzey Sıcaklığı =45 °C

24 saatte tüketilen Elektrik Sarfıyatı = 1920 kw-h/gün; 80 kw-h

Atık gaz yağ termometre sıcaklığı = 35 °C

Baca gazı analizi = O₂%16,9; CO₂ %2,3; CO %135 ppm, 170 °C

Doğalgaz Alt ısı Değeri =8250 kcal /S m³



Şekil 2.19 Ramöz Kurutma fırını kütle balans denkliği

Tablo 2.9 Doğalgaz kimyasal bileşimi % oranları

Bileşen	%	Oluşacak CO_2 miktarı	Oluşacak su miktarı	Gerekli teorik oksijen miktarı	Gerekli teorik hava miktarı	Teorik yaş baca gazı miktarı	Teorik kuru baca gazı miktarı
CH ₄	99,8	0,998	1,996	1,996		G ₀	G ₀ '
C ₂ H ₆	0,2	0,004	0,006	0,007			
Toplam	100	1,002	2,002	2,003	9,5381	10,5391	8,5371

Teorik Hava Miktarı(A)

$$A = \left(\frac{1}{21}\right) * (2 * CH_4 + 3,5 * C_2H_6) \quad (2.1)$$

$$A = \left(\frac{1}{21}\right) * (2 * 0,998 + 3,5 * 0,0020)$$

$$A = 9,5881 \text{ Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Yakıt}$$

Teorik Yaş Baca Gazı Miktarı (G)

$$G = 1 + A ; 1 + 9,53810 = 10,5391 \text{ Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Yakıt}$$

Yakıtın Yanması Sonucunda Oluşan Su Miktarı

$$G_w = 2 * CH_4 + 3 * C_2H_6 + 2 * C_2H_4 + 4C_3H_8 \quad (2.2)$$

$$G_w = 2 * +3 * 0,998 + 2 * 0,002 = 2,002 \text{ Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Yakıt}$$

Teorik Kuru Baca Gazı Hacmi

$$G_o' = G - G_w = 10,5391 - 2,002 = 8,5371 \text{ Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Yakıt}$$

GİREN –ÇIKAN TOPLAM ENERJİ MİKTARININ HESAPLANMASI

Yakıtın yanması sonucunda oluşan ısı miktarı(Q)

$$Q = 50 \text{ m}^3 * 35889,511 = 1794476 \text{ kJ}$$

Baca gazı ile bacadan dışarıya taşınan ısı miktarı(Q4)

$$Q_4 = Q_{4d} + Q_{4w} \quad (2.3)$$

Q_{4d} = Kuru baca gazının Duyulur ısısı

Q_{4w} = Baca gazındaki su buharının duyulur ısısı

G' = Gerçek Kuru baca gazı hacmi

G_o = Teorik Kuru baca gazı hacmi ($\text{Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Yakıt}$)

G' = $G_o + A \times (m-1) = 8,5371 + 9,5381 \times (0,46-1) = 3,38652$

a) Kuru baca gazının duyulur ısısı

$$Q_{4d} = F \times G' \times (C_{p \text{ T2 sıcaklıkta}} \times T_2 - C_{p \text{ T1 sıcaklıkta}} \times T_1) \quad (2.4)$$

$$T_2 = 170^\circ\text{C}; T_1 = 35^\circ\text{C}$$

$C_{p \text{ T2 sıcaklıkta}} = 1,3261 \text{ kJ/Nm}^3 \text{ K}$; T2 Sıcaklığında kuru baca gazının ısısı (Baca gazındaki bileşenlerden %si ve Cp lerine bağlı olarak hesaplanmalı)

$C_{p \text{ T1 sıcaklıkta}} = 1,3135 \text{ kJ/Nm}^3 \text{ K}$; T1 Sıcaklığında kuru baca gazının ısısı (Baca gazındaki bileşenlerden %si ve Cp lerine bağlı olarak hesaplanmalı)

$$Q_{4w} = 50 \times 3,38652 \times (1,3261 \times 170 - 1,3135 \times 35) = 30387,643 \text{ kJ}$$

b) Baca gazındaki su buharının duyulur ısısı

$$Q_{4w} = F \times (G_m + G_{wm}) \times (C_{p \text{ T2 sıcaklıkta}} \times T_2 - C_{p \text{ T1 sıcaklıkta}} \times T_1) \quad (2.5)$$

$G_m = 2,00200 \text{ (Nm}^3 / \text{Nm}^3 \text{ Yakıt)}$ yakıt yanması sonucunda oluşan su miktarı

$$G_{wm} = 1,610 \times Z \times m \times A$$

$$Z = 0,622 \times ((f * P) / ((P_a * 100 - (f * P_s)))$$

F=35 % havadaki bağıl nem oranı

Ps=5629 Pa 35°C Ortam sıcaklığında doymuş buhar basıncı

Pa=101330 Pa atmosfer basıncı

$$Z = (18/29) * ((35 * 5629) / ((101330 * 100 - (35 * 5629))$$

$$=0,012307 \text{ kg nem /kg kuru hava}$$

$$G_{wm} = (29/18) \times Z \times m \times A$$

$$G_{wm} = 1,611 \times 0,012307 \times 0,46 \times 9,5381 = 0,086922 \text{ N m}^3$$

$$Q_{4w} = F \times (G_m + G_{wm}) \times (C_{p \text{ T2 sıcaklıkta}} \times T_2 - C_{p \text{ T1 sıcaklıkta}} \times T_1$$

Cp =1,4519 T2 sıcaklığında ortalama buhar özgül ısınma ısısı

T1=35°C Ortam sıcaklığı

T2=170°C Isı değiştirici çıkışında baca gazı sıcaklığı

Cpt=1,4316 T1 sıcaklığında ortalama buhar özgül ısınma ısısı

$$Q_{4w} = 50 \times (2,002 + 0,086992) \times (1,4519 \times 170 - 1,4316 \times 35) = 20547,1920 \text{ kJ}$$

$$Q_4 = Q_{4d} + Q_{4w} = 30387,643 + 20547,1920 = 50934,835 \text{ kJ/h}$$

Yüzeylerden Olan Isı Kayıpları Q₅

Yüzey	Alan	Sıcaklık °C	Ortam sıcaklığı °C	Q _r (kJ/ m ² h	Q _c (kJ/ m ² h	Toplam (kJ/m ² h)
Sag yan	36 m ²	37	25	159,840	116,586	9951,336
Sol yan	36 m ²	37	25	159,840	116,586	9951,336
Üst	54 m ²	49,8	25	352,065	338,701	37301,359
Ön	6 m ²	37	25	159,84	116,586	1658,556
Arka	6 m ²	37	25	159,840	116,586	1658,556

$$Q_5 = (Q_r + Q_c) \times A$$

$$Q_r = E \times 20,428 \times \left(\left(\frac{T_y}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_o}{100} \right)^4 \right) = 60521 \text{ kJ} \quad (2.6)$$

$$Q_r = B \times (T_y - T_o)^{1,25}$$

E=0,58 Yüzey malzemesine ve işleme şekline bağlı emissivite katsayısı



Şekil 2.20 Tekstil kurutma makinasında termal kamera ile çekilen yan ve motor görüntüsü

2.3.3 Aydınlatma Enerjisinin İncelenmesi

Örnek fabrika aydınlatma sistemi, çalışma saatlerine göre gruplara ayrılmıştır

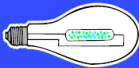
1.bölge: üretim sahası dışı, araç yolları, bahçe ve yükleme bölgelerini içine alarak dış aydınlatmalar

2.bölge: fabrika içerisinde ortak kullanım bölgeleri, yürüme yolları bölgeleri olmak üzere iç aydınlatmalar

3.bölgede: üretim makinaları bölgelerinde lokal olarak aydınlatılan direk olarak makine üretim bölgeleridir

Güneş ışığından daha fazla yararlanabilmek için fabrika genel kontrolleri yapılarak daha fazla güneş ışığı içeriye girmesi sağlanmıştır. Öncelikle iç aydınlatmalar 7 gruba bölünerek, her birine zaman rölesi takılıp çalışma saatleri ayarlanmıştır. Gün ışığında daha az açık kalması sağlanmıştır. Fabrikanın aydınlık olan bölümlerinde lambalar kapatılmıştır. Depo bölgelerindeki üzerindeki boyalı pencerelerin boyaları temizlenip, içeriye daha fazla güneş ışığının girmesi sağlandı. Mevcut aydınlatmaların yerleri tekrar gözden geçirilerek daha fazla aydınlatma etkisi verecek şekilde yerleştirilmiştir. Bu düzenlemeler ile iç aydınlatmalarda önceleri bir grupta 24 adet lamba yanarken bu sayı 12' ye düşürülmüştür.

Makine üzeri aydınlatmalar içinse; 4 adet ramöz(kumaş kurutma fırını) ve 2 adet kurutma çıkışlarındaki aydınlatma grupları makine çalışma zamanlarına göre (makinadan kumaş geçtiği sürece) çalıştırıldı. Makina üzerindeki aydınlatmalar makine üretim yaptığı sürece çalışır şekilde kalması sağlandı. Dolayısıyla makine üzeri aydınlatmalar 24 saat çalışma yerine makine çalıştığı sürece aydınlatmaların çalışması sağlanmıştır. İlgili kullanım yerlerine bakılarak mevcut aydınlatma sistemleri ve tipleri kontrol edilmiştir. Buradaki analizlerde etkinlik faktörü dikkate alınarak aydınlatma sistemi tekrar dizayn edilmiştir. Etkinlik faktörü hesaplamalarda etkinlik faktörü= Işık akısı(lm)/ Güc(w)ön plana çıkmıştır.

DEŞARJ LAMBALARI		
GAZ	BASINÇ	GÖRÜNÜM
Civa	Alçak	
Civa	Yüksek	
Civa + metal halojen	Yüksek	
Sodyum	Alçak	
Sodyum	Yüksek	

Şekil 2.21 Kullanımdaki deşarj lambalarının gösterimi (Onaylıgil, 2012).

Aşağıdaki Şekil 2.21 de kullanılan lambaların isim ve şekilleri verilmiştir. Aydınlatması yapılacak alanların ve istenen aydınlatma miktarına bağlı olarak seçim yapılmalıdır. Aydınlik Düzeyi, bir yüzeyin birim alanına birim zamanda düşen ışık akısı miktarıdır.1 Lüks=Lümen/ m^2 etkinlik faktörü, aydınlık düzeyi Tablo 2.10’da dikkate alındığında max performans metal halide aydınlatma tipinde uygulama yapılmıştır.

Tablo 2.10 Ampullerin ışıksal etkinlik faktörleri (Onaylıgil, 2012).

Ampullerin Işıksal Etkinlik Faktörü	
Enkandesan	12 lm/w
Yüksek basınçlı cıva	50 lm/w
Standart floresan(38 mm)	60 lm/w
TL-D Floresan(26 mm)	70 lm/w
Metal Halide	80 lm/w
TL-D yeni nesil floresan(26 mm)	90 lm/w
TL5 floresan (14 mm)	104 lm/w
Alçak basınçlı sodyum	180 lm/w
Yüksek basınçlı sodyum	120 lm/w

Tablo2.11 Çeşitli tip ampullerin güç etkinlik faktörleri (Onaylıgil, 2012).

	Güç (W)		Lm/w	Ömür(saat)	Renk T(k)	Renk Ra	Fiyat
Enkandesan	15	500	10	1000	3000	100	Ucuz
Tungst Hal	20	2000	20	2000	3000	100	Ucuz
Flüresan tüp	9	65	90	8000	çeşitli	85	Ucuz
Cıva	50	2000	55	8000	3800	45	Ucuz
Metal Halojen	35	2000	85	6000	4000	70	Ucuz
Alç.Bas.sod	18	180	200	10000	1800	*	Pahalı
Yüksek bas sod	35	1000	138	12000	2000	25-85	Pahalı
Endüksiyon	55	85	70	60000	40000	3*85	Pahalı

Tablo 2.11 de görüleceği gibi doğru bir seçim yapmak için ilk planda bakılması gereken etkinlik faktörü ve daha sonra da lüks değeri göz önüne alınarak seçim yapılmalıdır. Ekonomik ömür ve ortalama ömür değeri de aydınlatma cihazının seçilmesinde etkin rol almaktadır.

Ekonomik ömür, istatistiksel bakımından değerlendirmeye yetecek sayıda lambadan oluşan bir aydınlatma tesisinde, 100 saat kullanmadan sonraki toplam ışık akısının lambaların kullanılmaz hale gelmeleri ve ışık akılarının azalmalarından dolayı yaklaşık %30 değer kaybetmesi için geçen süredir.

Ortalama Ömür, istatistiksel bakımından değerlendirmeye yetecek sayıda lambadan oluşan bir aydınlatma tesisinde normal şartlarda lambaların %50 sinin kullanılmaz hale gelmesi için gereken süredir.

Ekonomik ömür, ortalama ömür ve aydınlık düzeyi dikkate alınarak iç aydınlatmalarda enkandesan yerine kompakt flüoresan lambalara, TL yerine TL-D ve TL-5 lambalar kullanılmasına başlanmıştır. Bazı bölgelerde metal halojen ampuller tercih edildi. Bu iyileştirmeler sonucunda; problem oranı %4'den %1,5'a düşürüldü.



Şekil 2.22 Örnek bir fabrika metal halide ampul –Cıva buharlı uygulaması

Örnek fabrika içerisindeki tavan aydınlatmaları 7 bölüm olarak gruplandırılarak her bir gruptan 5'er adet lamba seçilip, akımları ve lüks miktarları ölçüldü. Tavan yüksekliği 7 metredir ve tüm ölçümler zeminden 1,5 metre lüks-metre cihazı ile ölçüm yapılmıştır. Cıva buharlı aydınlatma sisteminin her bir adedinin ortalama

çektığı amper miktarı 2,5 amperdir. Yapılan ölçümler sonrasında aşağıdaki Tablo 2.12 oluşturuldu.

Tablo 2.12 Cıva buharlı ampulün çektiğı akımlar

GRUP	LAMBA 1 (Amp)	LAMBA 2 (Amp)	LAMBA 3 (Amp)	LAMBA 4 (Amp)	LAMBA 5 (Amp)
1	3,6	2,2	2,5	1,6	2,8
2	2,8	2,8	2,5	3,1	2,7
3	2,4	2	2	2,4	2,3
4	3,5	3,4	3,3	3	3,1
5	2,5	2	2	2,1	2
6	2	2	2,1	2,4	2,1
7	3	2,5	2,5	2,9	2,3

Tablo 2.13 incelediğimizde mevcut cıva buharlı ampullerin lüx miktarları 47 lüx ile 235 lüx arasında değişmektedir. Mevcut sistemin lüx miktarları kontrol edilip kayıt edildikten sonra cıva buharlı ampuller metal halide ampuller ile değiştirilmiştir. Amper-lüx miktarları kontrol edilerek değişimler takip edilmiştir.

Tablo 2.13 Mevcut cıva buharlı ampullerin ışık akıları ölçülerek m^2 düşen lümen miktarları

GRUP	Lamba1 (Lüx)	Lamba2 (Lüx)	Lamba3 (Lüx)	Lamba4 (Lüx)	Lamba5 (Lüx)
1	153	47	33	204	172
2	215	185	218	49	72
3	169	275	200	186	191
4	51	165	180	170	85
5	150	162	80	93	200
6	202	189	175	190	235
7	187	200	165	221	202

Tablo 2.14 Metal Halide ampullerin çektiği akımlar (amp).

GRU P	LAMBA 1(Amp)	LAMBA 2(Amp)	LAMBA 3(Amp)	LAMBA 4(Amp)	LAMBA 5(Amp)
1	2,6	2,1	2,4	2,5	2,7
2	2,3	2,5	2,8	2,1	2,3
3	2,5	2,3	2,1	2,1	2,2
4	2,5	2,3	2,4	2,6	2,5
5	2,4	2,5	2,3	2,6	2,4
6	2,6	2,4	2,5	2,5	2,4
7	2,5	2,4	2,6	2,5	2,6

Yapılan iyileştirmeler sonrasında aşağıdaki Tablo 2.14 de görüleceği gibi çektiği amper değerlerinde çok fazla bir değişim iyileşme gözlenmemiştir. Fakat lüks miktarlarında daha %100 varan değişimleri ölçülmüştür, 420 lüks ten 620 lüks değerlerine çıkmıştır

Aşağıdaki Tablo 2.15 görüldüğü üzere; akımlarda çok fazla bir değişiklik olmayıp, ışık şiddetleri artmıştır. Fabrikadaki 140 adet civa buharlı ampuller, metal halide ampuller ile değiştirilmiştir.

Sonuç olarak aydınlatma sisteminde yapılan iyileştirmeler ile aylık olarak tüketilen 45000 kw-h lik elektrik enerjisi 21000 kw-h değerine indirilmiştir. 46,4 TEP olan tüketim 21,65 TEP oranına indirilerek enerji tasarrufu yapılmıştır.

Tablo 2.15 Metal halide ampullerin ışık şiddeti (lüks)

GRUP	Lamba1 (Lüks)	Lamba2 (Lüks)	Lamba3 (Lüks)	Lamba4 (Lüks)	Lamba5 (Lüks)
1	670	490	420	650	500
2	530	645	1360	575	520
3	540	485	605	530	625
4	515	525	575	495	580
5	400	520	495	525	495
6	560	450	1180	600	520
7	500	523	620	530	540

2.4 Yardımcı İşletmelerde Enerji Tüketimlerinin İncelenmesi

Örnek tekstil firması yardımcı işletmelerinin içerisinde kompresörler, kazan dairesi, su yumuşatma sistemi, su pompalarından oluşmaktadır. Günlük Kg kumaş üretim miktarına bağlı olarak 1 kg kumaş için yaklaşık 8 kg buhar verebilecek kapasitede buhar kazan seçilmelidir. Kumaş üretimi için aynı zamanda 80 ile 100 (lt /kg kumaş) yumuşak suya ihtiyaç vardır. Su yumuşatma kapasitesi bu değere göre seçilebilir. Üretim kapasitesine bağlı olarak da su pompaları seçilmelidir. İhtiyaçtan fazla seçilen su pompası kapasiteleri ilerde işletme esasında yüksek enerji tüketimi olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.4.1 Kömür Kazanı Verim -Üretim Değerlerinin İncelenmesi

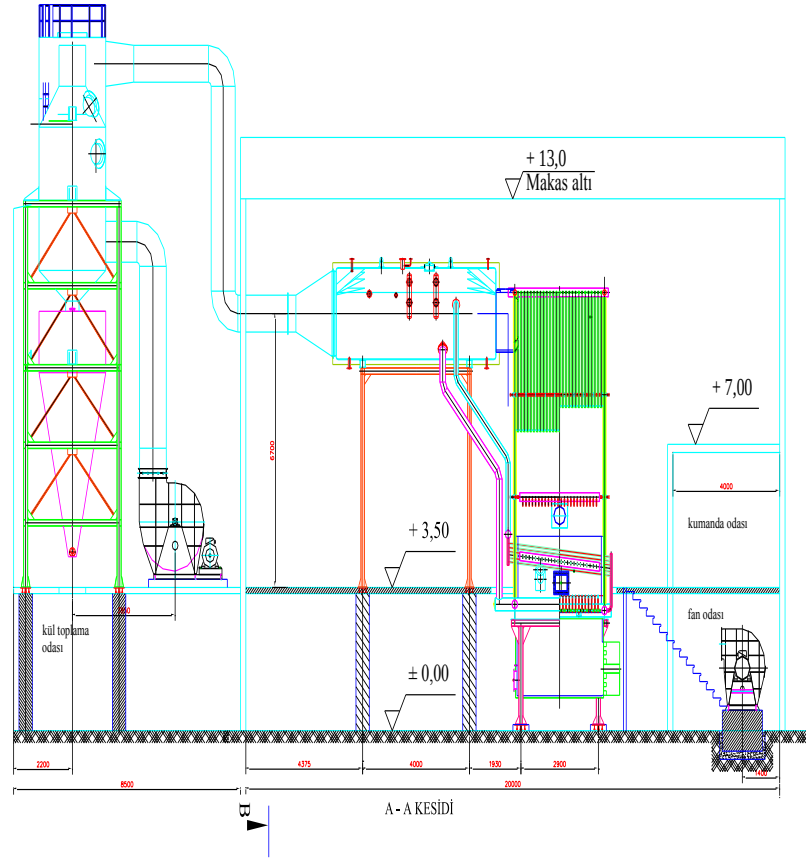
Şekil 2.23 ve Şekil 2.24’de kömür ile buhar elde etme sistemi için, 8 ton/saatlik akışkan yataklı bir kömür kazanı incelenmiştir. Akışkan yataklı kömür kazanı prosesi temel olarak su şekilde çalışmaktadır. Akışkan yataklı kazan içerisinde kömür 850

derecede yakılarak buhar elde edilmektedir. Yanma sonucunda ortaya çıkan gazlar içerisindeki CO SO_2 NO_x ve CO_2 kontrolleri yapılarak bacadan yıkandıktan sonra atmosfere atılmaktadır.

Kazan içerisine yönlendirilen yüksek debili hava ile ilk yanma sağlanmaktadır. İnce toz halinde olan yanmamış kömür tozları havanın etkisi ile havalanmaktadır. Kazan üst kısımlarından verilen seconder hava ile ikinci bir yanma sağlanmaktadır. Seconder hava ile CO dengelenerek yanma düzenli hale getirilmektedir. Hava kalitesi çıkış değerleri sağlanmaktadır.

Kazan yanma sonrasında oluşan uçucu kül siklonda tutularak atmosfere çıkması engellenir. Daha sonra ekonomizerden geçirilerek baca atık gaz sıcaklığı düşürülür. Besi suyu sıcaklığı 20 °C bir sıcaklık geri kazanımı olmaktadır. Aspiratör vasıtası ile emilen yanmış gazlar ıslak filitre içerisinde sıralanmış nozul ve saptırma plakaları sayesinde baca gazı yıkanarak SO_2 emisyon miktarı azaltılır. Çevre sınır değerleri altında atmosfere bırakılır. Burada pH 12 civarında bacaya basılan temiz su baca gazı ile çarpıştırılarak baca gazının yıkanması sağlanır. Burada yıkama sonrasında gazdan kükürt tutularak baca gazının limit değerler altına inmesi sağlanır. Yıkama işlemi sonrasında gaz içerisindeki toz partikülleri de toplanmaktadır. Kükürt ve toz partikülleri içeren ve pH olarak düşük derecelerdeki su tekrar havuza toplanır, pH kontrolü yapılarak pH11 den düşük ise kireç eklenerek pH yükseltilir. Ve tekrar bacaya basılır. Bacaya basılan suyun miktarı yaklaşık olarak 50 ton/saat civarındadır. Belirli bir süre sonrasında baca yıkama suyu pH değerinin yükseltilmesi mümkün olmamaktadır. Bu aşamadan sonra su, yaklaşık olarak 100 ton civarında, kimyasal yöntem ile içerisindeki sülfid alınıp limit değerlerin altına indirildikten sonra arıtmaya boşaltılır.

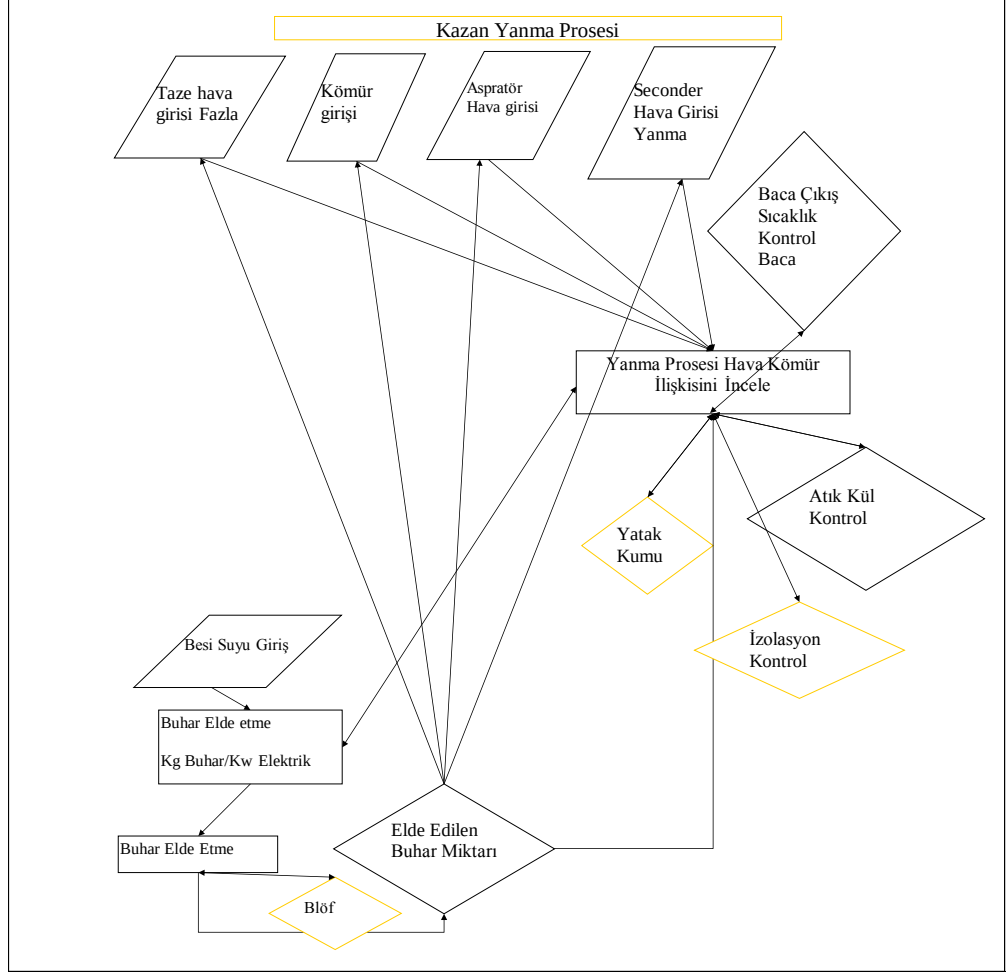
Emisyon azaltıcı tedbirler alınmaktadır. Bunun ile ilgili kazan fazla hava miktarları kontrol edilmektedir. Kazana beslenen kömür miktarı ve elde edilen enerji miktarı devamlı kontrol edilmektedir. Kömür kalitesi kontrol altına alınarak tüketim miktarı azaltılmaktadır.



Şekil 2.24 Akışkan yataklı kömür kazanı ön görünüşü

Yanma prosesinde, hava ve kömür ilişkisi çok önemlidir. Taze hava girişi, fazla hava girişi, kömür girişi ve kalori hesapları, aspiratör hava, seconder hava girişi yanma sistemini birincil olarak etkilemektedir. Aynı zamanda buhar üretimi esnasında ortaya çıkan ikincil çıktılarda buhar verimini etkiler durumdadır. İzolasyon kayıpları, atık kül, kalori kayıpları, kömür külünde oluşan kızdırma kayıpları, besi suyu giriş sıcaklığı, blöf miktarı kazanda buhar kayıplarını direk olarak etkilemektedir.

Örnek Bir akışkan yatak sisteminde Şekil 2.25 teknik veriler aşağıda verilmiştir. Aşağıda kazan yanma prosesinin şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.25 Kazan yanma prosesi şematik gösterimi

Buhar üretiminde hava fanı ve kömürün miktarı ana faktör olarak etkilendiği gözlenmiştir. Öncelikle bunların incelenmesine karar verilmiştir. Hedefler belirlenmiş, Buhar elde edilirken kullanılan parametreler araştırılmıştır. Bunların olması gereken miktarları araştırılmıştır.

Mekanik Sistemin Teknik Bilgileri

Aspratör Fan 75 kw-h kasnak Çapı 240mm;1000 d/d, %56,8 26000 m^3 /saat

Hava fanı 90 kw-h, 12000 m^3 /saat, 1575 mm SS, 2950 d/d,

Sekonder 7,5 kw-h , 2500 m^3 /saat,530 mmSS,2900 d/d

Elektrik sayacı: MPR 53S Entes digital Multimeter

Buhar Sayacı: Endress Houser Comport DXF 351

Aşağıdaki Tablo 2.16 buhar üretiminde kullanılan hava fanlarının çeşitli oranlarda çektiği elektrik, amper ilişkisini göstermektedir. Aspiratör fanı yanma sisteminde oluşturulan negatif basınca bağlı olarak çalışmaktadır, hız kontrol cihazı ile vakuma bağlı olarak motor devri değiştirilerek vakumu kazan içerisinde sabit tutmaktadır. Otomasyon sistemi üzerinde fan motor, kömür besleme motor hızların değer girilerek çalışma devirleri, kapasiteleri sınırlandırılabilir. Taze hava fanı ve kömür besleme motorlarını çeşitli oranlarda çalıştırmak ile harcanacak olan elektrik ve kömür miktarına kontrol edilebilmektedir.

Ana enerji tüketim noktası olan taze hava fanı %70 ila %85 arasında çalışma durumunda enerji tüketim miktarı amper ölçülerek fan hızındaki artış ve azalış oranı ile elektrik tüketimi hakkında bir fikir vermektedir. Dolayısıyla % 10 luk bir fan devirlerinin düşürülmesi ile amper olarak 101 amp. den 79 ampere bir tüketim düşüşü gözlenmektedir. Optimal çalışma aralığının bulunması ile ciddi oranlarda enerji tasarrufu yapılabilir. Tablo 2.16 da pens-ampermetre ile motor çalışma değerleri ölçülerek, çeşitli devir oranlarında motorun çektiği amper miktarını göstermektedir.

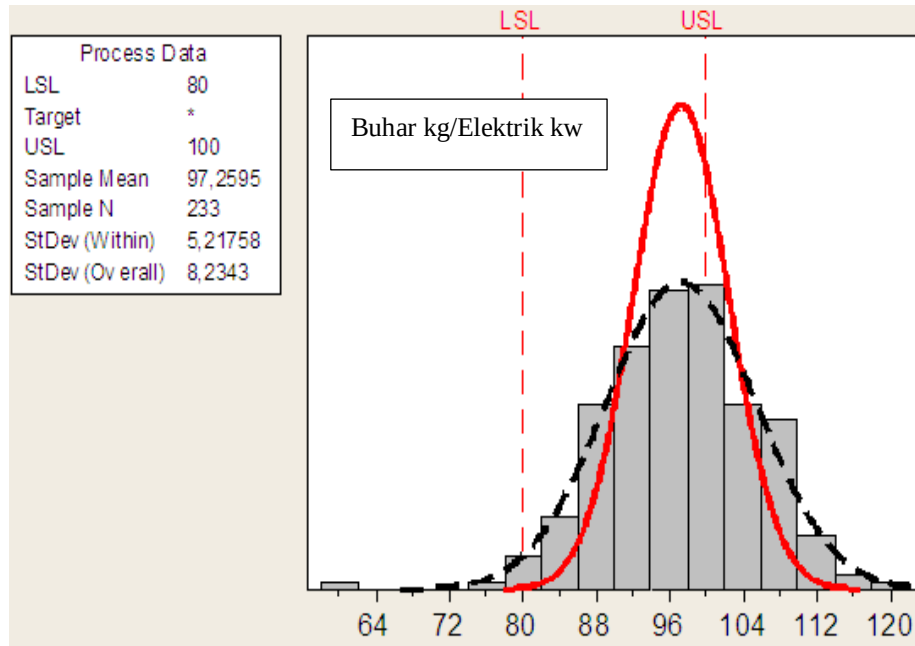
Tablo 2.16 Akışkan yataklı kömür sisteminde motorların devir -amper ilişkisi

FAN HIZLAR I(%)	AMPER (AMP)	ASPRATÖR FAN HIZI (%)	AMPER (AMP)	KÖMÜR BESLEME HIZI(%)	Deney Tasarım Devirleri
85	101	58	56	14	4500-1,2
84	98	59	58	16	4000-1,2
83	95	60	60	17	4500-1
82	94	61	61	19	4000-1
81	92	62	63		
80	90			Kömür Besleme Devir	
79	88			%6	2 d/dk
78	85			%10	4 d/dk
77	84			%14	5 d/dk
76	81			%18	6,5 d/dk
75	79			%20	7 d/dk
74	78			%22	8 d/dk
73	74			%24	8,5 d/dk
72	73			%26	9,5 d/dk

Kazan dairesinde buhar üretimi için kullanılan elektrik sayaç değerleri kayıt edilmektedir. Elektrik sayaç içerisinde aydınlatma, kömür kırma tesisinin elektrik

miktarı, buhar elde etmede kullanılan kazan fan elektrik motorları, ıslak filitre pompa motoru elektrik tüketim miktarı ölçülmektedir. Aynı zamanda buhar sayacından elde edilen günlük buhar miktarı da direk olarak ölçülebilmektedir. Elektrik tüketiminin az olması, buhar üretiminin yüksek olması enerji tasarrufu açısından önemli bir takip parametredir.

Şekil 2.26’da Üretilen buhar miktarı kg buhar olarak ölçülmüştür. Elektrik miktarı da kw-h olarak ölçülmüştür. 2012 yılında elde edilen ortalama değerlerine bakıldığında ortalama kw elektrik başına elde edilen buhar miktarı 97 kg/kw olarak görülmektedir. Bu değerin enerji tasarrufu çalışmaları yapılarak daha yüksek değerlere ulaştırılması gerekmektedir.



Şekil 2.26 Elektrik tüketimi başına elde edilen buhar kg miktarı

1 kg kumaş başına düşen enerji maliyetlerini azaltmak için çalışma yapılmıştır. Buhar sayacı ve elektrik sayacı kapsam içerisindedir. Sayaç kalibrasyonları kontrolleri yapılmıştır.

Buhar miktarını, enerji verimliliğini arttırmak için aşağıdaki iyileştirmeler yapılmıştır. Takip altına alınarak iyileştirmenin sürekliliği sağlanmıştır. Kazan

yanma verimini etkileyen değerler kontrol altına alınmıştır. Bu kapsamda otomasyon değerleri, fan devir değerleri, fan kanatları arası temizlik kontrolleri yapılmıştır. Komple kazan tesisi bakımından geçirilmiştir. Takip altına alınan, iyileştirmelerin yapıldığı noktalar aşağıda verilmiştir.

Kömür kırıcı elek boyutu değiştirilerek, yatak kumu boyutları küçültüldü. Vana ceket performans hesapları yapılarak ısı kayıplar önlendi. Kazan kontrol parametre değişimleri aralıkları daraltıldı. Buhar hatları incelenerek basınç kayıpları kontrolü yapıldı. Eşanjör kaçakları takibi ile besi suyu ilave miktarı azaltıldı. Kondes dönüşü iletkenlik miktarının fazla olmasından dolayı yüzey blöf miktarı kontrol altına alındı. Eşanjör kaçakları tamir edilerek kondens dönüş iletkenlikleri 100 µs(mikro simens) civarlarında tutulmuştur. Kömür toz analizleri ile kondestop kaçakları kontrolleri yapılmıştır. Kömür kazanı toz tutma siklonu yüzey sıcaklığı 150 C derece olduğu tespit edilmiştir, yüzey izolasyonu yapılarak 35 derece civarlarına indirilmiştir. Siklon çapı 4 mt ve konik seklinde 7 m. yüksekliğe sahiptir. Kısaca bu kayıpları hesaplarsak;

Siklon Yüzeyinden Konveksiyon ve Radyasyon ile oluşan kayıp hesabı;

Lrk	:Radyasyon ve Konveksiyon ile oluşan ısı kaybı; W/h
T yüzey	:Yüzey noktasındaki sıcaklık,150 C
T ortam	:Ortam sıcaklığı; 35 C
E	:Emissivite Katsayısı; 0,98
B	:Yüzeye bağlı katsayı; 1,45
Uc ; Ur	:Isı geçiş katsayısı; W/m ² C
A	:Alan m ² = 110 m ²

$$Lrk = (Ur + Uc) \times A \times (Tyüzey - Tortam) \quad (2.7)$$

$$Ur = \frac{Ex5,67}{Tyüzey - Tortam} \times \left(\left(\frac{Ty}{100} \right)^4 - \left(\frac{To}{100} \right)^4 \right)$$

$$Uc = B \times (Ty - To)^{0,25}$$

$$Q = watt \times 0,860 Kcal/h$$

Sonuç olarak yapılan hesaplama ile 156949 kcal/saat enerji kaybı bulunmaktadır. Bu kayıp miktarı yıllık 8000 saat çalışma hesabı ile 125 TEP olmaktadır.

Öncelikli olarak hangi noktaların inceleneceğine karar vermek için sebep sonuç matrisi oluşturulmuştur.. Burada yapılan puanlama neticesinde öncelikli olarak buhar üretimini etkileyen girdi değişkelerinin incelenmesine karar verildi. Aşağıdaki Tablo 2.17 de sebep sonuç matrisinin incelenmesi sonucunda iyileştirme yapılacak bölgelerin önem derecesi çıkartılmıştır. Bu derecelendirmeye uygun olarak, buhar üretimini etkileyen yüksek puanlı bölgelerden ölçmeye başlanmıştır.

Tablo 2.17 Buhar üretiminde kullanılan girdi parametrelerinin sebep sonuç matrisi

1-önemsiz 3 düşük önemli 5-önemli 10-çok önemli			Buhar	Yatak Kum	Atık Kül	İzolasyon
	süreç adımı	süreç girdisi				
1	kömür	karbon miktarı	10	10	10	1
2	kömür	kükürt miktarı	2	1	1	1
3	kömür	kül miktarı	10	10	10	1
4	kömür	Kömür yoğunluk	2	1	1	1
5	taze hava	elektrik	10	1	1	1
6	seconder hava	elektrik	5	1	1	1
7	aspirator hava	elektrik	8	1	1	1
		total	470	125	125	21

Buhar üretiminde öncelikli olarak kömür incelemesi yapılmıştır. Operatörlerin de sistem içerisinde de etkisi olduğu düşünülmektedir. Aynı zamanda fabrika-kazan işletme şartları, blöf miktarı, izolasyon kayıpları, tesisat dizayn kayıpları da verimli buhar üretimine etkin rol oynamaktadır. Kömür girdisi incelemesinde aşağıdaki unsurlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Kömür içerisindeki bu değişkenler direk olarak verimli yanmayı etkilemektedir. Öncelikli olarak bu parametrelerin etkisi incelenerek iyileştirmelerin yapılması gerekmektedir.

Kömür girdi değişkenleri;

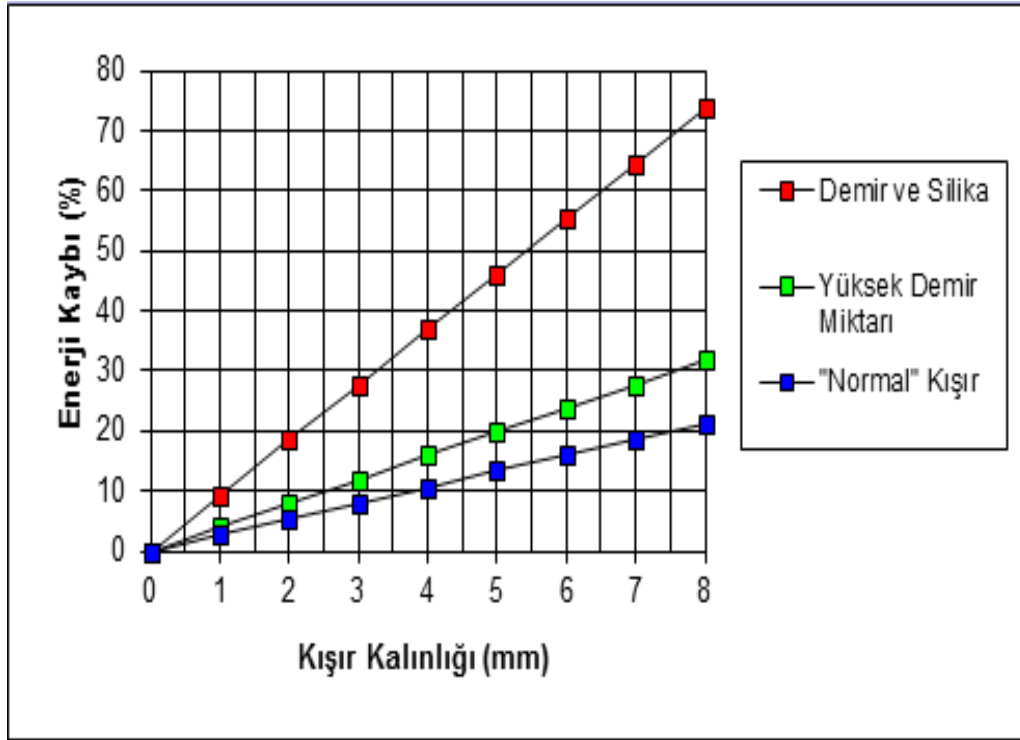
- Kömür içerisindeki nem oranı-kapalı kapı nem değişimleri

- Kömür içerisindeki boyut değişkenlik
- Kömürler arası yoğunluk değişimi
- Kömürler kalori-kükürt-nem-karbon vb. değişimi
- Kömürden kömüre basınç ve debide fark
- Kömürden kömüre besleme hızları arası fark
- Kömüre bağlı olarak hava fan hızlarındaki değişim

Aynı zamanda akışkan yataklı kömür kazanında işletme şartları da verimliliği etkilemektedir. Operatörlerin eğitim düzeyi, kazan konusunda bilgileri, kazan ile ilgili aldıkları eğitimler, tüm bunlar kazan işletme şartlarına etkisi olmaktadır. Çeşitli kuruluşlardan destekler alınarak kazancı eğitimleri verilebilir. Dolayısıyla kazan işletmesinde, hem güvenlik hem de işletme açısından daha profesyonel bir yaklaşım ile enerji verimliliği sağlanmasında ilk adımlar atılmış olmaktadır. Operatörler arası farklılıklar, operatörler arası farklı basınç-debi değişimleri, operatörler arası kömür besleme hızları arasındaki fark; vardiyalar arası (8-16,16-24,24-08), buhar debi üretim değişimleri parametreleri incelendiğinde ve gerekli iyileştirmeler yapıldığında işletme şartlarında oluşan etki ortadan kaldırılmış olur.

Kazan blöf miktarlarının da takip altına alınması gerekmektedir. Kazan suyu iletkenliği arttığında, (bu değer kömür kazanlarında 6000 μ s -doğalgaz kazanlarında 3000 μ s), blöf yapılmalıdır. Yüksek iletkenlik kışır(kireç çökmesi) oluşumuna sebep olur. Şekil 2.26 kışır oluşumuna bağlı olarak enerji kayıp miktarını göstermektedir. Su borulu kazanlarda yüksek iletkenlikte kışır oluşumu olmaktadır. 0,5 mm bir kalınlıktaki kışır, kazan yüzeyine yapıştığında ısı transferi zorlaşmaktadır. Buhar üretiminde %5 civarında enerji kaybına sebep olmaktadır. Aynı zamanda yüksek iletkenlik miktarının aşağıya çekmek için sürekli yüzey blöf ve dip blöf yapılması gerekmektedir. Dolayısıyla kazan iletkenliğine bağlı olarak buradaki kayıplarda %5-10 civarlarına ulaşmaktadır. Kazan besli suyu iletkenliği ozmos sisteminden geçirilerek 30 μ s(mikro-simens) miktarına indirilebilir. Genelde bölgelere göre bağlı olmakla birlikte, yer altı suları iletkenlikleri 1000-2000 μ s civarlarında değişmektedir. Bu yüksek iletkenlikteki su direk kazana verildiğinde de kazan su konsantrasyonu çok kısa sürede değişerek 6000-9000 μ s yüksek

iletkenliklere ulaşmaktadır. Bu durumda yoğun olarak kazan yüzey ve dip blöf yapmak gerekmektedir. Örnek bir kazanda yüzey blöf miktarı %5 olarak yapılan ölçümlerde tespit edilmiştir. Reverse ozmos sistemi kullanılarak 30 μ s iletkenlikte besi suyu takviyesi ile kazan yüzey blöf miktarı yapılan ölçümler ile %2 civarlarına indirilmiştir. Yıllık kömür tüketimini 15000 ton olarak düşünüldüğünde %3 lük bir tasarruf 450 ton kömür olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 2.27 Kazan kısır kalınlığına bağlı olarak enerji kaybı (DI water technologies, 1994).

Aynı zamanda yer altı suları toplam sertlik 400-500 ppm civarındadır. Ca ve Mg yönünden zengin olan bu sert su, yumuşatılmadan kullanıldığında kazan ısı transfer yüzeylerinde yoğun bir şekilde yapışma yapacaktır. Isı transferini zorlaştıracaktır. Demir-silika miktarı, kısır miktarına bağlı olarak enerji kaybı şekil 2.27 de gösterilmektedir. Bu kadar yüksek değerlerde enerji kaybının önüne geçmek için kazan suyunun çok sıkı takip altında olması gerekmektedir. Sağlıklı çalışan kazanlarda 15 günde bir defa olmak üzere su analizi yapılmalıdır. Tablo 2.18’de ve Tablo 2.19’da gösterilen parametreler kontrol edilmelidir. İletkenlik, toplam sertlik, Cl⁻ konsantrasyonu takip altında olmalıdır.

Tablo 2.18 Kazan suyu kimyasal analizi (DI water technologies,1994).

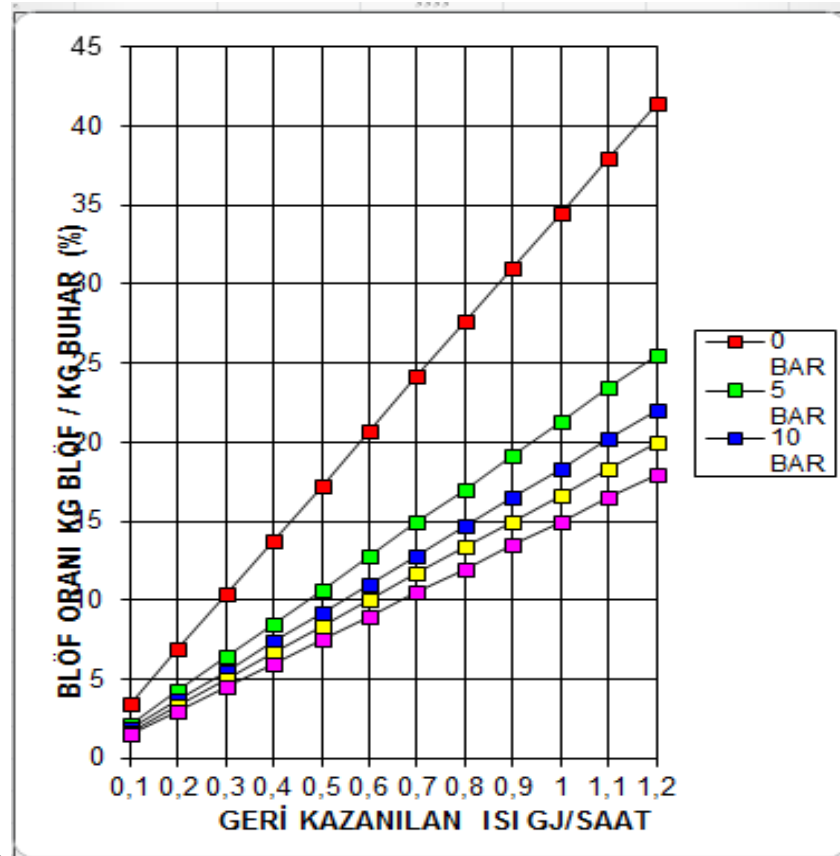
NUMUNE ALINAN KAZAN SUYU	DEGAZÖR	KÖMÜRLÜ KAZAN	KAZAN 1	KAZAN 2
PH	8,67	12,43	12,26	11,55
İLETKENLİK(μ S/cm)	380	9760	6140	1458
TOPLAM SERTLİK(PPM CaCO_3)	0,5	4	1	2
KALSİYUM (PPM CaCO_3)				
MAGNEZYUM (PPM CaCO_3)				
TOPLAM ALKALİTE(PPM CaCO_3)	150	2560	1500	435
FENOL ALKALİTE(PPM CaCO_3)	5	2110	1220	325
HİDRAT ALKALİTE(PPM CaCO_3)				
KLORÜR (PPM Cl^-)	32	528	314	90
SÜLFAT(PPM SO_4)				
SÜLFİT (PPM SO_3)		6,4		0
SİLİS (PPM SiO_2)				
TOPLAM FOSFAT(PPM PO_4)		4,5	3,2	2,6
FOSFONAT (PPM)				
NİTRİT (PPM NO_2)				
NİTRAT (PPM NO_3^-)				
TOPLAM DEMİR(PPM Fe)	0,24			
ÇÖZÜNMÜŞ DEMİR(PPM Fe)				
BAKIR(PPM Cu^{+2})				
ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN (PPM O_2)				
ÇÖZÜNMÜŞ KATI MADDE				
ASKIDA KATI MADDE				
BAKİYE SERBEST KLOR(PPM Cl_2)				
TOPLAM BAKTERİ (BAKTERİ/ml)				
NOT: 1 FRANSIZ SERTLİĞİ = 10 ppm CaCO_3 , 1 ALMAN SERTLİĞİ =17,8 ppm CaCO_3				

Tablo 2.19 Kazan- kondens dönüş sularının kimyasal analizi (DI water technologies,1994).

NUMUNE	HAMS U	YUMUŞAK SU	KONDENS TANKI	KONDENS DÖNÜŞÜ. 1	KONDENS DÖNÜŞÜ. 2	KONDENS DÖNÜŞÜ. 3	KONDENS DÖNÜŞÜ. 4	BUHAR KOLLEKT ÖRÜ
PH	7,31	7,58	7,4	7,13	7,04	8,9	9,03	10,74
İLETKENLİK(μ S/cm)	833	856	406	191	507	85	36	286
TOPLAM SERTLİK (PPM CaCO_3)	348	1	0,5	0,5	1	0	0	10

İyi bir yüzey blöf ve dip blöf takibi ile hem kazan sisteminin korozyonunu önlemiş olur, hem de enerji tasarrufu sağlanmış olur. Şekil 2.35 te basınca bağlı olarak kazan blöf miktarı eğrisi, enerji kayıplarının oranı verilmiştir. Kazan blöf miktarlarındaki değişimler kontrol edilmesinde, kazan suyundaki Cl^- konsantrasyonu kontrol edilmelidir. Bu değişimler kazan blöf miktarını % olarak bulabiliriz. Aynı

zamanda üretilen buharın işe dönüştürüldüğü noktadaki kapalı devre kullanımlarda eşanjör sisteminin kontrol edilmiştir. Boyahane suyunun pH oranı 14 ve iletkenliğin 40000 μs üzeri olduğu düşünüldüğünde eşanjörlerdeki bir kaçak düşük pH lı boya suyu kazan suyundaki iletkenliği ciddi anlamda yükseltecektir. Tüm eşanjörlerin kaçak kontrolleri yapılarak sorunlu olanların tamiri yapılmıştır.

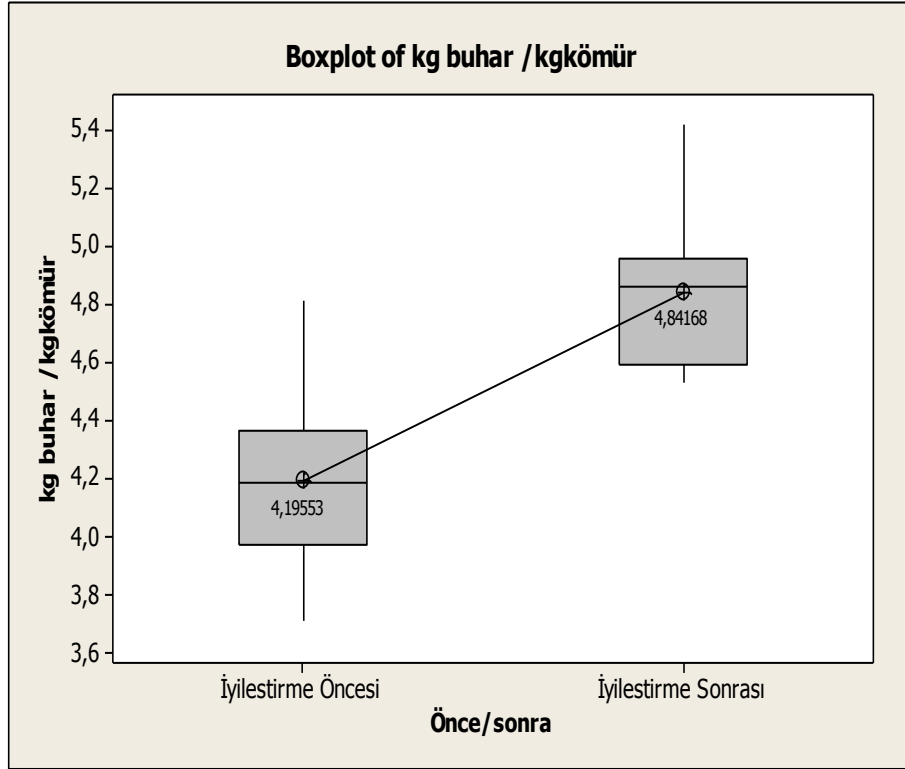


Şekil 2.28 Çeşitli basınçlarda yüzey blöf oranının değişimi (DI water technologies,1994).

Kazan yüzeyindeki izolasyon yetersizliğinden kaynaklanan kaçaklar, hat izolasyonları ve izolasyonsuz vanalardaki kayıplar dikkate alınarak inceleme yapılmıştır.

Verimlilik araştırmaları esnasında iyileştirmeler yapılmıştır. İyileştirme öncesi iyileştirme sonrası, aynı bölgenin kömürleri ile yapılan deneylerde 1 kg kömürden elde edilen buhar kg miktarı 4,2 kg değerinden 4,8 kg değerine yükselmiştir. 1 kg toz kömürden elde edilen buhar miktarı, %15 oranında artış olmuştur. Toplam kömür

tüketimi 15000 ton olarak düşündüğümüzde %15 lik bir enerji verimliliğinin karşılığı 675 TEP olmaktadır.

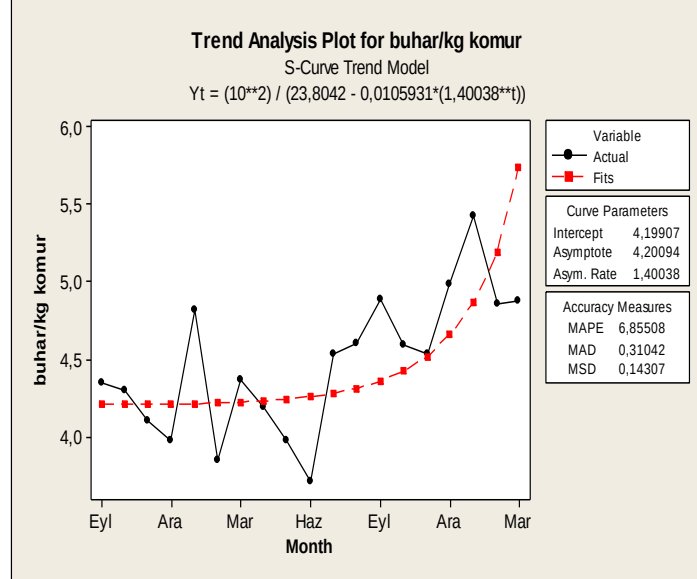


Şekil 2.29 İyileştirme öncesi ve sonrası kg buhar/kg kömür değişimi

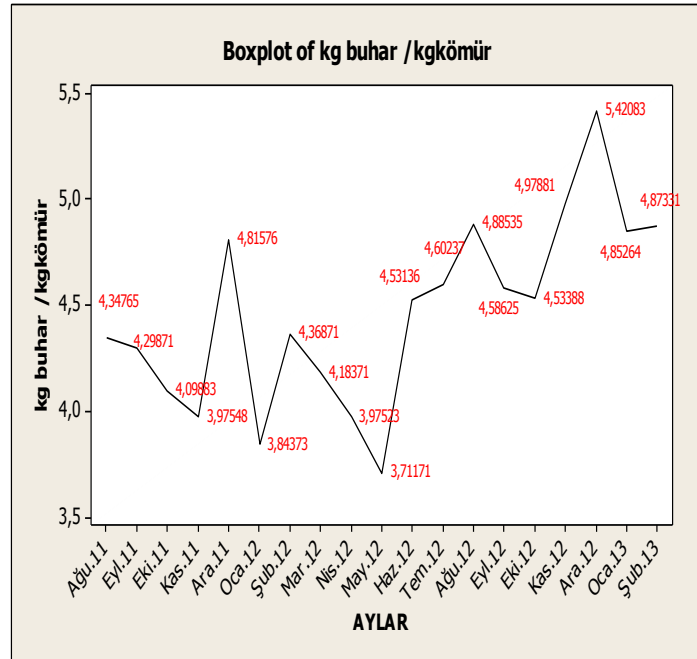
2011, 2012 ve 2013 yılı verilerini trend analizi ile değerlendirdiğimizde her an yakılan kömüre göre elde edilmesi gereken buhar miktarı ay sonu gelmeden hesaplanabilir. Ara kontrollerde yapılan hesaplamalar ile yanma işleminin verimli olup olmadığı hesaplanabilir. Dolayısıyla kısa sürede olabilecek sorunlar hakkında araştırma yapılabilir. Buradan elde edilen formül ile bu kazan karakteristiğine bağlı olarak ay sonu kömür miktarına bağlı olarak üretilmesi gereken buhar miktarı hesaplanabilir. Verimsiz tüketimler kontrol altında tutulabilir.

2011 yılı ve 2012 Temmuz ayına kadar iyileştirme öncesi kömür tüketimine karşılık aylık olarak alınan sonuçlardan ve iyileştirme sonrası Temmuz 2012 ayından sonrası kömür tüketimine karşılık buhar üretimi eğrisi yukarıda gösterilmiştir. 2012 Temmuz ayından itibaren de Buhar üretiminin artış eğrisi tanımlanmaktadır. Şekil

2.31 de 2013yıllarında 1 kg kömür ile elde edilen buhar miktarının aylara göre dağılımı görülmektedir. Burada 2012 yılında bir artış görülmektedir. Buda kömür tüketimin azalması demektir. Temmuz ayından itibaren alınan iyileştirme tedbirleri buhar üretimine pozitif yönde katkısı görülmektedir.



Şekil 2.30 Aylara bağlı olarak iyileşmenin trend model eğrisi



Şekil 2.31 Aylara bağlı olarak iyileştirmelerin etkisi

Tablo 2.20 Kömür- kazanı iyileştirme sebep sonuç matrisi

Potansiyel Kök Neden	Araştırma Noktası	Test Yöntemi	Test ile araştırılacaklar	Veri Toplama Yöntemi	Sonuçlar/Karar Planlanan Faaliyetler
Kömürden Kömüre fark	kömür cinsine göre	box plot	Kömür cinsine göre basınç -debi ilişkisi araştırılacaktır.	Buhar sayacı-24 saatlik çıktıları kontrol edilecek.	Basınç-debi ilişkisi yüksek ise buhar debi/kw elektrik oranı kayıt altına alınacak
Kömür İçerisindeki tane boyutu	kömür cinsine göre	box plot	Eleme sonucunda 0-3 mm toz miktarı kontrol edilecek	Her kamyonunda yapılacak	toz miktarının kazan verimine etkisi yüksek ise 0-3 mm boyutu düşürülecek
Kömürler arası yoğunluk farkı	yoğunluk hesabı	box plot	Su içerisinde taşıdığı su miktarlarına göre analiz yapılacaktır.	sabit hacimli beher her kömürde yapılacak	Kömür yoğunluğuna bağlı olarak hava fazla vermemiz gerekebilir. hafif olanı seçeceğiz.
Kömür besleme hızlarının basınca-debiye etkisi	kömür cinsine göre	regresyon	Kömür cinsine göre basınç -debi ilişkisi araştırılacaktır. Fan hızları ve kömür hızları arasındaki ilişki araştırılacaktır.	Buhar sayacı-24 saatlik çıktıları kontrol edilecek. Skada kömür-fan hızları verisi kayıt edilecektir.	Max debi-basınç ve mim fan hızı-kömür hızı bulunup bu değerler etrafında analiz yapılacaktır.
Hava fanı etkisi	kömür cinsine göre	regresyon	Fan hızı etkisinin boyutu araştırılacaktır	sakada verileri	Fan hızını mim nerelere kadar çekebiliriz.
operatörler arası fark	operatöre göre	box plot	Kazan işletme şartlarına göre operatörler arası fark araştırılacaktır.	buhar-debi-kömür hız-fan hız değerleri alınacaktır	Operatörler arası farklılıklar ortadan kaldırılabilecektir.
Blöf miktarının etkisi	Kondens dönüşlerine göre	box plot	Kondens dönüşlerinin blöf miktarları nasıl etkelediği araştırılacaktır.	aylık blöf miktarları kontrol edilecek- Günlük kondens iletkenlikler kontrol edilecek	Blöf miktarı azaltılması için eşanjör kacakları takip altına alınacak. Besi suyu iletkenlik azaltılması yoluna gidilecek.
Vana Ceket Uygulaması	ısı kayıpları	-	Vana yüzeyleri 150 C	ceket üzeri sıcaklık miktarı ölçülecek	sıcaklık farklarından kalori hesabı yapılacaktır.
Kondestop Kontrolleri	evet	-	gereksiz Kondens Isıtma	kondes kacakları kontrol edilecektir.	Kondes kacakları ve gereksiz buhar kacakları engellenecektir.

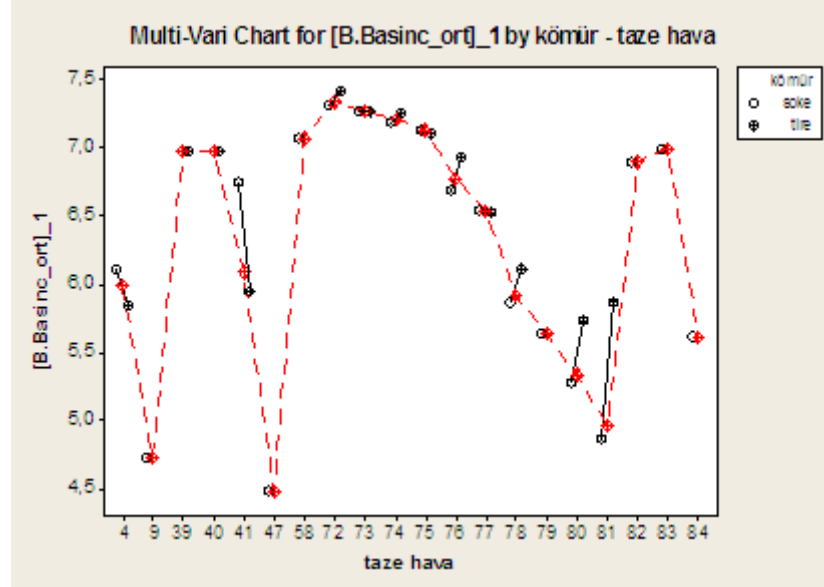
Verimli çalışmada, buhar üretiminde sebep kök ilişkisine bakıldığında aşağıdaki gibi bir tablo çıkmaktadır. Bu Tablo 2.20’de belirtilen yöntemlere göre de verilerin

test yöntemine karar verilmiştir. Verilerinin analiz yöntemine bağlı olarak inceleme yapılmıştır.

Oluşturulan sebep sonuç matrisine göre, girdi değişkenlerinin kömür kazanının verimine etkisi altı sigma istatistik metodolojisi ile mini tap istatistik programına bağlı olarak incelemesi yapıldı. Burada iyileştirme hedefi olarak aynı miktar, cins ve aynı yörenin kömürü kullanılarak daha yüksek buhar elde etme olarak seçilmiştir.

2.4.2 Çeşitli Kömür Türlerine Göre Verimlilik Analizleri

Aşağıdaki şekilde, farklı taze hava fanı hızlarında, tire ve söke yöresi kömürün basınç değeri nasıl değiştiğini göstermektedir. İki ayrı kömür sistemde yakılarak üretimde verdiği basınç miktarları kayıt altına alınmıştır. Toplanan veriler minitap istatistiksel değerlendirme programında işlenerek en yüksek basınç çıktısında minimum fan hızı girdisi araştırılmıştır. Şekil 2.32 da Buradan çıkan sonuca göre tire kömürü aynı fan hızlarından daha iyi basınç değerleri sağlamaktadır. Tire-söke kömürü karşılaştırılmasında, hava fan ve kömür hızları karşılaştırıldığında, tire kömürü daha az kömür besleme hızlarında daha çok basınç yapmaktadır. %73 taze fan hızlarında tire ve söke kömürü basınç miktarları üst noktada olduğu görülmektedir. Hava fazlalık katsayısının en uygun değerlerde olduğu söylenebilir. Aynı zamanda tire kömürü söke kömüründen daha fazla basınç yapma özelliğine sahip olduğu gözlenmiştir. Aynı işletme şartlarında daha fazla buhar debi sağlanmaktadır.



Şekil 2.32 Hava fanına bağlı olarak basın değişiminin farklı kömür tipine göre analiz

Bu tablo referans alınarak fiyat- yanma kazancı kontrolleri yapılabilir ve birim kg buhar başına ödenecek olan bedel çıkartılabilir. Kısa süreli buhar üretimleri takip edilerek günlük olarak kömür tüketimi karşılığında elde edilen buhar miktarındaki değişimleri takip edilebilir. Girdi olarak buhar kazanına verdiğimiz kömürün tedarikçiden hep aynı standartlarda geldiği konusunda fikir sahibi olmuş oluruz. Kazan işletme şartlarının farklılıklar takip altına alınmış olur. Girdi olarak kömürü ve kazan işletme şartlarının takip altında olması ile dolaylı olarak enerji tasarruf yapmış oluruz.

Çevre yöre kömürleri ile yapılan deneylerde deney büyüklüğü olarak ne kadar kömür kullanıldığı ve buna karşılık kömür yanma sonucunda ne kadar buhar elde edildiği aşağıdaki Tablo 2.21’de verilmiştir. Bu tablo bize çevre yörelerdeki kömürlerin kalori değerleri konusunda fikir vermektedir. Kömür fiyat-kazanç analizi yapılarak verimli bir yanma sonucunda ne kadar iş elde edilebileceğini göstermektedir.

Türkiye kömür işletmelerinin vermiş olduğu tabloya bağlı olarak kömür kalori analizi ve kimyasal analizi verilmiştir. Satın alma işleminden önce bu tablodaki değerleri incelenerek satın alma işlemi gerçekleştirilir. Burada örnek olarak ELİ Soma kömürünü ele alırsak, Uçucu madde, sabit kül, sabit karbon, yanar kükürt,

toplam kükürt, alt ısı değeri parametreleri incelenerek farklı kömürlerin kimyasal değerleri ile kıyaslaması yapılabilir

Tablo 2.21 Çevre yöre kömürlerinin incelenmesi kömür buhar oran kıyaslaması

Yöre	Kömür kg	Buhar kg / Kömür kg
Tire	1557950	4,6
Söke	61660	4,3
Milas	91560	5,6
Aydın	137850	5,3
Soma	1474060	5,7
Prina Zeytin Çekirdeği	50040	6,5

Bu analiz ile aynı zamanda kömürün kimyasal analizini dikkate alarak da ısı değeri bulabiliriz. Çevre boyutu açısından da kömür içerisindeki kükürt oranı da önemlidir. NO_x , CO, CO_2 miktarlarındaki değişim de ön planda tutulmalıdır. Satın alma aşamasından önce onaylı laboratuvarlara kömür analizleri yaptırılabilir. Kömür kalori miktarı görülür. Kükürt oranına bağlı olarak emisyon miktarı tahmin edilebilir. Kömürün yanması sonucunda oluşan kükürt sınır değerler içerisinde, %6 ref O_2 değerine göre düzeltilmiş değeri 2000 mg/m^3 değerinin altında olmalıdır. Seçilen kömür kükürt oranı düşük oranlarda olmasına dikkat edilmelidir. Yüksek kükürt oranı sahip kömürlerde yanma sonucu oluşan gazların çevre parametrelerinin içerisinde kalması için ilave olarak kireç konulması gerekmektedir.

Akışkan yataklı kömür sisteminde kömür yanma sonucunda içerisindeki kül miktarına bağlı olarak atık olarak yanmış kül çıkmaktadır. Kömür enerji değerlerinde uçucu madde oranı da ön planda tutulmaktadır. Yanma sonucunda veya yanmamış kömür tozlarının siklonda tutulması ile atmosfere gönderilmesi engellenmiş olur. %90 oranında çıkan gazlar içerisindeki kül parçacıkları tutularak toplanır ve depolama sahalarında atık olarak değerlendirilmektedir. Burada oluşan atık kül içerisindeki yanmamış karbon miktarı önem kazanmaktadır. Uçucu küllerin

toplanmasında elektro filtreler ve toz siklonları kullanılır. Elektro filtrelerde toplanan küllerin tane boyutu çok küçük olduğundan dolayı çimento sektöründe katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Küldeki yüksek taneli yapı atık enerji kayıplarının artması demektir. Tablo 2.22’da belirtilen analiz sonucunu incelediğimizde, TS EN 197-1 standardına göre incelenen kömür kızdırma kaybı, atık kül içerisindeki yanmamış karbon miktarını göstermektedir. 6,42 oranındaki kızdırma kaybı değeri bize kül içerisinde hala yanmamış karbon olduğunu göstermektedir. Kızdırma kaybı; uçucu kül numunesinin yaklaşık 950 derecede kızdırılması sonucu meydana gelen ağırlık kaybıdır. Uçucu külde kızdırma kaybı değerinin yüksek olması kömürdeki yanmamış karbonlara karşılık gelmektedir. Bunun yanında serbest kireç, bağlanmamış su ve karbondioksit de bu değer içinde yer almaktadır. Kızdırma kaybının düşük olduğu durumlarda, yanma sonucunda oluşan kül, griye yakın bir renk almaktadır. Kül içerisindeki karbon miktarı arttıkça, atık kül rengi siyaha yaklaşmaktadır. Yöre kömürlerinin içerisindeki karbon oranı %23 ila %28 arasında değişmektedir. Dolayısıyla yanmamış karbon olarak kül içerisinde %6,42 lik yanmamış karbon oranı kalması ile kayıp oluşmaktadır. Sekonder hava ile bu uçucu kül içerisindeki karbonların yaması sağlanabilmektedir. Kızdırma kaybının kontrol altına alınması ile % 5 lik bir tasarruf sağlanabilir. Yıllık olarak 15000 ton kömür tüketimi düşünüldüğünde 416 ton ve 125 TEP 3000 Kcal /kg kömür kazancı sağlanabilir.

Tablo 2.22 TS EN 197-1 Standardına göre incelenen kömür atık kül analizi

SiO ₂	37,75
Al ₂ O ₃	14,94
Fe ₂ O ₃	5,69
CaO	22,31
MgO	5,37
K ₂ O	0,99
Na ₂ O	0,68
SO ₃	2,40
Kızdırma Kaybı	6,42
Ölçülemeyen	3,45
%Serbest CaO	3,24
Basınç Dayanımı (28 Gün)	38,2
Özgül ağırlık (gr/cm ³)	2,48
Özgül Yüzey(cm ² /gr)	2370
0.090mm elek üstü	51,1
0.045mm elek üstü	67,2
Hacim sabitliği (mm)	1

2.4.3 Kömür İçerisindeki Tane Boyutunun İncelenmesi

Hammadde olarak, kömür tane boyutunu araştırmak için hazırlanan, 4 kademedan oluşan elek ile elenen kömür ağırlıkları ölçülmüştür.

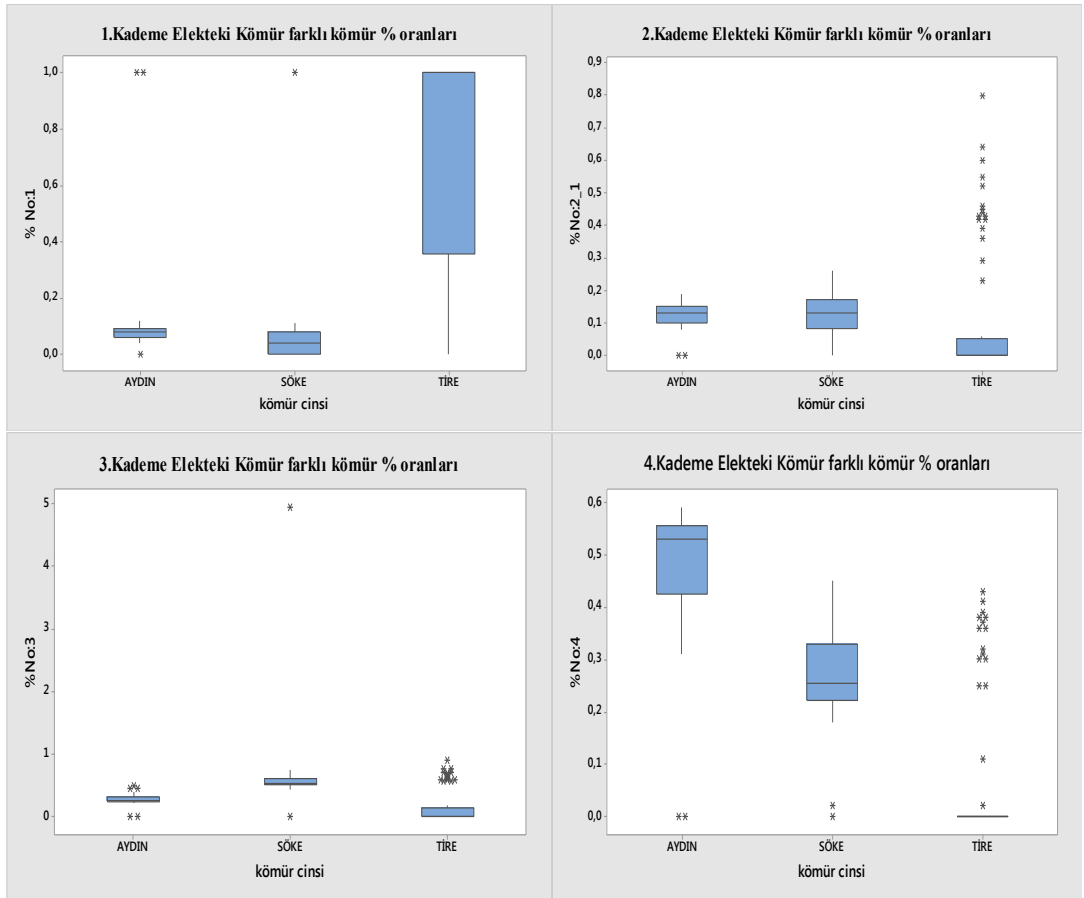
1 kademe elek: 15 mm üzeri kömür,

2 kademe elekte 10-15 mm çaplarında kömür,

3. kademe elekte 5-10 mm çapında kömür,

4. Kademe elekte ise 0,5-5 mm kömür, ayrıştırılır.

Kömür boyutunun küçülmesiyle toz kömür içerisinde bulunan toprak-taş parçacık ayrıştırılması zorlaşmaktadır, dolayısıyla kömür kalori miktarı da düşmektedir. Kömür içerisindeki kömür olmayan parçacıklarının ayrıştırılıp ya da azaltılıp satın alınması gerekmektedir. Kömür içerisindeki tane boyutu karşılaştırıldığında Aydın yöresi kömürün toz miktarı çok fazladır, kömür yoğunluğu $1,5 \text{ kg/dm}^3$ civarındadır. Kömür İçerisinde toz miktarı oranı arttığı zaman, taş-toprak miktarı da artmaktadır, yoğunluk artmaktadır, akışkan yatak yakma sisteminde önemli rol oynayan yatağın ağırlığı da artmaktadır. Aydın kömüründe 0-3 mm olan toz kömür boyutundan %40-%50 toz parçacık bulunmaktadır. Toz oranının artması demek, kömür olmayan parçaların daha fazla oranda olması ile açılanmaktadır. Toz kömür elde etme yöntemi göz önüne alındığında, kömür üretici firmalar elek altından toplanan toz kömürleri piyasaya sürmektedirler.



Şekil 2.33 Aydın-Söke-Tire bölgesi kömür elek analizleri

Şekil 2.33’da yapılan analizler sonucunda, 4 kademe elek analizlerinin sonuçları gözükmemektedir. Aydın, Söke, Tire bölgesi kömür elek analizlerinin sonucunda, tire bölgesinin toz oranının çok az derecede olduğu görülmektedir. 4. Kademe elek sonuçlarında Aydın yöresi kömürlerinin toz miktarı daha fazla olduğu görülmüştür. Kömür toz kömür elde edilme şekline bakıldığında, madenden direk olarak çıkan kömür eleme sonrasında büyük parçacıklar elek üstünde kalır ve küçük parçacıklar kömür ve toprak, taş olarak alt kısımlara dökülür. Burada boyut olarak 0,5-20 mm gibi bir büyüklük oranına toz kömür denir. Toz kömürün yanması sonucunda geriye taş ve toprak parçacıkları kalır. Bu taş ve toprak miktar arttıkça da kömürü yakma işlemine yardımcı olan yatak kumu ağırlaşır. Kömür yanma işleminin olduğu yer olan yatak kumunu hareketli hale getirmek için gerekli olan elektrik enerjisi artması gibi sonuç ortaya çıkar. Yatak kumu: Taş toprak ağırlıklı olduğundan 2,2-2,5 kg/m³ olarak ölçülmüştür. Söke ve Aydın bölgesindeki Kömür yoğunlukları 1,4-1,6 ton /m³ olarak ölçülmüştür.

2.4.4 Kömür Ve Taze Hava Fanı Basınç-Buhar Debisi Üzerindeki İlişkisi

Akışkan yataklı sistemlerde girdi değişkenlerinin taze hava fanı, sekonder hava fanı, aspratör hava fanı ve kömür etkisinin hangi oranlarda olduğu araştırılmıştır. Akışkan yataklı kömür kazanında her bir dakikada taze hava fan hızı(%olarak), kömür besleme hızı(% olarak), baca-aspirasyon fan hızı (% olarak) ve buna karşılık olarak çıktı değişkenler basınç-debi(P,Q) ilişki değerleri toplanmıştır. Girdi ve çıktı parametreleri arasındaki ilişkinin matematiksel olarak ilişkisi minitap hesap programı ile hesaplanmıştır.

Çıktı değişkenler

Basınç*debi Basınç(bar) ve anlık debi (kg/h) miktarı her dakika ölçülür. İki değer çarpılması çıktı olarak değerlendirilir.

Girdi değişkenler

Baca Fanı, Baca fan değeri % olarak her dakika ölçülerek kayıt altına alınır.

Hava Fanı, Taze hava fanı % olarak her dakika ölçülerek kayıt altına alınır.

Kömür, Kömür besleme % olarak her dakika ölçülerek kayıt altına alınır.

Akışkan yataklı kazan sabit bir ayarda çalışması sağlanmıştır. Apratör fanını %60, taze hava fanını %70, kömür besleme oranını %14 olarak sabitlenmiştir ve 24 saat boyunca toplanan 5760 adet ölçüm değerini minitap istatistik programı ile regresyon analiz yapılmıştır. Kömür kazanı işletirken toplanan girdi değişkeni verilerinden buhar(kg/h) debi değişimi, basınç(Bar) değişimi ve basınç- debi çarpımı çıktı değişiminin karakteristik regresyon analizi yapılmıştır.

a)Debi (kg/h) değişimlerinin çarpımı ile yapılan regresyon analizi

Baca Fanı Hava Fanı Kömür
%60 %70 %14

$$DEBİ = - 5,64 + 0,0287 \text{ Baca Fanı} + 0,145 \text{ Hava Fanı} + 0,181 \text{ Kömür}$$

Tahmin	Coef SE	Coef	T	P	VIF
Sabit	-5,6396	-5,6396	-6,62	0,000	
Baca Fanı	0,028670	0,002932	9,78	0,000	1
Hava Fanı	0,14493	0,01216	11,92	0,00	1,7
Kömür	0,18062	0,01141	15,83	0,000	-1,7

$$S = 1,55725 \text{ R-Sq} = 11,7\% \text{ R-Sq(adj)} = 11,6\%$$

Değişimlerin analizi

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
Regresyon	3	2971,90	990,63	408,50	0,00
Artık Hatalar	9281	22506,78	2,43		
Toplam	9284	25478,68			

Kaynak	DF	SeqSS
Baca Fanı	1	387,59
Hava Fanı	1	1976,92

Kömür 1 607,38

Yeni gözlemler için tahmin değerleri

Obs	Fit	SE	Fit	95% CI	95% PI
1	8,7541	0,0871	(8,5833; 8,9248)	(5,6967; 11,8114)	

b) Basınç (bar) değişimlerinin çarpımı ile yapılan regresyon analizi

Baca Fanı	Hava Fanı	Kömür
%60	%70	%14

BASINÇ = 13,3 - 0,00119 Baca Fanı- 0,0608 Hava Fanı- 0,172 kömür

Tahmin	Coef SE	Coef	T	P	VIF
Sabit	13,3369	0,5203	25,63	0,000	
Baca Fanı	-0,001186	0,001791	-0,66	0,508	1,0
Hava Fanı	-0,060824	0,007430	8,19	0,000	1,7
Kömür	-0,172285	0,006973	-24,71	0,000	1,7

S = 0,951434 R-Sq = 14,6% R-Sq(adj) = 14,6%

Değişimlerin Analizi

Kaynak	DF	SS	MS	F	P
Regresyon	3	1439,27	479,76	529,99	0,00
Artık Hatalar	9281	8401,40	0,91		
Toplam	9284	9840,68			

Kaynak	DF	SeqSS
Baca Fanı	1	13,58
Hava Fanı	1	873,06
Kömür	1	552,64

Yeni gözlemler için tahmin değerleri

Obs	Fit	SE	Fit	95% CI	95% PI
1	6,59614	0,05323	(6,49180; 6,70047)	(4,72820; 8,46407)	

c) Basınç(bar) ve debi (kg/h) değişimlerinin çarpımı ile yapılan regresyon analizi

Baca Fanı	Hava Fanı	Kömür
%60	%70	%14

$$\text{BASINÇ*DEBİ} = - 61 + 1,27 [\text{Baca Fanı}] + 1,86 \text{ Hava Fanı}] - 5,85 \text{ Kömür}$$

Tahmin	Coef SE	Coef	T	P	VIF
Sabit	-61,2	-109,6	0,56	-0,577	
Baca Fanı	1,2742	0,3801	3,35	0,001	1,1
Hava Fanı	1,858	1,397	1,33	0,185	1,5
Kömür	5,8504	0,8447	-6,93	0,000	-1,5

$$S = 13,7416 \text{ R-Sq} = 17,4\% \text{ R-Sq(adj)} = 16,6\%$$

Değişimlerin analizi

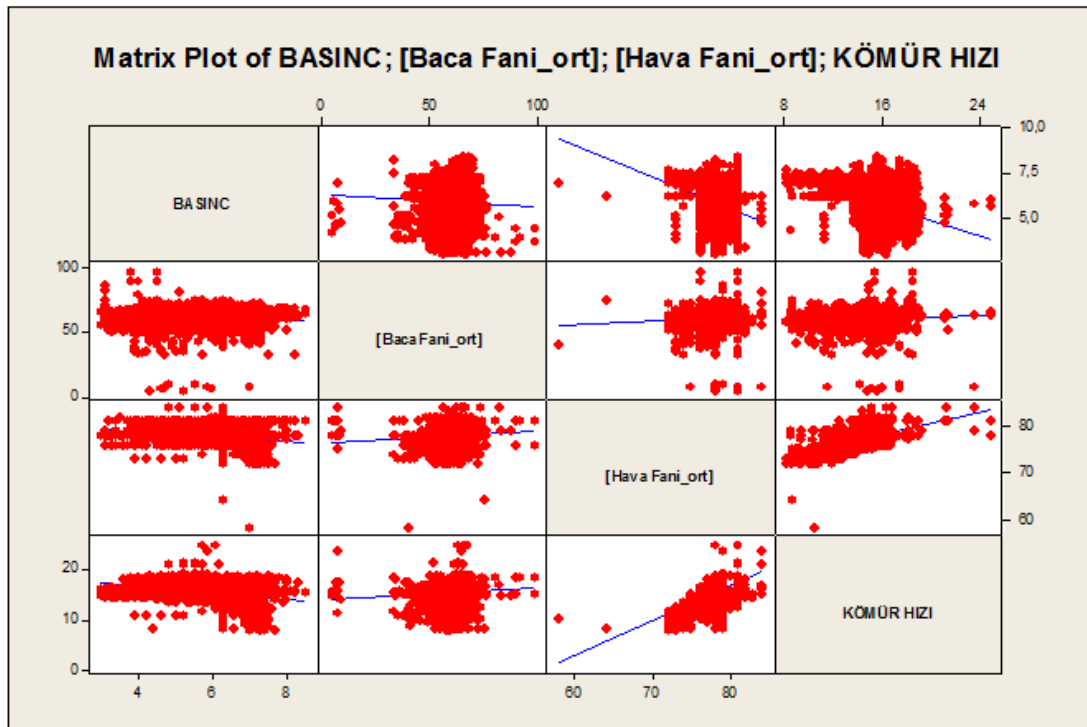
Kaynak	DF	SS	MS	F	P
Regresyon	3	11369,3	3789,8	20,07	0,000
Artık Hatalar	285	53817,4	188,8		
toplam	288	65186,6			

Kaynak	DF	SeqSS
Baca Fanı	1	539,4
Hava Fanı	1	1770,8
Kömür	1	9059,0

Yeni gözlemler için tahmin değerleri

Obs	Fit	SE	Fit	95% CI	95% PI
1	63,369	10,358	(42,981;83,757)	(29,498; 97,241)	

Regresyona analizinde basınç debi ilişkisinde hava fan ve kömür hızı etkisi ağırlıklı olarak bulunmuştur. Aşağıdaki Şekil 2.34 regresyon analizi bunu açıkça belirtmektedir. Dolayısıyla ilk olarak hava fan ve kömür hızları ile verimlilik analizlere başlanmıştır.



Şekil 2.34 Basıncın baca fanı, hava fanı, kömür hızına bağlı olarak regresyon analiz

Burada yapılan regresyon analizine göre baca fanının basınca etkisi olmadığı gözlenmiştir. Aynı zamanda da kömürdeki değişimler direk olarak basıncın miktarını arttırıp azaltmaktadır. Taze hava fanının da basınca direk etkisi olmaktadır. Bunun yanında da hava fanını debi miktarı arttıkça da kömür miktarının da arttığı görülmektedir.

Regresyon analiz sonrasında kömür ve hava fanın doğrudan etkisi olduğu gözlenmiştir, Tablo 2.23’de gösterildiği şekilde deney tasarımı yapılmıştır. Deney tasarımında çeşitli varyasyonlarda parametreler seçilmiştir. Kömür kazanı

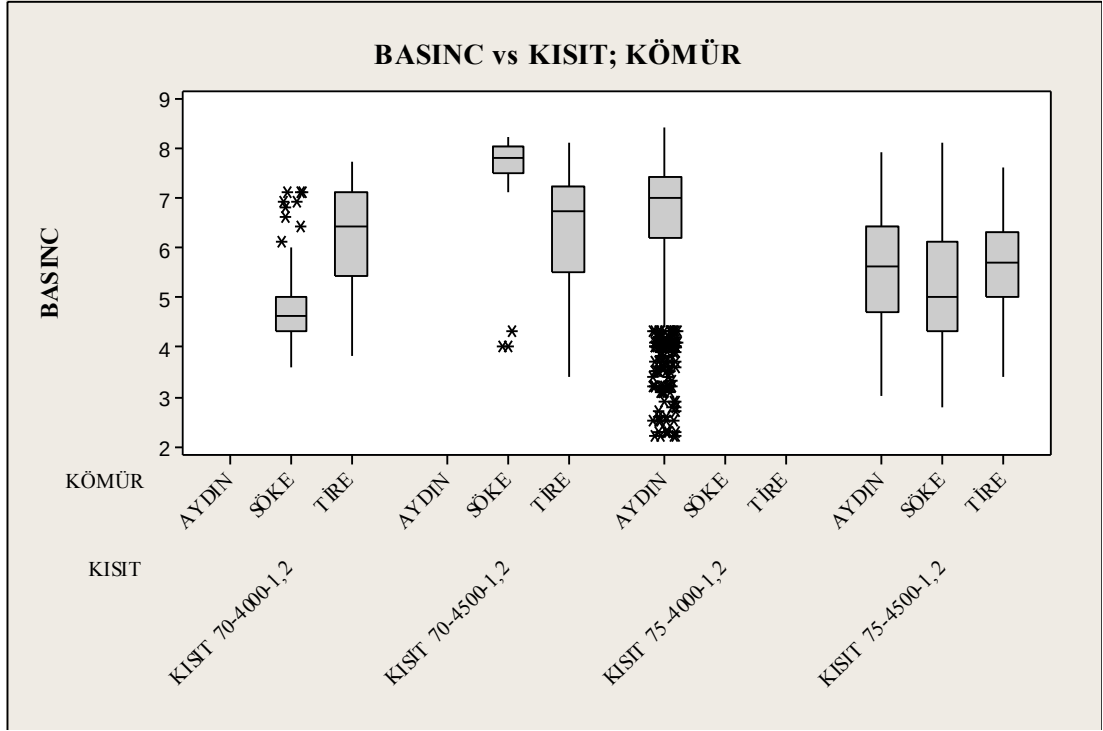
otomasyonu ayarlaması yapılarak girdi değişkenlerden olan kömür, hava fanı, baca fanı, kontrol edilmiştir. Aynı zamanda bu girdi değişkenlere bağlı olarak ta çıktı olan basınç ve buhar debisi kontrol edilmiştir.

Tablo2.23 Deney tasarımı planlanması: kazan işletme şartları

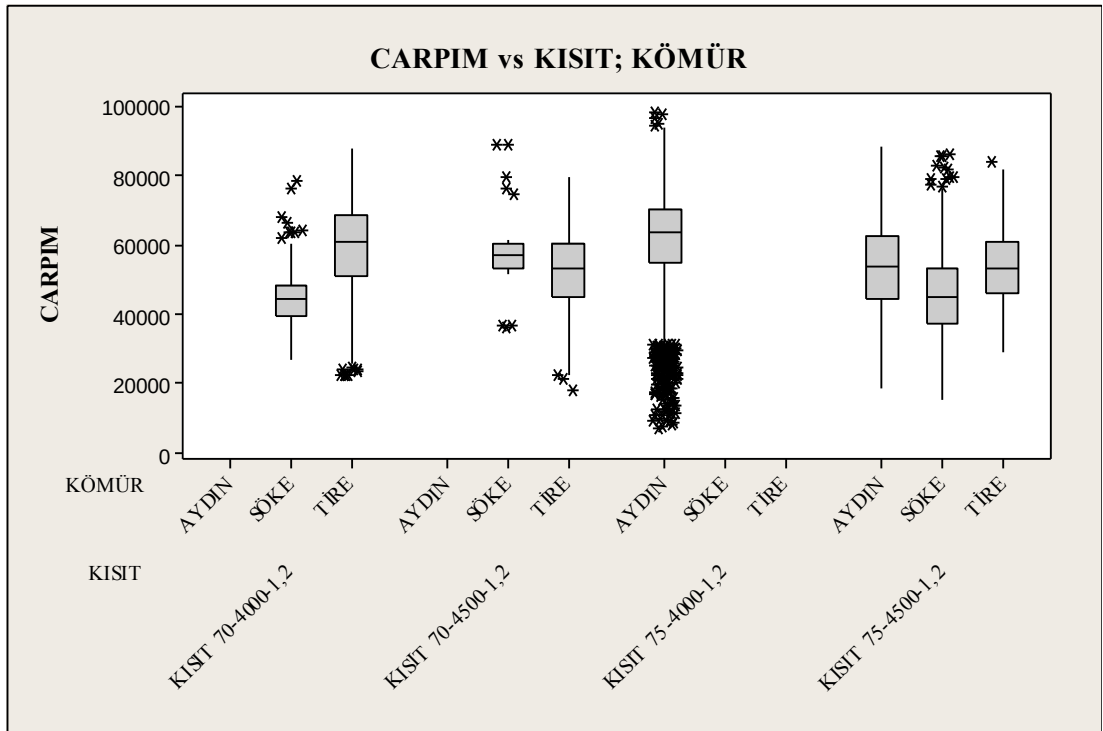
Sıra No		Deneme 70-4000	Deneme 75-4500	Deneme 70-4500	Deneme 75-4000
1	Fan Max	%70	%75	%70	%75
2	Fan Min	%70	%75	%70	%75
3	Fan Rolanti	%40	%40	%40	%40
4	Fan Soğutma	%71	%76	%71	%76
5	Kömür Kalori	4000 kcal	4500kcal	4500kcal	4000 kcal
6	Vakum	5-7 arası	5-7 arası	5-7 arası	5-7 arası
7	Aspratör	Vakuma bağlı	Vakuma Bağlı	Vakuma Bağlı	Vakuma Bağlı
8	Kömür Max	%16,2	%14,4	%14,4	%16,2

Deneye tasarımı yapılarak yukarıdaki şartlarda çalıştırılan akışkan yataklı kömür kazanında girdi değişkenini sabit tutarak çeşitli yöre kömürleri ile yapılan deneylerde, çıktı değişken olan basınç debi değişiminin ilişkisi aşağıdaki şekilde gibidir. Basınç ve debi miktarları çarpılarak minitap istatistik programında kömür tipine ve çalışma şartlarına bağlı olarak değişimleri gözlenmiştir. Burada basınç “Bar” ve debi ise “kg-buhar/saat “ olarak çarpımları çıktı olarak kabul edilmiştir. Buhar basıncı ile buhar debisi ters orantılı olarak çalışmaktadır. Örnek seçilen fabrikada basıncın yüksek olduğu noktada debi düşük olmaktadır. Debinin yüksek ihtiyaç duyulduğu noktada ise buhar basıncı düşük seyir etmektedir.

Fan hızı %70 değerlerinde olduğunda Söke yöresi kömürünün en iyi performans göstererek basınç değerinin yüksek olduğu gözlenmektedir. Şekil 2.35’de deneme “kısıt70-4500” de kazanın çalıştırılması ile en iyi basınç değerinin elde edildiği gözlenmektedir. Bunu yanında da yöre kömürü olarak da söke kömürü daha yüksek basınç değerini vermektedir.



Şekil 2.35 Yöre kömürlerinin çeşitli kömür fan hızlarında basınç değişimleri



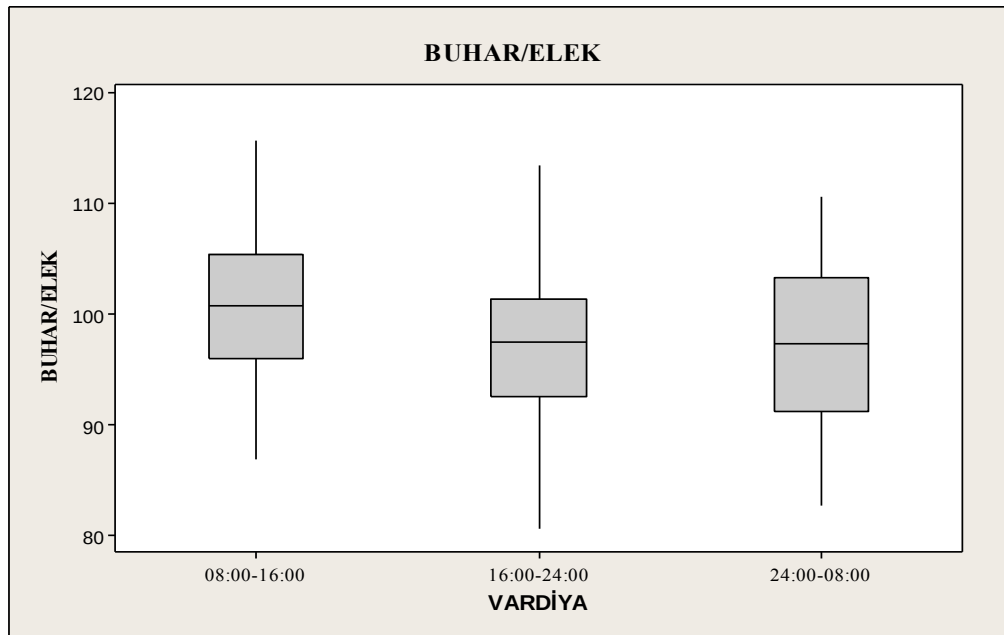
Şekil 2.36 Yöre kömürlerinin çeşitli kömür fan hızlarında basınç-debi çarpımı değişimleri

Basınç-debi çarpımlarının göz önüne aldığımızda Aydın yöresi kömürünün en iyi performans ile işletme şartlarına cevap verdiği gözlenmiştir. Fan hızlarının çok

yüksek olması çok fazla verim elde edileceği konusunda kesin bir netlik yoktur. Tam aksine düşük fan hızlarında düşük baca gazı sıcaklıkları elde edileceğinden verim artmaktadır. Kömür besleme miktarı da taze hava fanına uygun miktarda verilmesi ile optimum kazan çalıştırma şartları sağlanmış olmaktadır. Burada %86 hava fanı oranından %70 hava fanı oranına gerileyerek %30 oranında taze hava fanı elektrik tüketimi azaltılmıştır. Buhar debi ve basıncında herhangi bir değişiklik tespit edilmemiştir. Bunu yanında baca gazı sıcaklıklarında azalma gözlenmiştir. %86 oranında çalışan taze hava fanı 101 amper çekerken, % 70 oranına indirildiğinde 70 amper civarlarında elektrik tüketmektedir. Buradan da anlaşılabacağı gibi % 30 lük bir tasarruf gözlenmiştir. Tasarruf miktarı = 8000 saat/ yıl X 15 kw-h= 120000 kw-h elektrik tasarruf sağlanmıştır.

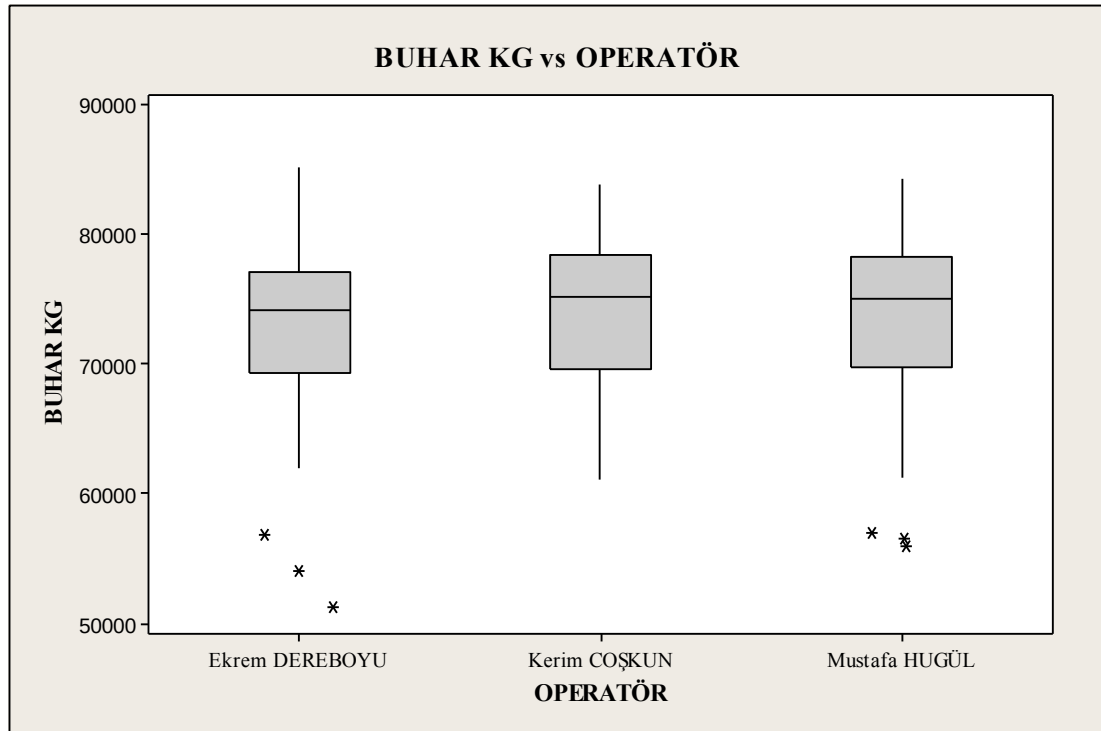
2.4.5 Kömür Kazanı İşletimde Vardiya-Operatörler Arası Farkın İncelenmesi

Vardiya arası elde edilen buhar (kg / elektrik) kw-h oranının değişimi görülmektedir. Şekil 2.37 de üç vardiya da eşit buhar çekimi olduğundan vardiya arası dağılımda farklılık yoktur. Her vardiya buhar üretimleri yaklaşık aynıdır. Fabrika üretim açısından eşit miktarda buhar tüketmektedir.



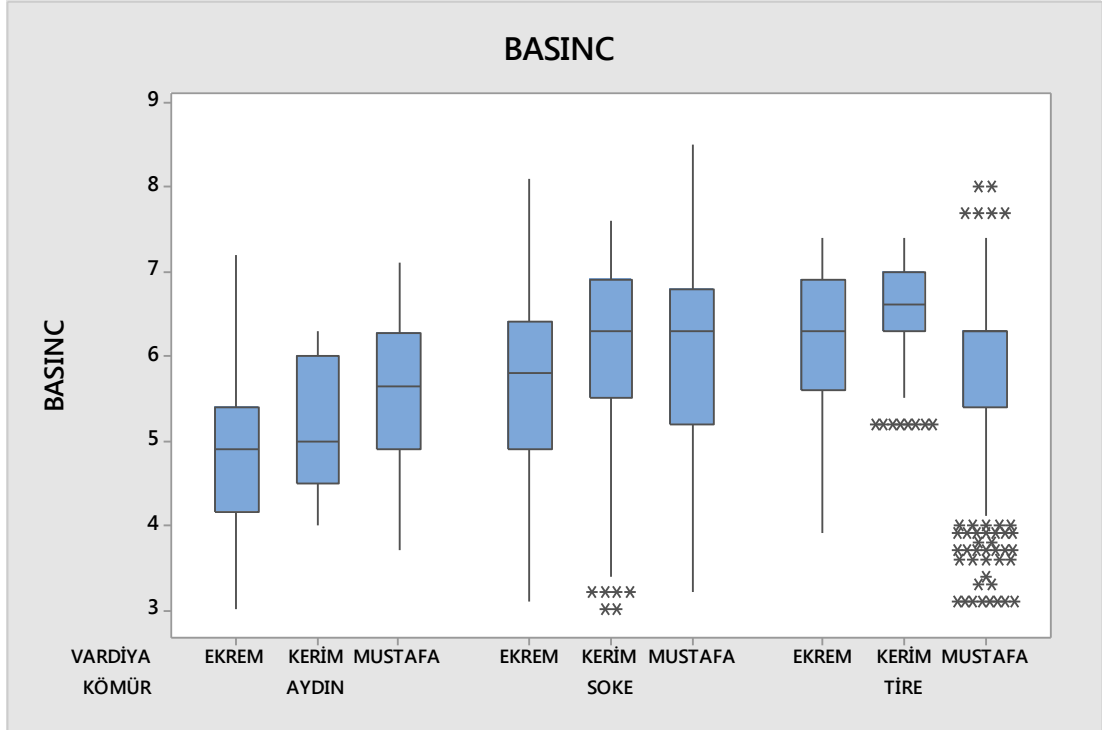
Şekil 2.37 Vardiya arası buhar tüketim miktarı (buhar kg / kw Elektrik).

Operatörler arası farklılık da gözükmemektedir. Şekil 2.38 de otomasyonda tek tip parametre kullanılarak her operatörün eşit şartlarda çalışması ölçülmesi sağlanmıştır. Dolayısıyla operatörler arası farklar azaltılmıştır. Otomasyonda yapılan değişiklikler, operatörlere verilen eğitimler, sistem çalışmasında yapılan iyileştirmeler ile her bir operatörün aynı şartlarda çalışması sağlanmıştır. Verimlilik açısından da operatöre bağlılık en aza indirilerek insan faktörü minimize edilmiştir. Verimlilik bir üst kademeye çıkartılmıştır.

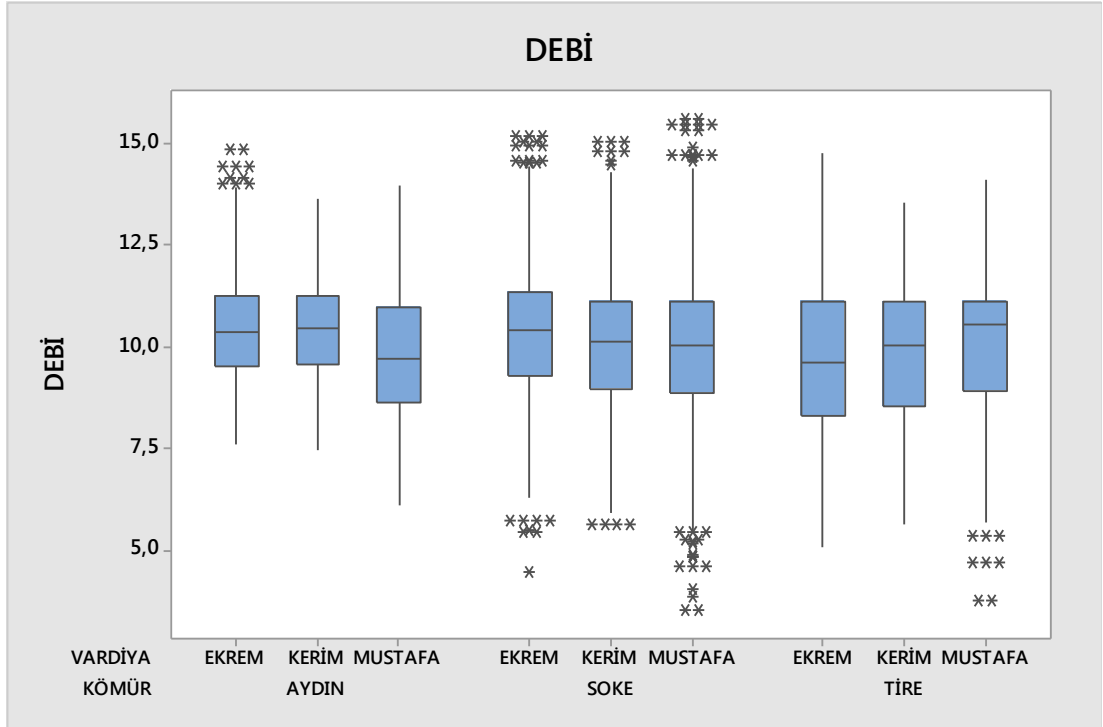


Şekil 2.38 Operatörler arası her bir vardiyada üretilen buhar miktarı(kg)

Operatörler arasında performans dikkate alındığında bir fark gözlenmemiştir. Yapılan iyileştirmeler ile akışkan yataklı kazan sistemi standart çalışma şartları getirilmiştir. Operatörden bağımsız bir işletme şartları oluşturulmuştur. Bunun sonucunda da girdi ve çıktı parametrelerinin kontrolü kolaylaşmıştır. Verimli bir kazan çalışma şartları oluşturulmuştur.



Şekil 2.39 Yöre kömürlerinin kullanılmasında operatörler arası fark (bar)



Şekil 2.40 Yöre kömürlerinin kullanılmasında operatörler arası fark (kg/h)

Farklı iki yöre kömürünün kullanılmasında operatörler arasında fark olmadığı gözlenmiştir. Her operatör iki kömür tipinde de aynı debi-basınç aralığında kazanı işletmiştir. Şekil 2.39 ve Şekil 2.40 yüz vardiyada alınan verilerin incelenmesi ile bir analiz yapılmıştır. Dolayısıyla farklı yöre kömürlerine göre verilen standart ayarlar ile daha verimli kazan işletme şartları oluşturulmuştur ve bunun sonucunda daha verimli max performanslı bir çalışma sağlanmıştır.

2.4.6 Yöre Kömürlerinin Kalori İncelemesi-Kıyaslama Tablosu

Buhar üretiminin arttırılmasında esas faktörlerden olan kömür ve hava fanları arasında ilişki incelenmiştir. Çeşitli yörelerden alınan kömürlerde yapılan deneylerde aşağıdaki Şekil 2.24 sonuçlara varılmıştır. Söke yöresi ve Tire yöresi kömüründe, çok daha düşük fan devirlerinde, işletme şartları istenen düzeylerde sağlanmıştır. Bu bölge kömürlerinin ergime dereceleri yüksektir. Dolayısıyla düşük fan devirlerinde bu yöre kömürleri kullanılmaktadır. Kazan yatak kumu tam akışkan olmamasına rağmen bile kömür ergimesi olmamaktadır. Sağlıklı bir kazan çalışma şartları sağlanmaktadır. Fakat Aydın yöresi kömüründe daha yüksek fan debilerinde kazan işletmesi yapılabilmektedir. Aydın yöresi kömürünün ergime derecesi daha düşük olduğundan dolayı düşük fan devirlerinde kömür ergime sıcaklığına ulaşmaktadır. Kazan yatak akışkanlığı bozulmaktadır. Ergime derecesi düşük kömürlerinin kazanlarda kullanılmasında kömür kazanı verimi düşmektedir.

Bütün deneylerde kullanılan toz kömür numunelerinin deney sonucu aşağıda verilmiştir. Aralık 2013 tarihinde yapılan toz kömür analizleri sonucunda;

Aydın yöresi, toz (0-3mm) ve orijinal kömürdeki kül yüzdesinin fazla olması nedeni ile yataktan alınan kül miktarı ile siklon yükü çok fazladır. Kül boşaltma işçiliği çok yüksek olmaktadır. Kazan yanma yatağına ebat dışı kömür girişi olursa yatakta bloklaşma ve yapışma başlamakta, kazan arızaya geçmektedir. Yeniden devreye giriş 5-8 saat almaktadır. Üretim kaybı ve verimlilik kaybı olmaktadır. Kömür ocaktan çıkarılırken stok alanında bol miktarda taş-toprak kömür olmayan maddeler ile karışarak gönderilmektedir. İyi bir ayrıştırma yapılmadan maden

ocağından tüketiciye gönderilmektedir. Bu karışım kullanıldığında yatak yoğunluğunun artış olmaktadır. Ve yatak kumu karışımını için daha yüksek hava fanı değeri gerekmektedir. Kül ergime derecesi diğer kömürlere göre daha düşüktür. Bu özelliğinden dolayı daha yüksek hava fan debilerinde yanma işlemi gerçekleşmektedir. Buda enerji kaybı ile verimsiz bir kazan çalıştırması olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tablo 2.24 Yöre kömürlerinin kalori değerlerinin kıyaslaması

Sıra No	Analiz Özellik	Aydın Yöresi	Söke Yöresi	Tire Yöresi
1	Alt Isıl Değeri	3000 Kcal/kg	3261 Kcal/kg	4066 Kcal /kg
2	Ebat	Tane boyutu 0-10 mm içindeki 0-3 mm tane boyutu toplam kömürün %40-50 arasındadır.	Tane boyutu 0-10 mm içindeki 0-3 mm tane boyutu toplam kömürün %25-35 arasındadır.	Tane boyutu 0-10 mm içindeki 0-3 mm tane boyutu toplam kömürün %10-15 arasındadır.
3	Nem %	%12,06	%23,77	%14,29
4	Kül%	%37,5	%21,92	%9,82
5	Uçucu Madde	%26,47	%28,49	%44,14
6	Bağlı Karbon	%23	%22,49	%28,16
7	Toplam Kükürt	%0,97	%3,33	%3,59

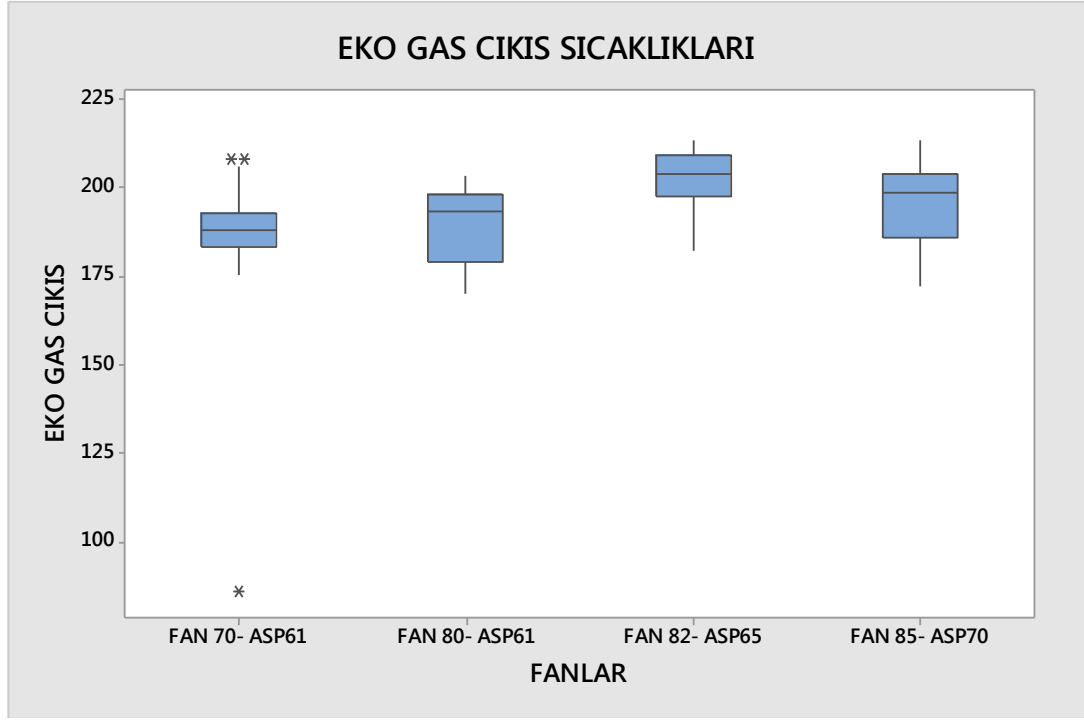
Baca gazındaki SO_2 miktarı diğer kömürlere göre çok düşüktür. Baca gazı kükürt salınımını azaltmak için bacaya yıkamasında kullanılan kostik miktarı daha az olmaktadır. Kostik (NaOH) tüketimi azalmaktadır. Stoklama ve paçal yapma hataları nedeni ile her kamyonadaki kömür özellikleri değişmekte ve operatörün ayar tutturması güçleşmektedir. Bu yöreden tedarik edilen kömür için işletme şartları 6-8 Bar. 9-10 t/h buhar kapasitesinde; kömür hızı %20-26, yakma havası %85 (90 kw-h), baca gazı aspiratörü %65 (55 kw-h) değerlere ulaşılmaktadır.

Söke yöresi kömürün toz ve kül miktarı Aydın yöresi kömürüne kıyasla daha az olması nedeni ile kül işçiliği daha azdır. Kömür toprak ihtiva etmemektedir. Bu nedenlerle (kömür ebat artışlarında dahil) yatak yapışması ile karşılaşmamaktadır. Kül ergime derecesi daha yüksektir. Kükürt oranı yüksek olduğundan baca gazı yıkamasında kullanılan kostik (NaOH) miktarı artmaktadır. Söke yöresinden tedarik edilen kömür için işletme şartları 6-8 Bar, 9-10 t/h buhar kapasitesinde; kömür hızı %14-18, yakma havası %70 (90 kw-h), baca gazı aspiratörü %65 (55 kw-h) değerlere ulaşılmaktadır.

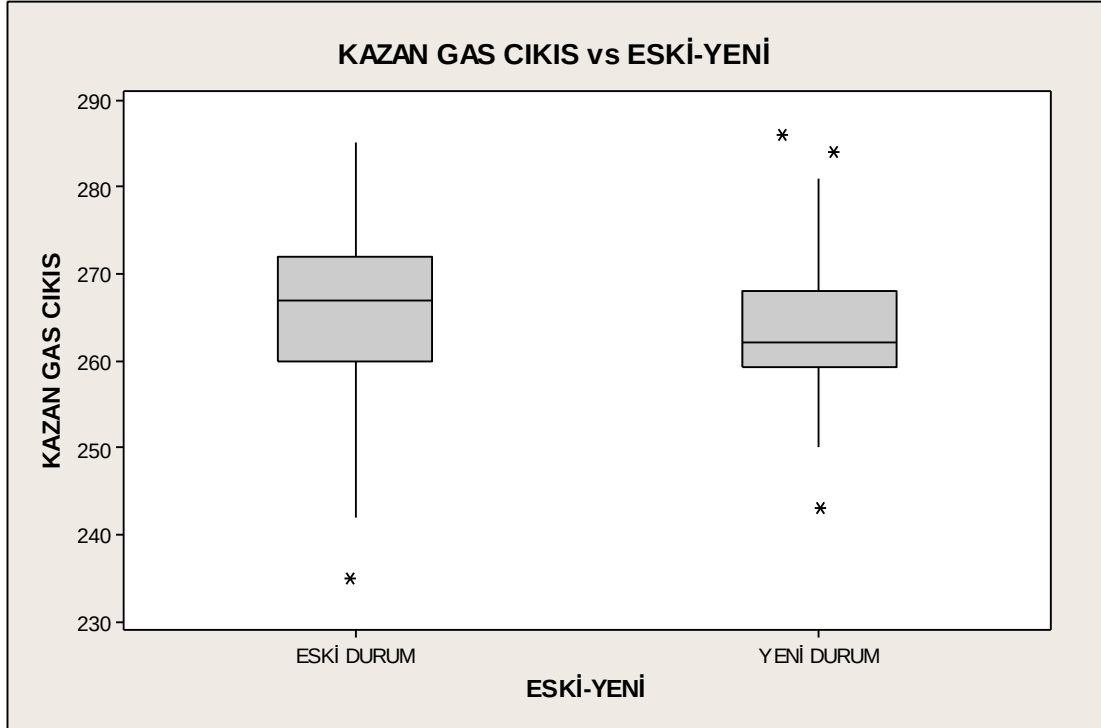
Tire yöresi kömür için toz ve kül oranları ideal değerlerde olup, operatör için kolay işletme şartları olan bir kömür niteliğindedir. Yatak yapışması olmamaktadır. Kül ergime derecesi yüksektir. Kükürt oranı yüksek olduğundan baca gazı yıkamasında kullanılan kostik (NaOH) miktarı artmaktadır. Gelen partilerde kömür özellikleri değişmemektedir. Bu yöreden tedarik edilen kömür için işletme şartları; 6-8 Barg, 9-10 t/h buhar kapasitesinde; kömür hızı %12-16, yakma havası %70 (x90 kw-h), baca gazı aspiratörü %65 (x55 kw-h) değerlere ulaşılmaktadır.

2.4.7 Kazan Baca Gazı Kayırları

Yüksek fan debilerinde, %82 taze hava fanı ve %65 aspiratör fanı çalışma şartlarında 200 °C üzerinde baca gazı çıkış sıcaklığı oluşmaktadır. Buda işe dönüştürülmeyen ısı enerjisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Isı transferi tam olarak yapılamadığından dolayı baca gazı çıkış sıcaklıkları yüksek durumdaydı. Bu sıcaklıklar fan hızlarının düşürülmesi ile 20-30 °C aşağılara çekilerek bacadan atılan ısı, işe dönüştürülmüştür. Şekil 2.41 de deney tasarımı yapılmıştır. Çeşitli taze hava fan hızlarına bağlı olarak baca gazı sıcaklıkları ölçülmüştür. Ekonomizer sistemi sonrası gaz çıkışları sürekli olarak ölçülebilmektedir. Burada fan hız düşmesine bağlı olarak gaz çıkış sıcaklığı da düşmektedir.

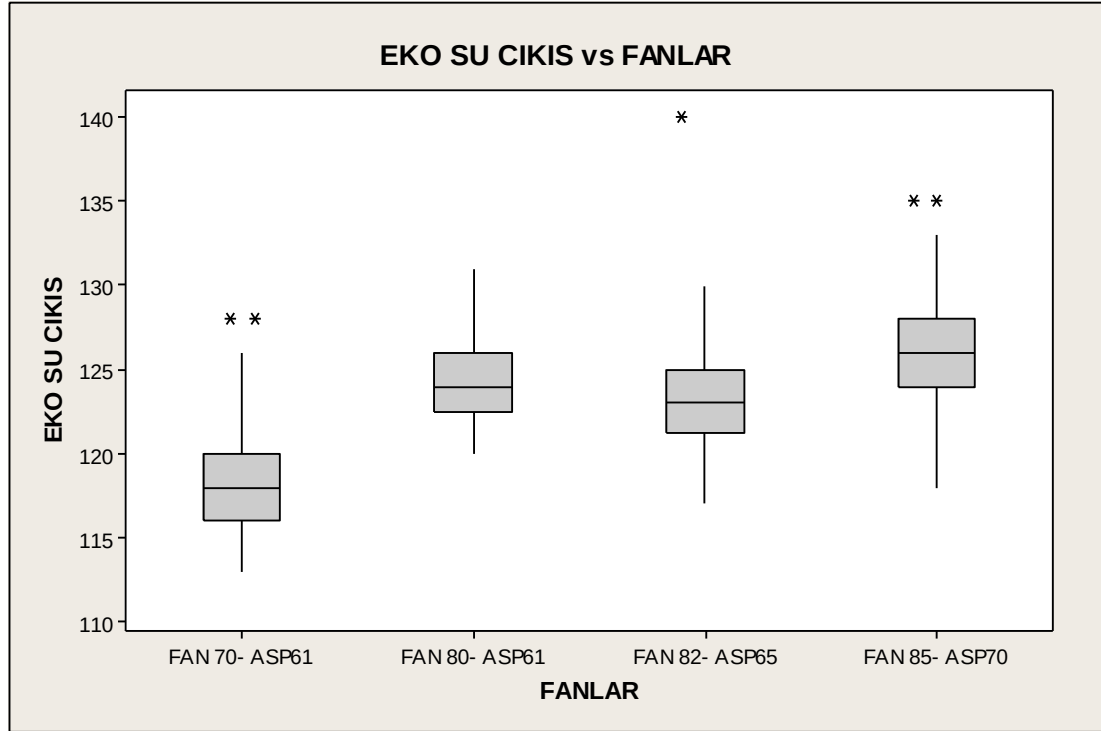


Şekil 2.41 Ekonomizer sonrası baca gazı çıkış sıcaklıkları



Şekil 2.42 İyileştirmelerden sonra ve öncesi Baca gazı çıkış sıcaklıkları

Şekil 2.42 da , %70 fan hızında elde edilen kazan gaz çıkış sıcaklıklarında da düşme gözlenmektedir. Burada da ısı transferinin suya(buhara) çok daha iyi yapıldığı anlaşılmaktadır.



Şekil 2.43 Çeşitli fan-aspiratör çalışma şartlarında ekonomizer çıkış sıcaklıkları

Taze hava fan debilerinin düşürülmesi ile ekonomizerden gelen besi suyu sıcaklığının da düştüğü gözlenmiştir. Şekil 2.43 de taze hava fanı %70 ve aspiratör %61 oranlarında çalışmasında da 115-120 °C civarında besi suyu sıcaklığı ölçülmüştür. Fan hızlarını azaltılması ile baca gazı sıcaklıkları azalma gösterdiğinden ekonomizerden geçen besi suyu sıcaklığında da düşme gözlenmiştir. Ekonomizer toz tarafı kontrol edildiğinde toz birikmesi veya bir kirlilik gözlenmemiştir. Su tarafı kontrol edilememektedir. Her hangi bir adam giriş yeri yoktur. Dolayısıyla su aşamada su tarafında kireçlenme oluşumu kontrolü yapılamamaktadır. Skoç kazan kontrolünde herhangi bir kireçlenme gözlenmemiştir.

Toz tutma siklon yüzey sıcaklığı yaklaşık olarak 150 °C civarındadır. Burada Alt kısımdan başlanarak bir izolasyon yapılarak elde edilen tasarruf kontrol edilmelidir. Bu yüzey üzerine yapılacak olan su ceketini ile sıcak su elde edilebilir. Fakat

ekonomizer performansında düşme gözlenmesi söz konusudur. Sadece izolasyon ile ekonomizer performansı artabilir.

2.4.8 Kazan Blöf Kayıpları

Kazan suyu iletkenliğini 6000 μ simens civarında tutmak için kazan otomatik blöf sistemi takip edilmiştir. Blöf edilen su miktarı ve besi suyu miktarları ölçülmüştür. Buhar sayacından geçen buhar miktarı ile kazan besi suyu miktarı ölçüldüğünde % 70 oranında kazan kondens suyu geri kazana dönmektedir. Kazana giren besi suyunun sertliği yaklaşık olarak 40 fransızdır. Toplam alkalite yaklaşık olarak 400 ppm. civarındadır. Günlük olarak % 70 olarak kondens dönüşü vardır. Besi suyu iletkenliği 700 μ s ortalaması 50 ton /gün olmaktadır. Günlük 200 ton buhar üretimine her gün 700 μ s olarak su takviyesi edildiğinde kazan suyu iletkenliği çok hızlı olarak 10.000 μ s değerinin üzerine çıkmaktadır. Kazan iletkenliğin düşürülmesi için günlük olarak 20 ton civarında kazan blöfü yapılmaktadır.30 ton civarında da açık buhar kullanılmaktadır. 20 ton 100 °C civarı suyun sıcaklığı, ortam sıcaklığı 25 °C olarak kabul edersek, $Q=20000 \times (100-25)= 1500\ 000$ kcal/gün olarak enerji kaybı oluşmaktadır. Burada yüzey blöf miktarını azaltmak için ozmos sistemi kurularak besi suyu iletkenliğinin 30 μ s civarına düşürülmesi gerekmektedir. Dolayısıyla kazan blöf miktarları %2-3 civarlarına düşürülebilir. %5-7 arasında enerji tasarrufu sağlanabilir. Buharın kullanıldığı, işe dönüştürüldüğü noktadaki eşanjörlerdeki kaçaklar sekonder devreden geçen kazan suyuna iletkenlik olarak katılmaktadır. Dolayısıyla eşanjör kaçaklarının sisteme girdiği zaman yüzey blöf miktarı daha da artmaktadır. Günlük blöf miktarları %15 civarlarına ulaşmaktadır. Enerji kayıplarını %3 civarlarında %15 mertebelerine çıkartmaktadır. Burada günlük üretilen 200 ton buharın 6 ton civarının direk olarak dışarı atılması demektir.3000 kcal/kg lik bir kömür kullanıyorsak günlük olarak 1,25 ton/gün civarında kömürü iş üretmeden sokağa atılması anlamına gelmektedir.%3 lük bir enerji verimliliği tasarrufu ile 450 ton kömür, 135 TEP kazanç yüzey blöf kontrol altına alınması ile sağlanabilmektedir.

2.4.9 Vana Ceket Ve Buhar Hatları İzolasyonu Uygulamaları

Buhar vanaları, flanşlar, boru tesisat, kondenstop ve tesisat borularının üzerinde ısı kayıpları olmaktadır. Bu durum da içinden geçen akışkanın sıcaklığına bağlı olarak ısı kayıplara neden olmaktadır. Sıcak akışkan geçen yüzeylerin izolasyonlarının yapılması gerekmektedir. Radyasyon ve konveksiyon ile ısı kayıpları oluşmaktadır. Vana ceket uygulaması ile ceket yüzeyi üzerinde oluşan sıcaklık 25-35 C arasında düştüğü gözlenmiştir.

Kısaca bu kayıpları hesaplarsak, vana yüzeyinden konveksiyon ve radyasyon ile oluşan kayıp hesabı;

Lrk	:Radyasyon ve konveksiyon ile oluşan ısı kaybı; W/h
T yüzey	:Yüzey noktasındaki sıcaklık; 8 Bar, 173 C
T ortam	:Ortam sıcaklığı; 25 C
E	:Emissivite Katsayısı; 0,98
B	:Yüzeye bağlı katsayı; 1,45
Uc ; Ur	:Isı geçiş katsayısı; W/m ² °C
A	:Alan m ²

$$Lrk = (Ur + Uc) \times A \times (Tyüzey - Tortam)$$

$$Ur = \frac{Ex5,67}{Tyüzey-Tortam} \times \left(\left(\frac{Ty}{100} \right)^4 - \left(\frac{To}{100} \right)^4 \right) \quad (2.8)$$

$$Uc = B \times (Ty - To)^{0,25}$$

$$Q = watt \times 0,860 Kcal/h$$

Tablo 2.25 Çeşitli fan-aspiratör çalışma şartlarında ekonomizer çıkış sıcaklıkları

Vana Tipi	DN 25	DN32	DN40	DN50	DN65	DN80	DN150
Vana Adedi	15	25	40	60	40	125	7
Yalıtım Öncesi kayıplar (W)	652 W	790W	1003 W	1302W	1628W	1836W	3412W
Yalıtım sonrası kayıplar (W)	22W	27W	35W	45W	56 W	64W	119 W
Kazanç (W)	-629W	-762W	-967W	1256W	-1571W	-1772W	-3292W

Analiz fabrikada bulunan vana sayılarına bağlı olarak kazanç yukarıdaki Tablo 2.25 da verilmiştir. Kömür kazanı uygulamasında saatte 8 ton buhar üreten bir kazanda, işletme içerisinde bulunan vanalardaki ısı kayıpları aşağıdaki gibi hesaplanır. Burada vana adedi ve izolasyon kazançları hesaplandığında, vana adetleri ile orantılı olan kazanç miktarı dikkate alındığında; 450000 W kazanç olmaktadır. 387000 kcal /h kazanç; 0,7 ton/h olarak ta bir buhar kazancı olmaktadır. Yıllık olarak 1032 ton kömür, 309 TEP kömürden kazanç olabilmektedir.

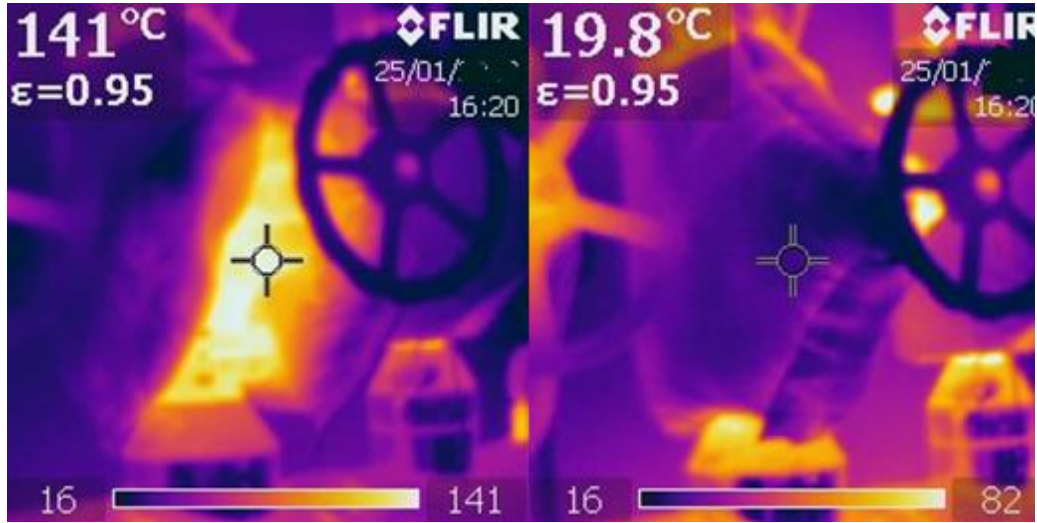


Şekil 2.44 Vana çeketi uygulaması

Vana çeketi ile izolasyon işleminde flanşlar komple kapatılacak şekilde sarılmalıdır. Şekil 2.44 ve Şekil 2.45 bu uygulamanın nasıl olması gerektiği konusunda bir fikir vermektedir. Vana flanşları tam olarak sarılmaz, izolasyon yapılmazsa izolasyon kayıpları devam edecektir.



Şekil 2.45 Vana çeketi ile izolasyon örnekleri



Şekil 2.46 Vana çeketi iç ve dış yüzey sıcaklığı

Şekil 2.46 te 8 bar, 173 °C de çalışan bir buhar vanası izolasyon yapıldıktan 1 saat sonra açılarak termal kamera görüntüsü alınmıştır. Burada çeket yüzeyi 20 °C olurken vana iç sıcaklığı 141 °C civarlarında olduğu görülmektedir.



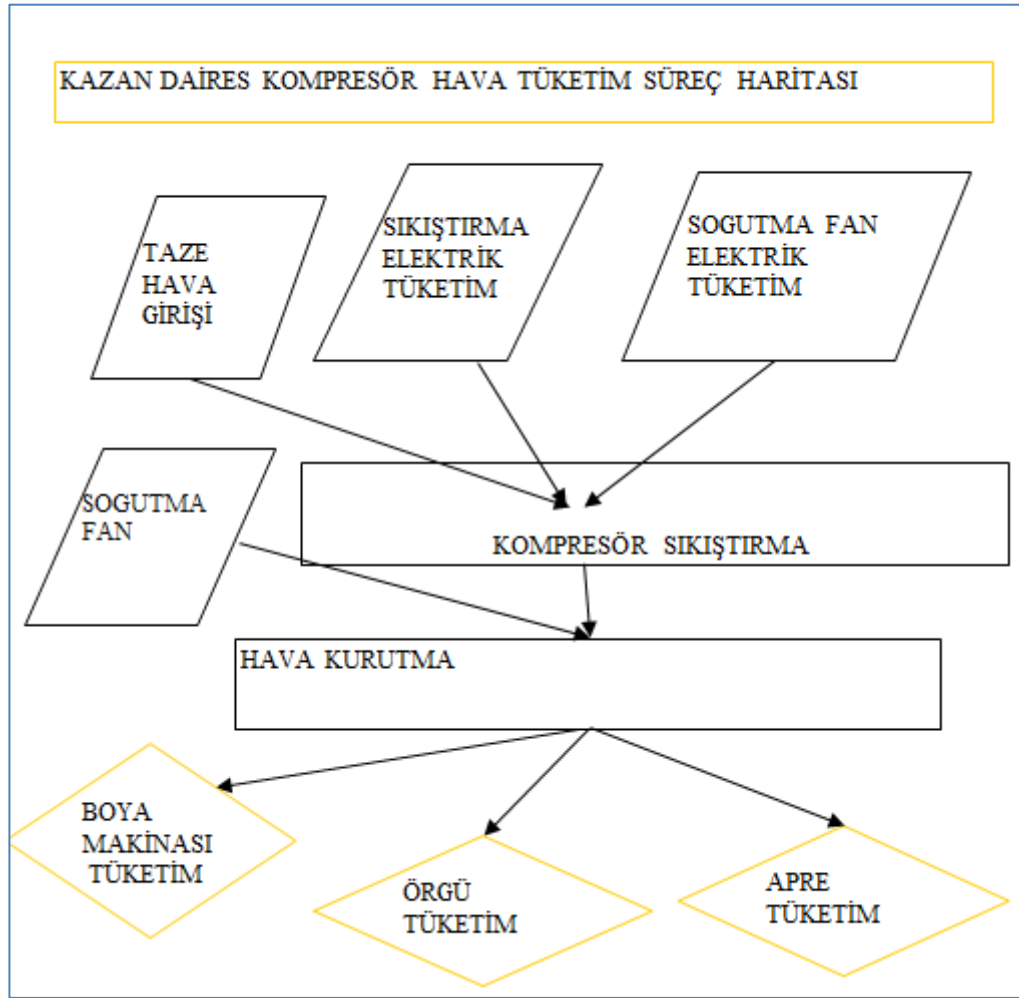
Şekil 2.47 İzolasyonsuz borularda ısı kayıpları

Yukarıdaki Şekil 2.47 de termal kamera görüntüsünde izlasyon yapılmış hatlar soğuk mavi, izolasyonsuz kısımlarda sıcak kırmızı şeklinde gösterilmiştir. 65°C yüzey sıcaklığı görülmektedir.İzolasyonlu kısımlarda çok daha düşük sıcaklıklar da ısı kayıplara oluşmaktadır. Buhar hatlarını da %100 olarak izolasyonu yapılmalıdır.

2.5 Basınçlı Hava Sistemleri

Örnek olarak çalışma yapılan fabrikada işletmenin ihtiyacı olan 8 bar ve 10 bar basınçlı hava üretilmektedir. Basınçlı hava üretimi için, 8 bar hava üretimi için, 55 kw-h (10 m³/dak), 2 adet x30 kw-h (2 x 5 m³/dak), 1adet Boge S40 ve imgeron kompresör kullanılmaktadır. 10 bar hattı olarak da Ga15(1,5 m³/dak),Ga22 (2,2 m³/dak) kompresörler fabrika sıkıştırılmış hava ihtiyaçlarını karşılamaktadır.

Fabrika da üretilen sıkıştırılmış hava ile ilgili olarak Şekil 2.48 süreç haritası oluşturulmuştur. Sıkıştırılmış hava verimlilik incelemesi 2 aşamada yapılmasına karar verilmiştir. Birinci aşamada kompresör kısmı ve ikinci aşamada da tüketim noktaları incelenmiştir. Tüketim noktaları olarak boya makinaları, örgü makinaları, apre tüketim noktaları incelenmiştir.



Şekil 2.48 Kompresör hava sıkıştırma süreç haritası

Bu bölümde kg kumaş başına düşen hava tüketiminin azaltılması amacıyla analizler yapılmıştır. Kompresör çalışma sayaçları, elektrik sayaçları, aylık örgü kg miktarları ve boyahane üretimlerini takip altına alınarak incelenmiştir. Makro süreç şeması detaylandırılmış ve süreç haritası oluşturulmuştur. Süreç haritası takip edilerek sebep sonuç matrisi Tablo 2.26 oluşturulmuş ve basınçlı hava tüketim noktaları belirlenmiştir. Burada hava üretimine girdi olan kompresör tipi, hava hatları hava nemi, ortam sıcaklıkları, tüketim noktaları incelenmiştir.

Tablo 2.26 Sıkıştırılmış hava da enerji tasarrufu-sebepler sonuç matrisi

NEDEN KÖK ANALİZİ			
Potansiyel Kök Neden		Test ile araştırılacaklar	Sonuçlar/Karar
1	Emniyet tedbirleri	Max kapatma basınçları araştırılacaktır.	Max kompresör basınçları kontrol edilecektir.
2	Kompresör istasyonunun etkisi var mı?	Yerleşim bölgesinin sıcaklık değişimi incelenecektir	Hafta boyunca sıcaklıklar ölçülerek kayıt altına alınacaktır.
3	İstasyon büyüklüğünü hesapla	Basma hatlarının yeterliliği araştırılacaktır.	Basınc düşümü incelenecektir
4	Isı geri kazanım etkisi var mı	Isı geri kazanım yöntemleri araştırılacak	Kompresör soğutma hava sıcaklıkları ölçülecektir
7	Spesifik Enerji Tüketimleri	Elektrik sayacı bağlayıp elektrik tüketimi hesaplanması yapılacaktır.	1 kw elektrik ile elde edilen hava miktarı araştırılacaktır. Diğer makineler ile karşılaştırılacaktır.
8	Düşük Basınc Kullanımı	Hat basıncı düşürülerek tasarruf gözlenmeli.	Hat basıncı düşmesi ile çekilen amperlerde ne kadar değişim olmaktadır.
9	Kompresör hattındaki voltaj düşümü	Düşük Volataj yüksek Enerji tüketimi oluşmaktadır.	Elektrik motorunun performansı yapılan inceleme sonucu karar verilecektir.
10	Tam yükte ve bosta çektikleri amperler	Amper kontrol	Tam yükte ve boşa çalışma performansı kontrol edilecektir.
13	Hatlarda basınc kayıpları var mı	Hava hattı basınc kayıpları kontrol edilecektir	Manometer kontrolü yapılacaktır. Fabrika her noktası kontrol edilecektir.
14	Hava hatları kontrol	Boru çap kontrol edilecektir.	Hava hatları boru çap analizi yapılarak basınc düşüm ve verim kayıpları incelenecektir.
15	Su tahliye şartları	Su tahliyeler hava kacırıyorsa	Hava tüketim miktarı kontrol edilecektir
16	Kurutucu Basınc kayıpları	Kurutucu giriş ve çıkış basınc kayıpları bakınız	Manometrik basınc kayıp.
17	Filtre takılı kayıplar	Kurutucu filitreleri kontrol edilerek buradaki basınc kaybı kontrol edilecektir	Manometrik basınc kontrol
18	Hava şartlarının etkisi	Havaların serin olması hava üretim miktarı üzerindeki etkisi	Sıcaklık ölçümleri yapılacaktır.
19	Hava emişler nem-rh- sıcaklık	mevsimlere bağlı	Girdiyi dikkate alıyoruz.

Emniyet Tedbirleri

Kompresör otomatik çalışma basınçları ölçülmüştür. Şekil 2.27’de burada alt kompresör basınç ve üst kompresör basınç değerleri bulunmuştur. Hava hattının basıncı düştüğünde devreye girdiği ve basınç yükseldiğinde devreden çıktığı basınç değerleri ölçülerek mevcut otomatik emniyetli çalışma değerleri tespit edilmiştir.

Tablo 2.27 Kompresör alt ve üst basınç ayar tablosu

İyileştirme Önceki Durum	Üst Basınç Limit (Bar)	Alt Basınç Limit (Bar)
GA55	7,5	6,1
GA30 SUN	6,6	6
GA30 EKO	6,8	6
BOGE S40	6,8	6,6
İMGERSON	6,6	5,8

Üretim sisteminde örgü makinaları 4 barda çalışmaktadır. Yaylı on-off çalışan vanaların kullanımı için de mim 4 bar basınç yeterli olacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla fabrika içerisindeki hava tüketim noktalarına göre hava basınçlarının ayarlanması doğru olacaktır. Sistemde kullanılan 8 bar hava hattının basıncı düşürülmüştür.

Düşük Basınç Kullanımı

Düşük basınç kullanımı ile enerji tasarrufu yapılması planlanmıştır. Kompresörlerin tam yükte çektiği amperler kontrol edilmiştir. Burada basınç değeri düşürülerek enerji tasarrufu sağlanması planlanmıştır. Sistem buhar vanaları 3 barda, alfanox su vanaları 4 barda, örgü makinaları 4 barda çalışmaktadır. Hat basıncını 8 bara yükseltmeye gerek yoktur.

Tablo 2.28 İyileştirme öncesi- sonrası kompresör çalışma aralıkları

	İYİLEŞTİRME ÖNCESİ		İYİLEŞTİRME SONRASI	
	Üst Limit	Alt limit	Üst Limit	Alt limit
GA55	7,5	6,4	6,1	5,6
GA30 SUN	5,6	5	5	4,3
GA30 EKO	5,8	5	5,1	4,3
BOGE S40	6,8	6,6	6,2	5,9
İMGERSON	6,6	5,8	5,9	5,1

Şekil 2.28 de gösterildiği gibi daha düşük üst basınç yeterlidir. Kompresör yükte ve boşta çalışma aralıkları 0,5 bar ve 1 bar fark olacak şekilde ayarlanmıştır. Bu basınç düşürme değişimleri ile kazanılan kw-h elektrik miktarı aşağıda hesaplanmıştır. Tablo 2.28 kompresörlerin boşta ve yükte çektiği amper miktarları ölçülmüştür. Her basınç değerinde amper cinsinden çektiği akım miktarları ampermetre ile ölçülmüştür.

Örnek fabrikada mevcut kompresörlerden 3 adedi sürekli olarak sistemde online olarak 8 bar hattında çalışmaktadır. 2 adet kompresör de 10 bar hattında çalışmaktadır. 8 bar hattında çalışmakta olan Ga55, Ga30, Boge kompresörlerinin basınç düşümü ile enerji tasarrufu hesaplandığında

Ga55 7,5 barda 110 amper değerinden 6,1 bar101 amper değerine düşmüştür. Aynı zamanda Boge 30 kw-h elektrik motoru ile çalışmaktadır. Burada da 6,8 bardan 6,1 bara basınç düşümü ile 58 amper den 56 amper değerine düşürülmüştür. Çok basit bir hesaplama yöntemi ile yaklaşık olarak tasarruf miktarı aşağıda verilmiştir.

Ga 55 Kompresör için	:110 amp-101 amp	=9 amp tasarruf
Ga30 EKO Kompresör için	:68 amp-63 amp	=5 amp tasarruf
Boge Kompresör için	:68 amp-56 amp	=2 amp tasarruf

Tablo 2.29 Kompresörlerin çeşitli basınçlarda çektiği akım miktarları(ampere).

Makine Adı	Bar	Amp.	Volt	Boşta Çalışma	Sogutma Fan Amper
GA 55-55 kw-h	7,50bar	110,00amp	358V	28 amp	4,30amp
	6,10bar	101,00amp	358V		
	6,00bar	99,50amp	362V		
	5,50bar	97,00amp	362V		
	5,00bar	96,00amp	362V		
	4,50bar	94,00amp	362V		
BOGE-30 kw-h	6,8 Bar	58,00amp	358V	22 amp.	1,60amp
	6,10bar	56,00amp	358V		
	5,50bar	55,60amp	362V		
	5,00bar	54,00amp	362V		
	4,50bar	52,00amp	362V		
GA30 EKO-30 kw-h	6,00bar	70,00amp	358V	28 amp	1,60amp
	5,80bar	68,00amp	358V		
	5,50bar	66,40amp	362V		
	5,10bar	63,00amp	362V		
	4,50bar	60,00amp	362V		

Buradan yola çıkılarak sadece bir Ga 55 kompresör için, yıllık çalışma saati 8000h olarak hesaplarsak; $4,5 \text{ kw-h} \times 8000 = 24000 \text{ kw-h}$ olarak enerji tasarrufu oluşmaktadır. Sadece bir kompresörde bu kadar kazanç sağlanmaktadır.

Kompresörlerin Tam Yük Basıncında ve Boşta Çektiği Amper Değerleri

Her bir kompresör hangi basınç değerinde ne kadar amper tükettiği ve buna bağlı olarak ne kadar enerji tükettiği tahmin edilmiştir. Hava basıncı ayarlanan üst limit basınca geldiğinde otomatik olarak klepe yön değiştirerek hava emmesini durdurur. Kompresörler hava sıkıştırmadan düşük enerji yüklerinde çalışırlar. Olası basınç düşümlerinde ani olarak devreye girmek için hazırda durumda çalışırlar. Kompresörler boşta çalıştıklarında ne kadar enerji tükettikleri tespit edilmiştir. Şekil 2.30'de Ga 55 ana kompresör 7 barda yükte 110 amper ve boşta da 28 amper elektrik tükettiği tespit edilmiştir. Bu yaklaşık olarak 14 kw-h enerji tüketimi demektir. Kompresör basıncına bağlı olmadan yağ soğutma fanının elektrik tüketimi de karşımıza çıkmaktadır. Kompresör iş üretmeden tükettiği enerjinin yönetilmesi de önem kazanmaktadır.

Tablo 2.30 Kompresörlerin boşta çektiği amper miktarları(amper).

Kompresör Türleri	BOŞTA	SOGUTMA FANI
GA 55	28amp	4,3amp
BOGE	22amp	1,6amp
GA30 EKO	28amp	1,6amp
GA30 SUN	22amp	1,9amp
GA15	18amp	FAN YOK
GA22	28amp	1,5amp

Burada kompresör üst ve alt basınç ayarları yapılmıştır. Bunu sonucunda kompresörlerin boşta çalışma süreleri ayarlanmıştır. Büyük güçlü kompresörlerin sürekli yükte kalması sağlanmıştır. Küçük güçlü kompresörlerin yardımcı kompresör olarak çalışması sağlanmıştır. Sisteme bağlanan bir cihaz ile motor start ve stop miktarları ölçülmüştür, üst ve alt basınç ayarları yapılarak etkisi gözlenmiştir. Yapılan ayarlama sonrasında Ga 55 %10 boşta çalışma durumundan %3 lük bir boşta çalışma durumuna düşmüştür. 8000 saat üzerinden çalışma saatine göre analiz

yapıldığında, tüm ayarlamalar sonucunda GA 55 yaklaşık %3 lük boşta çalışma durumuna indirilmesinde % 7-10 lik kazanç sağlanmıştır.

Ga 55 %7*8000* 28 amp = yaklaşık olarak 7840 kw / yıl

Ga 30 %7 *8000*28 amp =yaklaşık olarak 7840 kw/ yıl

Ga 22 %10*8000*28 amp =yaklaşık olarak 8800 kw/yıl lik bir kazanç sağlanmıştır.

Kompresör Hattındaki Basınç Düşümü(Voltaj –Amper İlişkisi)

Kompresör besleme enerjisi analiz edilmiştir. Besleme enerjisindeki amper ve voltajlar incelenmiştir, kompresörler tek başına çalışma durumunda 380 V elektrik enerjisi sağlandığı gözlenmiştir. Fakat kompresörlerin paralel çalışması durumunda 360 V ile 350 V arasındaki değerlere düşüş gözlenmektedir. Buradaki voltaj düşmesi aynı zamanda kompresörün tükettiği amper yükselmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Güç ihtiyacı sabit olduğuna göre burada ihtiyaç olunan akım artmaktadır, motor yükü artmaktadır, taşıyıcı kablolar da ısınmalara iletim hattı kayıplarına sebep olmaktadır. Aşağıdaki Tablo 2.31’de 380 volt proje hesap voltajının çalışma esnasında yetersiz alt yapı ile 360 Volt altına indiği gözlenmektedir. Bu gibi durumlarda bölgesel olarak voltaj ayarlaması yapılmalıdır. Düşük voltaj çalışması hem ısınma hem de aynı miktardaki iş için daha fazla enerji tüketilmesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tablo 2.31 Kompresörlerde voltaj amper ilişkisi

Makine Adı	Bar	Volt
GA 55-55 kw-h	7,50bar	358V
BOGE-30 kw-h	6,8 Bar	358V
GA30 EKO-30 kw-h	6,00bar	358V
GA30 SUN-30 kw-h	6,00bar	365V

Aynı zamanda sistemde çalışan kompresörlerin boşa çalışma elektrik tüketimlerini en az miktara indirmek için zaman ayarlı bir role ile kompresörlerin durdurulması sağlanabilir. Kompresör 3dk boyunca boşa çalışma durumunda kendini kapatma sistemi sayesinde boşa çalışmada harcanan elektrik miktarı azaltılmıştır. Kompresör kendini kapatmadan önce yağ sıcaklığının, 3 dakika içerisinde, 50-60°C geldiği tespit edilmiştir. Bu sıcaklığa ulaşma durumunda emniyetli olarak motor durdurma işlemi yapılması sağlanmıştır. Su soğutmalı kompresörde bu süre daha kısa olduğu tespit edilmiştir. Böylece kompresör mekanik ömürlerinde uzatılmıştır.

Kompresör Yağ Sisteminin Su Soğutma Üniteleri İle Soğutulması

Soğutma fanı yerine yağ soğutma eşanjörü yapılmıştır. Kompresör yağının soğutulması ile sıcak su elde edilmiş, üretimde kullanılan sıcak su sistemine katkıda bulunulmuştur. Elektrik harcanarak elde edilen yağ soğutma sistemi için kullanılan fan yerine, borulu esanjör sistemi montajı yapıldığında 100-110°C sıcaklıkta olan sıcak yağ, soğuk su ile soğutularak 85 °C yağ sıcaklığına getirilerek soğutma fanı kullanmadan hem yağ soğutması sağlanmakta hem de sıcak su elde edilmektedir. Isınan yağ sistemden çıkan ısı enerjisini soğuk suya ısı transferi yapılarak kazanca dönüştürülmüştür. 30 kw-h, 5 m³/h lik bir kompresöre montajı yapılan borulu bir ısı değiştirgeci ile elde edilen sıcak su ile ilgili deney sonuçları aşağıda Tablo 2.32 verilmiştir. Aynı deney şartlarında 3 adet deneme yapılmıştır.

Tablo 2.32 Kompresör sistem yağ sıcaklığının geri kazanılması

Parametreler	1.Deney	2.Deney	3.Deney
Kazanılan Kcal Enerji	23175	19782	13965
Su Debisi Kg/h	927	942	735
Su Giriş Sıcaklığı °C	19	19	19
Su Çıkış Sıcaklığı °C	44	40	38
Kompresöre Giriş Yağ Sıcaklığı	70 °C	66 °C	60 °C

Sistemde çalışan diğer kompresörler içinde ısı değıştirgeci takılması durumunda soğutma fanı elektrik tüketimleri olmayacaktır. Soğutma direk olarak soğuk su ile olacaktır. Bunun karşılığında sıcak su ve elektrik motoru çalışmadığından dolayı enerji tasarrufu sağlanacaktır. Aşağıdaki Tablo 2.33’da hesaplandığı gibi yıllık olarak 30000 kw-h / yıl bir elektrik tasarrufu planlanmıştır.

Tablo 2.33 Soğutma fanından geri kazanılan enerji miktarı

Makine Adı	Soğutma Fanı Çektiği Amper	Yıllık Soğutma Fanı Tüketimi (8000h Çalışmada) kw-h
Ga 55	4,3	17200
Ga 30	1,6	6400
Ga 22	1,6	6400

Bağıl Nem –Sıcaklık

Bağıl nem, hava sıcaklık, hava emiş incelemesi yapılmıştır. Hava bağıl nem miktarındaki fazlalık kurutucuların çalışma sürelerini arttırmaktadır. Hava sıcaklığındaki artış ise kompresör çalışma miktarını arttırmaktadır. Kompresör ortamının her zaman 20 °C altında tutulmasında fayda vardır. Yaz şartlarında kompresör çalışma saatleri ve buna bağılı olarak enerji tüketimleri iyi havalandırma olmaz ise artar. Mevcut şartlarda kapalı bir ortamda bulunan kompresörler açık alana taşınmıştır. Kompresör hava emiş ortamı yeterince büyük seçilmiş ve havadar bir ortam olması sağlanmıştır. Kompresör alanları yaz şartlarında hava sirkülasyonu çok olacak şekilde dizayn edilmiştir. Aynı zamanda kompresör yağ sıcaklıkları da ölçülmüştür. Havalandırmanın iyi olduğu ortamlarda kompresör çalışma yağ sıcaklığının düştüğü gözlenmiştir. Hava giriş sıcaklığına bağılı olarak hava tasarruf oranları teorik Tablo 2.34 olarak verilmiştir. Giriş hava sıcaklığı ortam hava sıcaklığından aşağıya düştükçe kompresör çalışma enerjisinden tasarruf saplanmaktadır

Tablo 2.34 Hava giriş sıcaklığına bağlı olarak hava tasarruf oranları teorik çalışma (Yalçın, 2012).

Giriş hava sıcaklığı °C	21 °C -1000m ³ Debi için gerekli hava miktarı(m ³)	21 °C Sıcaklığa göre % kw-h tasarruf Miktarı veya fazla tüketim	Tasarruf&Fazla tüketme
-1	925	7,50	Tasarruf
5	943	5,70	Tasarruf
10	962	3,80	Tasarruf
16	981	1,90	Tasarruf
21	1000	0	-
27	1020	1,90	Fazla Tüketim
32	1040	3,80	Fazla Tüketim
37	1060	5,70	Fazla Tüketim
43	1080	7,50	Fazla Tüketim
49	1100	9,50	Fazla Tüketim

Hava Depolama Tankları

Sistem kaçakları göz önüne alındığında 15 m³/dakika 5,5 bar hava debisi üretim için tank kapasitesi hesaplanacaktır. Buradan tank çap hesaplarına gidildiğinde hava talebinin değişken olması durumunda hesap yapıldığında;

V_r: m³ olarak tank hacmi

C : Kompresör çıkış değerleri 15 m³/dak

B: Bar cinsinden atmosfer basıncı 1 bar

P: Bar cinsinden çalışma basıncı

$$V_r = (C \cdot 3 \cdot B) / P$$

5,5 bar hattı için V_r = (15 * 3 * 1) / (1 + 5,5) = 7 m³ hava tankı ihtiyacı oluşmaktadır.

Sistemdeki tankı hacmi, 5,5 bar hattı için= 3 m³ tank bulunmaktadır. Burada ilave olarak hattımızın uzunluğu bulunmaktadır. Ve dolayısıyla 7m³ tank hacmi karşılanmaktadır.

Hava Hat Sisteminde Basınç Düşümleri

Fabrika genelinde basınç düşümü incelenmiştir. Kompresör sıkıştırma noktasından tüketim noktasına kadar olan hat durumu incelenmiştir. Burada hatlarda tesisattan dolayı ve kurutucudan dolayı yaklaşık olarak 0,3 bar düşüş gözlenmektedir.

Tablo 2.35 Hava hattı boyunca basınç düşümü

Kontrol Noktası	Boru Çapı İnc	Kompresör Basınç(Bar)	Kurutucu Çıkış Basınç(Bar)
Ht604	6	6	5,85
H605	8	6	5,89
H1251	8	6	5,89
H251	6	6,2	5,9
Ht1252	8	6,5	5,9
Anahat	8	6	6
Es402	8	6,2	5,95
Ht24	8	6,2	5,95
M602	8	6,2	5,95
Örgü	8	6,1	5,95

Kompresör Hava Kaçak Tespiti

Hava hattı ideal şartlarda hat uzunluğuna, bağlı olaraktan, dolayısıyla hat hacmine bağlı olaraktan basınç altına alma süresi vardır. Basınç altında eğer hava kaçağı olmadığı düşünülürse hiç basınç düşümü olmayacaktır. 130 noktada hava kaçak

tespiti yapılmıştır. Fabrika kapalı konumda iken Ga 55 kompresör çalıştırılmış ve hava hattı basınç altına alınarak kompresör üst limitte (max basınçta) kompresör kapatılmıştır. Ve her bir bar basınç düşümü için geçen süre tespit edilmiştir. Hat daha sonra tekrar basınca alınmıştır. Her bir bar basınç artışı için geçen süre tespit edilmiştir. Buradan yapılan hesaplamalar sonrasında 5 bardan 3 bara düşme esnasında geçen zaman aşağıda verilmiştir. Bir ay içerisinde hava kaçak miktarında artış ya da azalış olduğu tahmin edilebilir. Tablo 2.36 aybaşı ay sonu tarihlerinde 3 bardan 5,7 bara hat basıncı yükseltilmesi işleminde 8 dk olan süre 14 dakikaya çıkmıştır. Bu sonuçta bize hava kaçak miktarının arttığını göstermektedir.

Tablo 2.36 Hat hava kaçak ölçüm tablosu

Ay Başı Kontrol	6 dakika 55 saniye	5 Bardan 3 Bara basınç düşümü
Ay Sonu Kontrol	5 dakika 52 saniye	5 Bardan 3 Bara basınç düşümü
Ay Başı Kontrol	8 dk.	3 Bardan 5,7 Bar hat basıncı artış
Ay Sonu Kontrol	14 dk.	3 Bardan 5,7 Bar hat basıncı artış

Bu ölçümler sonrasında hava kacaklarının miktarı 30 kw-h civarında olduğu anlaşılmaktadır. Aşağıdaki formülden yola çıkarsak,

T: Yükte çalışma Süresi sn: Tekrar çalıştırılır ve aynı basınca gelme süresi sn

t: Yüksüz çalışma süresi: 1 bar düşme anındaki geçen süre sn

Q: kompresör kapasitesi: lt/sn

L: Toplam kacak miktarı lt/sn

İstaf edilen Güç= $L/3$ kw

$L=Q*T/(T+t)$

$L= 10*360/(187+360)=108$ lt/sn İstaf edilen Güç=30 kw-h elektrik sarfıyatı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tablo 2.37 Fabrika içerisinde tespit edilen hava kaçak noktaları

Sıra No	Delik Çapı	Bar	Makina Adı	Hava Hortum Çapı
1	3	8	Tras	4 mm
2	3	8	Tras	4 mm
3	1	8	S01	8 mm
4	2	6	Utu1	8 mm
5	2	6	Utu1	8 mm
6	2	6	Utu1	8 mm
7	3	6	Utu1	8 mm
8	3	6	Utu2	8 mm
9	2	6	Utu2	8 mm
10	3	6	Utu2	6mm
11	2	6	Dilmenler	Hava Tabancası
12	3	6	Dilmenler	8 mm
13	3	6	Dilmenler	8 mm
14	4	6	Dilmenler	10 mm
15	2	6	Dilmenler	6 mm
16	2	6	Dilmenler	10 mm
17	1	6	Dilmenler	4 mm
18	2	8	Santex	Hava Tabancası Ek Soketi
19	1	8	Santex	Ventil bölgesi 10 mm Hava Hortumu

Aşağıdaki Tablo 2.38 delik çapına bağlı olarak hava kaçak debisini ve bunu karşılığı olan enerji kaybını göstermektedir.

Tablo 2.38 Delik çapına bağlı hava kaçak debisi ve enerji tüketimi

Delik Çapı	Hava Kacağı	Sıkıştırma İçin gerekli Güç(6 bar)
1 mm	1 lt/sn	0,3 kw
3 mm	10 lt/sn	3,1 kw
5 mm	27 lt/sn	8,3 kw
10 mm	105 lt/sn	33 kw

Sonuç olarak, kompresörde sıkıştırılan hava için harcanan enerji miktarında azalma gözlenmiştir. Örgü makinelerinde hava ayarları 4 bar değerlerine getirilerek örme işleminin daha düşük basınçta yapılması sağlanmıştır. Bu işlem aynı zamanda apre ve boya makinelerinde yapılmıştır. Kompresör emişleri kontrol edilerek filtre temizlik zamanları ayarlanmıştır. Basınç çalışma üst değerleri 7,2 bardan 6,3 bara düşürülmüştür. Fabrika hava kaçak miktarı 40 kw-h den 5 kw-h miktarına düşürülmüştür. Fabrika genelinde boru çap analiz sonucunda hava basınç düşümüne rastlanmamıştır.

İyileştirmeyi Sağlayan Değişimin Özeti

- Kompresör üst basınçları düşürülmüştür.
- Fabrika genelinde hava kaçak miktarı düşürülmüştür.
- Hava emişlerindeki filtre değişim zamanları ayarlanmıştır.
- 10 bar ve 8 bar hattındaki bypass geçişi engellenmiştir.
- Fabrika genelinde hava tüketim basınçları ilgili olan yerlerde tam istenen değerlerde tutulmuştur. Örgü bölümü 4 Bar – ana hat 5,5 Bar.
- Kompresör yağı hava soğutmalı sistem yerine su soğutmalı sistem ile soğutulması yapılmıştır.
- Sistem blöfleri elektrik kontaklı ventil yerine kondenstoplu yapılmıştır.
- Kompresör yaz şartlarında ve kış şartlarında hava nem miktarı ölçülmüştür.

- Nem miktarının azalması, hem de çıkış sıcaklıklarını emme havasına etkisinin azaltılması için kuzey cephe üst kısım pencere yapılmıştır. İyi bir hava sirkülasyonu sağlanmıştır

Hava Kacakları : $30 \text{ kw-h} \times 8000\text{h} = 240000 \text{ kw /yıl}$ tasarruf gözükmemektedir.

Boşta Çalışma :Toplam 24200 kw/yıl boşta çalıştırmadan sağlanan kazanç olmuştur. Yapılan ayarlar ile boşta çalışma miktarı düşürülmüştür.

Basınç Düşüşü ile elde edilen kazanç $9 \text{ kw} * 8000 = 48\,000 \text{ kw-h/yıl}$

Kompresör yağ Soğutma Sisteminde su kullanıldığında ile 30000 kw-h kazanç sağlanmaktadır.

Toplamda yılda 342200 kw-h elektrik enerjisinden tasarruf sağlanmıştır. %3,1 oranında elektrik enerjisinden tasarruf sağlanmıştır.

BÖLÜM ÜÇ

SONUÇLAR

Tekstil sektöründe enerji girdisi ana maliyetlerden biridir. Yüksek enerji maliyetlerindeki artış, tekstil sektöründe enerji verimliliğinin önemini arttırmaktadır. Tekstil sektöründe enerji verimliliği çalışmaları düşük yatırım maliyetleri ile sürdürülebilmektedir. Bu proje tüketim noktalarında ölçümler yapılarak ve günümüz teknolojileri kullanılarak enerji tasarrufu yapılabileceğini gösterilmiştir. Düşük maliyetli yatırımlar ile enerji tasarrufların yöntem ve kazançları, yeni uygulanacak teknolojiler ile geri kazanım miktarları konusunda detaylı incelemeler bulunmaktadır. Gerçek maliyetler, enerji tasarruf ölçümleri, üretim sistemleri, üretim karakteristikleri ve bölgesel enerji girdileri bu projede incelenmiş elde edilebilecek tasarruf miktarları ölçümlere dayalı olarak verilmiştir.

Tekstil sektöründe enerjinin verimli kullanılması için ön çalışma yapmayı bekleyen birçok konu vardır. Bunlar arasında atık ısının ve atık suyun enerjisinin geri kazanılması, buhar ve hava kaçakları, yetersiz makine bakım çalışmaları yüzünden kaynaklanan enerji kayıplarının önlenmesi enerjinin verimli kullanılması adı altında analiz edilmeyi beklemektedir. Bu proje içerisinde incelenen örnek fabrikada yıllık olarak yardımcı tesislerde 6913 TEP (69130 Gcal) enerji tüketilmektedir. Kömür kazanında, buhar hatlarında, çeşitli tüketim noktalarında yapılan incelemelerde, 10 ayrı noktada toplam 940 TEP enerjinin geri kazanılabileceği ölçümler ile belirlenmiştir. 675 TEP küçük yatırım maliyetleri çerçevesinde uygulamaya geçirilmiş, tüketilen bu enerjinin %15 oranında geri kazanılması sağlanmıştır.

Apre kurutma fırınında yapılan analizler sonucunda 1485 TEP(14850 Gcal) yıllık tüketim olmaktadır. Atık baca gazında iyileştirmeler ile yapılan ölçümler sonucunda 445 TEP enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Fabrika elektrik tüketimi 928 TEP (10,8 Gw-h) olarak tespit edilmiştir. Basınçlı hava tüketimin ve aydınlatmada yapılan iyileştirmeler sonucunda 65 TEP tasarruf yapılmıştır, elektrik tüketiminden %7 oranında tasarruf sağlanmıştır.

Türkiye'deki birincil enerji kaynakları göz önüne alındığında ülkemiz dışa bağımlı durumdadır. Büyüme hızındaki artış, günlük hayatta kullanılan enerji miktarındaki artış, hem sanayide hem de evsel kullanımda enerjinin verimli kullanılması ihtiyacını ön plana çıkarmaktadır. Bu bağlamda sözgelimi kömür kazanında verimi arttırmak amacıyla uygulanacak yöntemler deneysel olarak incelenmiş, bu incelemelerde görüldüğü gibi enerjiden maksimum verimi elde etmek için uygulanacak işletme proseslerinin kazan veriminde önemli artışlar görülmüştür. Kazan işletme şartlarında değişiklik yapılmıştır, taze hava fan değeri %25 azaltılarak baca atık gaz sıcaklıkları azaltılmıştır. Hava fazlalık katsayısı ayarlanarak verimli yanma sağlanmıştır. 3000 kcal/kg kömür kullanılarak 1 kg kömür yakılması ile elde edilen buhar miktarı 4,18 kg dan 4,8 kg miktarına yükselmiştir. %14 lük bir iyileşme sağlanmıştır.

Konvansiyonel enerji kaymaklarının tüketilmesi küresel ölçekte etkileri mevcuttur, karbon salınımını arttırmaktadır. Karbon iznin azaltılması için alternatif enerji kaynakları araştırılmıştır.

Enerjinin arzından doğabilecek krizlerden korunabilmek için, dışa bağımlılığı azaltmak için enerji ihtiyacını bölgesel kaynaklardan sağlanması gerekmektedir. Rüzgâr ve güneş enerjisi olarak yenilenebilir enerji kaynakları incelenmiştir. Rüzgârgülü kullanılarak fabrika enerjisinin büyük bir bölümü sağlanabileceği gözlenmiştir. Fabrika çatısına güneş pili uygulanarak olan güneş enerjisinden elektrik elde edilebileceği araştırılmıştır.

Karbon salınımının artması ile alternatif enerji kaynaklarının kullanılması etkisi artmıştır. Güneş ve rüzgâr enerjisi temiz ve yenilebilir enerji kaynaklarının arasında ulaşılması kolay ve yaygın olanıdır. Bu çalışmada yapılabilecek enerji tasarruflarının göz önüne getirilmiş ve yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılarak sera gazı etkilerinin azaltılmasında yapılabilecekler araştırılmıştır.

Tekstil fabrikasının üzerine kurulacak bir güneş enerjisi ile çalışan ve fabrikanın elektrik enerjisi sarfıyatının azaltan bir solar panel sistemi yararlı olmaktadır. Çatı

üzerine kurulacak bir solar panel sistemi hem fabrikanın elektrik bir kısmını ya da tamamını karşılayacak hem de yıllık karbon salınımının düşürülmesini sağlayacaktır. Üstelik temiz bir enerji çeşidi olarak enerji çeşitlenmesini ve elektrik kesintilerinden etkilenmemeyi de beraberinde getirecektir.

Bugün güneş enerjisinin kısıtlı olduğu Avrupa ülkelerinde işletmeler yenilenebilir enerji kaynaklarından azami ölçüde yararlanmaktadırlar. Özellikle İzmir de güneş enerjisi potansiyeli hem maliyetleri karşılayacak çapta hem de şebekeye elektrik verebilecek potansiyele sahiptir. Bizim ele aldığımız Tekstil işletmesi örneğinde yılda 10,8 milyon kw-h elektrik tüketimi olmaktadır.

Böylece yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması hem ekonomiye hem de doğaya yarar sağlayacağından yıllık enerji tüketiminde işletmenin kapasite ve maliyetler yönünden %20-30 kadarını işletme kendi imkânları ile sağlayabilecektir.

Doğaya salınan zehirli gaz salınımı açısından akışkan yataklı sistemlerde kömür yakılması ile ortaya çıkan gazların çevreye olan zararlarının azaltılması için verimli yanmanın sağlanması gerekmektedir. Kömür yakılması ile yanma gazlarının salınımları CO_2 oranı %14,5 civarlarında olmaktadır, ölçülen bu değerde verimli yanmanın olması için gerekli değer olduğu anlaşılmaktadır. En yüksek verimde yanma sağlanmaktadır. SO_2 miktarıda 2000 mg / m^3 (%6 ref. O_2) oranının altına indirilebilmektedir. Akışkan yataklı yakma sistemleri, ızgaralı kömür yakma sistemlerine göre NO_x emisyon oranları ihmal edilecek kadar azdır. CO miktarı 200 mg/ m^3 (%6 ref. O_2) altında ölçülmektedir. Çevre standartlarına uygun olarak emisyon değerleri belirtilen güvenli sınırlar içerisinde kalmaktadır. Sonuç olarak çevrenin ekolojik bakımında fazla etkilenmediği görülmekte olup, değerleri kabul edilebilir sınırlarda olduğu anlaşılmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları, konvansiyonel enerji kaynakları ve çevre emisyon parametreleri düşünüldüğünde optimum enerji kullanımının seçilmesi kaçınılmaz olmaktadır. Örnek fabrikada yapılan analizler ve iyileştirmeler sonucunda mevcut enerji ihtiyacının sağlanması için senaryolar belirlenmiştir. Senaryo 1 de 6913 TEP

tüketilen enerji karşılığında 53,8 ton CO₂ çevreye salınım olmaktadır. Güneş enerjisinden ya da rüzgâr enerjisinden yararlanmadan sadece mevcut konvansiyonel enerji kaynaklarını kullanılarak üretim yapılmaktadır.

Tablo 2.39 Çeşitli oranlarda enerji kaynaklarının kullanılmasındaki senaryolar(Karbonayakizi, 2014).

SENARYOLAR	KÖMÜR		DOĞALGAZ		ELEKTRİK		TOPLAM TEP	KARBON SALINIMI TON	**AĞAÇ (ADET)
Senaryo 1 Mevcut Durum	15000	TON	1.800.000	Sm3	10800	MW	6913	53896	86386
	4500	TEP	1485	TEP	928	TEP	-		
Senaryo 2 1,8 M\$ ek yatırım	60000	TON	-	Sm3	10800	MW	6913	178925	286791
	5985	TEP	-	TEP	928	TEP			
Senaryo 3 3,2M\$ ek yatırım	60000	TON	-	Sm3	*6694	MW	6561	176270	282691
	5985	TEP	-	TEP	576	TEP			
* 4106 MW Elektrik Solar enerjiden elde ediliyor.									
Senaryo 4 1,5 M\$ ek yatırım	15000	TON	1800000	Sm3	*6694	MW	6561	51338	82286
	4500	TEP	1485	TEP	576	TEP			
* 4106 MW Elektrik Solar enerjiden elde ediliyor.					** karbon salınımı karşılığında dikilmesi gereken ağaç				

Senaryo 2 de ise ülkemizde bulunan yerli enerji kaynakları ile üretim yapılması planlanmıştır. Doğalgaz tüketimin yerine aynı işi yapmak için gerekli enerjiyi kömürden elde etme yoluna gidilmesi tasarlanmıştır. Bunu karşılığında dışa bağımlılık azalmış olmasına karşılık CO₂ salınımı 178,9 ton değerine ulaşarak, ciddi oranda artmış olacaktır. Çevreye vermiş olduğumuz CO₂salınımının eşdeğer ağaç oranı 286791 adet olmaktadır.

Güneş pili kullanılarak fabrika enerjisinin bir kısmını karşılanması planlanmıştır. Bu kapsamda senaryo 3 içerisinde planlanan oranlara bağlı olarak doğalgaz tüketimi düşünülmemiştir. Sadece kömür, şebeke elektrik ve güneş enerjisi ile fabrika enerji ihtiyacının karşılanması planlanmıştır. Fabrika çatısına yerleştirilmesi düşünülen güneş pilleri ile yıllık olarak 4106 MW elektrik üretilmesi planlanmıştır. Kömür

tüketiminin yüksek olmasından dolayı CO_2 salınımı hala yüksek değerlerde olmaktadır.

10000 m^2 lik çatı alanını kullanılarak 4106 MW lik bir elektrik enerjisini güneş pilinden üretilmektedir. Doğalgaz, kömür, şebeke elektrik enerjisi ve güneş pili kullanılarak örnek fabrikanın enerji ihtiyacı karşılanabilir. Senaryo 4 te optimal olarak enerji ihtiyacının karşılanması planlanmıştır. Hem çevreye CO_2 salınımlarının az olması bakımından, hem de güneş pili kullanılarak fabrika elektrik enerjisinin %30 oranında güneş enerjisinden tedarik edilmesi açısından fabrika enerjisinin senaryo 4 göre sağlanması planlanmıştır.

Tablo 2.40 TEP olarak enerji kaynaklarından yapılan iyileştirmeler

SENARYOLAR	KÖMÜR	DOĞALGAZ	ELEKTRİK	TOPLAM TEP	KARBON SALINIMI TON	**AĞAÇ (ADET)
Senaryo 1 1,5 M\$ Ek yatırım	12900 TON 3825 TEP %15	1200000 Sm3 1040 TEP %30	6210 MW 417 TEP %55	5282 %23,5	36918	23033
* 4106 MW %38 Elektrik SoLar enerjiden elde ediliyor.1,5 M\$ ek yatırım ihtiyacı var.						
* 2100 TON, 675 TEP %14 Kömür tasarrufu						
* 750 000 kw/ yıl 65 TEP,% 7 Elektrik tasarrufu						
*600000 Sm3, %30 doğalgaz tüketimi azaltılması,445TEP						

Sonuç olarak tüm bu senaryolara ilaveten fabrika içerisinde enerji verimliliği çalışmaları ile ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile total olarak %23,5 oranında enerji tasarrufu yapılması planlanmış ve elektrik enerjisinde % 17 oranında, kömürde %15 oranında, doğalgazda ise %30 oranında enerji tüketimi yapılan analizler sonucunda tüketimler azaltılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisini de ilave ederek güneş pili ile elektrik üretimi yapılmasıyla, elektrikte %55 lik bir enerji tasarrufu sağlanmış olacaktır. CO_2 salınımı açısından da 51,3 Ton değerinden 36,9 tona indirilmiş,%28 lik daha karbon salınımı azaltılmıştır.

Bu iyileştirmeler yenilenebilir enerji kullanım miktarının arttırılması ve maliyetlerinin de giderek azalması sebebiyle ileride çok daha tasarruflu çevreye duyarlı senaryolar ortaya çıkabilecektir. Ancak konvansiyonel (kömür doğalgaz vb.) yenilenemeyen enerji kaynaklarının da özellikle kömürün ülkemizde çok fazla miktarda olması ve ekonomikliği nedeniyle kullanımının %15 olarak azalmış olsa da mutlaka kullanılması gerekli olduğu araştırmalarımız sonucunda ortaya çıkmıştır. Böylece bir tesiste enerji çeşitliliğinin arttırılması da stratejik olarak uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

- Arslan, K. (2008). *Küresel rekabet baskısı altında tekstil ve hazır giyim sektörünün dönüşüm stratejileri ve yeni yol haritası, tekstil sektörüne genel bakış fırsatlar ve tehditler*. 5 Mart 2013, http://www.musiad.org.tr/F/Root/Pdf/Ara%C5%9Ft%C4%B1rma%20Raporlar%C4%B1/Ara%C5%9Ft%C4%B1rma%20Raporlar%C4%B1/Tekstil_ve_Hazir_Giyim_Sektorunun_Yeni_Yol_Haritasi.pdf
- Başol, D. (2013). *Karbon ayak izi hesaplaması*. 11 Aralık 2013, <http://www.Karbonayakizi.com/>
- Bilgiç, M. (2013). *TTMD Türk tesisat Mühendisleri derneği dergisi, sayı 8 Kazan kısır kalınlığına bağlı olarak enerji kaybı*. 5 Mart 2013, <http://www.ttmd.org.tr/userfiles/dergi/ek31.pdf>
- DI Water Technologies, (1994). *Kazan su kimyasal analizi*. 3 Mart 2013, <http://www.diwtech.com>
- Dinçer, F. (2009). *Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) 2005. Dünyada ve Türkiye’de enerji verimliliği ve Türk sanayinde enerji verimliliğinin incelenmesi*. 10 Eylül 2012, <http://www.3eelectrotech.com.tr/arsiv/yazi/asenkron-motorlarda-enerji-verimlilik-calymalary-ve-pratik-yaklaymlar>
- Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü (2013). *Alternatif enerji kaynaklarının işletmeler üzerindeki olası etkileri ve enerji verimliliği*. 9 Kasım 2013, <http://tr.docdat.com/docs/index-129950.html?page=13>
- Issı, O. (2008). *Alternatif enerji kaynakları ve Türkiye’de uygulanabilirliği*. 5 Mayıs 2013, <http://www.belgeler.com/blg/28e8/alternatif-enerji-kaynaklari-ve-turkiye-de-uygulanabilirligi>

International Energy Agency, (2009). *Energy Policies of IEA Countries*. 5 Haziran 2013, http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/turkey_2009.pdf

İstanbul Tekstil ve Konfeksiyon İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği, (İTKİB), (2012). 5 Ocak 2013, http://www.itkib.org.tr/ihracat/DisTicaretBilgileri/raporlar/dosyalar/2013/2013_ocak_mart_tekstil_performans.pdf

İstanbul Tekstil ve Konfeksiyon İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği, (İTKİB), (2013). 8 Eylül 2013, http://www.itkib.org.tr/ihracat/DisTicaretBilgileri/raporlar/dosyalar/tanitim_teksti.pdf

Hasanbeigi, A. (2010). *Energy-Efficiency Improvement Opportunities for the Textile Industry*. 8 Eylül 2013, <http://escholarship.org/uc/item/6jw8s2gz>

Karacan, A. (2007). *Çevre Ekonomisi ve Politikası*, Ege Üniversitesi. 8 Eylül 2013, http://books.google.com.tr/books/about/%C3%87evre_ekonomisi_ve_politikas%C4%B1.html?id=WYJ2ngEACAAJ&redir_esc=y

Onaylıgil, S. (2012). *Çeşitli tip ampullerin güç, etkinlik faktörleri*, İTÜ Enerji Enstitüsü Ders Notu. 21 Mart 2013, <http://web.itu.edu.tr/~onaygil/ebt546.html>

Onaylıgil, S. (2013). *Kullanımdaki deşarj Lambalarının gösterimi*, İTÜ Enerji Enstitüsü Ders Notu. 21 Mart 2013, <http://web.itu.edu.tr/~onaygil/ebt546.html>

Önsöz, E. (2008). *Tekstil sanayinde enerji verimliliği ve enerji verimli motor sistemleri*. 21 Mart 2013, <http://www.enerji.itu.edu.tr/Icerik.aspx?sid=9741>

Öztürk, H. (2004). *Energy usage cost in textile industry: a case study for Turkey*, 8 Temmuz 2013, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544204004955>

Pro-sun alternatif enerji sistemleri, (2012). 20 Mayıs 2013, [http:// www .alternatifenerji. info](http://www.alternatifenerji.info)

Satheesh, K. (2013). *Turkish textile machinery manufacturer HAS Group*. 5 Ekim 2013, [http://www.indiantextilemagazine.in/processing/has-group-bullish-on-indian -market-potential](http://www.indiantextilemagazine.in/processing/has-group-bullish-on-indian-market-potential)

Solar Enerji, (2013). *Şebekeye bağlı 1 KW lik gunes paneli sistemi fiyatlandırma*. 3 Aralık 2013, <http://www.solaruzel.com/1kw.html>

Suhubi, M. (2013) *Tekstil Paneli ,vizyon 2023 teknoloji öngörüsü projesi*. 8 Temmuz 2013, [http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon_2023/ tekstil/ tekstil_son_surum.pdf](http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon_2023/tekstil/ tekstil_son_surum.pdf)

Tarakçıoğlu, I. (1984) . *Tekstil terbiye işletmelerinde enerji tasarrufu*, Bursa: Uludağ üniversitesi yayınları

Tekstil Hazır Giyim, (2013). *Tekstil Hazır Giyim Deri ve Deri Ürünleri Sektörü raporu*. 8 Haziran 2013, [http://www.sanayi.gov.tr/Files/Documents/tekstil-sektor - raporu -201160420131 65231.pdf](http://www.sanayi.gov.tr/Files/Documents/tekstil-sektor-raporu-20116042013165231.pdf)

Yalçın, E. (2012). *Hava giriş sıcaklığına bağlı olarak hava tasarruf oranları teorik çalışma*, 14 Haziran 2013, *Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü*. [http:// www.eie.gov.tr/](http://www.eie.gov.tr/)

Yalçın, E. (2012). *Tekstil Terbiye Sektöründe Enerjinin Verimli Kullanımı*, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü. 8 Haziran 2013, [http:// greenyikama. weebly.com/ uploads /2/1/2/8/21280136/ tekstil_ terbiye_ sekrnde_ enerjinin_ verimli_kullanm.pdf](http://greenyikama.weebly.com/uploads/2/1/2/8/21280136/tekstil_terbiye_sektrnde_enerjinin_verimli_kullanm.pdf)

EKLER

Ek 1 Örnek Deney Sonuçları: Mıknatıslı ve Mıknatıssız yapılan ölçüm tablosu

Kumaş Cinsi	Gramaj	Elektrik	Dogal Gaz	
		kw /Kg kumaş	S m3/Kg Kumaş	
120d Floş 40d Td Lyc Sup	175	0,106	0,087	Mıknatıs Var
120d Floş 40d Td Lyc Sup	175	0,116	0,109	Mıknatıs Var
120d Floş 40d Td Lyc Sup	175	0,119	0,126	Mıknatıs Var
120d Floş 40d Td Lyc Sup	175	0,115	0,124	Mıknatıs Var
120d Floş 40d Td Lyc Sup	175	0,136	0,134	Mıknatıs Var
30/1 Oe Viskon 20d Td Lyc Süp	195	0,080	0,066	Mıknatıs Yok
30/1 Oe Viskon 20d Td Lyc Süp	165	0,103	0,088	Mıknatıs Yok
30/1 Oe Viskon 20d Td Lyc Süp	230	0,125	0,079	Mıknatıs Yok
30/1 Oe Viskon 20d Td Lyc Süp	210	0,096	0,066	Mıknatıs Yok
30/1 Oe Viskon 20d Td Lyc Süp	220	0,100	0,073	Mıknatıs Yok
30/1 Oe Viskon 20d Td Lyc Süp	220	0,119	0,083	Mıknatıs Yok
30/1 Oe Viskon 20d Td Lyc Süp	190	0,147	0,103	Mıknatıs Var
30/1 Oe Viskon 20d Td Lyc Süp	200	0,117	0,120	Mıknatıs Var
30/1 Oe Viskon 20d Td Lyc Süp	210	0,113	0,095	Mıknatıs Var
30/1 Oe Viskon 20d Td Lyc Süp	210	0,091	0,072	Mıknatıs Yok
30/1 Oe Viskon 20d Td Lyc Süp	210	0,100	0,086	Mıknatıs Yok
30/1 Oe Viskon 20d Td Lyc Süp	190	0,101	0,096	Mıknatıs Yok
30/1 Oe Viskon 20d Td Lyc Süp	190	0,099	0,095	Mıknatıs Yok