

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEKSTİL FABRİKALARINDA ISI GERİ KAZANIMININ  
EKONOMİK ETÜDÜ**

**79248**

**Makina Mühendisi Murat SAVA**

**F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Makinaları Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı: Y. Doç. Dr. Recep ÖZTÜRK**

Jüri Üyesi: Prof. Ertağrul KÜGÜKKARMIKLI  
Jüri Üyesi: Prof. Dr. Ahmet R. BAYÜLKEN

**İSTANBUL, 1998**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ .....	vii
KISALTIMA LİSTESİ .....	viii
ŞEKİL LİSTESİ .....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ .....	xi
ÖNSÖZ .....	xii
ÖZET .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
1. GİRİŞ .....	1
2. TEKSTİL SEKTÖRÜ .....	2
2.1 Türkiye’de Tekstil Sektörünün Durumu .....	2
2.2 Tekstil Sektöründe Enerji Tüketimi .....	3
2.3 Tekstil Sektöründe Enerji Verimliliği .....	3
2.4 Tekstil Sektöründe Enerji Verimli Teknolojiler .....	4
2.5 İklimlendirme ve Temizleme Ekipmanlarında Tasarruf.....	5
2.6 İklimlendirme Sistemlerinde Atıkların Uzaklaştırılması .....	6
2.7 İpliklerin Buharlanması .....	6
2.8 Polyester İplik Üretimi .....	7
3. TEKSTİL İŞLEME METODLARI .....	8
3.1 Tekstil İşleme Metodlarına Genel Bakış .....	8
3.1.1 Elyaf yapımı .....	8
3.1.2 İplik yapımı .....	9
3.1.2.1 Pamuk sistemi .....	9
3.1.2.1.1 Açma, karıştırma ve toplama .....	10
3.1.2.1.2 Taraklama .....	10
3.1.2.1.3 Katlama .....	10

3.1.2.1.4	Tarama .....	10
3.1.2.1.5	Çekilme .....	11
3.1.2.1.6	İpliğin çekilip hafifçe bükülmesi .....	11
3.1.2.1.7	Eğirme .....	11
3.1.2.1.8	Hava koşulları .....	11
3.1.2.2	Yünlü ve kamgarn sistemleri .....	12
3.1.2.3	Filaman ve ipliklerin eğirilmesi .....	13
3.1.3	Kumaş yapımı .....	13
3.1.3.1	Hazırlık niteliğindeki işlemler .....	13
3.1.3.1.1	Atkı ipliği .....	14
3.1.3.1.2	Çözümlü ipliği .....	14
3.1.3.1.3	Örgü ipliği .....	14
3.1.3.2	Dokuma .....	15
3.1.3.3	Örme .....	15
3.1.3.4	Tamamlama .....	16
3.2	Pamuk Liflerinin Morfolojisi ve Kimyasal Bileşimi .....	16
3.3	Pamuğa Uygulanan Prosesler .....	17
3.3.1	Pamuk tohumundan pamuk yağı elde edilmesi .....	19
3.3.2	Hidrofil pamuk elde edilmesi .....	19
4.	TEKSTİLDE BUHARIN KULLANILDIĞI DİĞER ALANLAR .....	22
4.1	Tekstil Ürünlerinin Kurutulmasında Buharın Kullanımı .....	22
4.1.1	Ön kurutma .....	22
4.1.2	Esas kurutma .....	22
4.2	Tekstil Ürünlerinin Boyanması ve Ütülenmesinde Buharın Kullanımı ...	23
4.3	Baskı İşlemlerinde Buharın Kullanımı .....	25
4.3.1	Baskı patının hazırlanması .....	26
4.3.2	Baskı .....	26
4.3.3	Kurutma .....	26
4.3.4	Boyanın fikse edilmesi .....	26
4.3.4.1	Fırınlama .....	26
4.3.4.2	Islak geliştirme .....	27
4.3.4.3	Basınçlı buharlama .....	27

4.3.4.4	Yüksek sıcaklık buharlaması .....	27
4.3.4.5	Normal buharlama .....	27
4.3.5	Yıkama (son işlem) .....	28
5.	TEKSTİL BUHAR SANTRALİ SİSTEMLERİ .....	29
5.1	Buhar Kazanlı Klasik Sistem ve Donanımları .....	29
5.1.1	Buhar kazanları .....	30
5.1.2	Su yumuşatma cihazı .....	32
5.1.3	Kondens tankı .....	34
5.1.4	Degazör (gaz alıcı) .....	34
5.1.5	Yakıt tankları ve yakıt sistemi .....	35
5.1.6	Brülörler .....	37
5.2	Birleşik Isı-Güç Üretim Sistemleri (BIG) .....	37
5.2.1	BIG üretiminin termodinamik parametreleri .....	43
6.	ATIK ISININ KULLANIMI VE GERİ KAZANILMASI .....	44
6.1	Atık Isının Geri Kazanılması .....	44
6.2	Atık Isının Kullanımı .....	45
6.3	Rankine Çevrim .....	48
6.4	Isı Pompası .....	48
6.5	Absorbsiyon Isı Pompası .....	49
6.6	Isı Pompası ve Rankine Çevrimi .....	49
6.7	Basit Çevrimle Atık Isıdan Proses veya Isıtma Buharı Elde Edilmesi ....	50
6.8	Enerjinin Geri Kazanılmasında Üçüncü Akışkandan Yararlanma .....	50
7.	TEKSTİL TERBİYESİ İŞLEMLERİ SÜRESİNCE ENERJİ TÜKETİMİ VE TASARRUF OLANAKLARI .....	52
7.1	Aplikasyon İşlemlerinin ve Makinelerinin Enerji Tüketimi Bakımından İncelenmesi .....	53
7.2	Tasarruf Kalemleri .....	54
7.2.1	Yaş işlem sayısının azaltılması .....	54
7.2.2	Flotte oranının kısaltılması .....	54

7.2.3	Sıcaklığın düşük tutulması .....	55
7.2.4	Makinedeki enerji kayıplarının azaltılması .....	56
7.3	Aplikasyon yöntemleri .....	56
7.3.1	Uzun flottede çektirme .....	56
7.3.2	Emdirme .....	56
7.3.3	Aktarma .....	58
7.3.4	Püskürtme .....	59
7.3.5	Köpükle aplikasyon .....	60
8.	ISI ENERJİSİ GERİ KAZANMA DONATIMLARI .....	61
8.1	Isı Enerjisi Geri Kazanmada Rejeneratif Sistemler .....	61
8.2	Isı Enerjisi Geri Kazanmada Reküperatif Sistemler .....	63
8.2.1	Isı transferinin aracısız olarak transfer yüzeyinde meydana geldiği reküperatif sistemler .....	64
8.2.2	Aracılı reküperatif (indirekt rejeneratif) sistemler .....	66
8.3	Atık Kurutma Havasından Isı Enerjisinin Geri Kazanılması .....	67
8.4	Atık Flottelerden Isı Enerjisinin Geri Kazanılması .....	71
8.5	Ekonomizörler .....	75
9.	EKONOMİK ANALİZ .....	78
9.1	Mühendislik Ekonomisinin Esasları .....	78
9.2	Yatırımların Ekonomik Değerini Ölçme Metodları .....	78
9.2.1	Şimdiki değer metodu .....	79
9.2.2	Yıllık değer metodu .....	79
9.2.3	Gelecek değer metodu .....	79
9.2.4	Geri ödeme oranı metodu (rate of return method) .....	80
9.2.5	Kazanç/maliyet oranı metodu (benefit/cost ratio method) .....	80
9.3	Enerji Üretim Maliyetinin Analizi .....	80
9.3.1	Yıllık sermaye masrafları .....	82
9.4	Değerlendirme .....	83
10.	UYGULAMA .....	85
10.1	Fabrika Tanıtımı .....	85

10.2	Prosesin Tanımı .....	85
10.3	Yıllık Enerji Tüketimi Değerlendirmesi .....	88
10.4	Tasarruf Sağlamaya Yönelik Bulgular ve Öneriler .....	88
10.5	Fabrikanın Enerji Tüketiminin İncelenmesi .....	92
SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....		98
KAYNAKLAR .....		100
ÖZGEÇMİŞ .....		102



## SİMGE LİSTESİ

$C_{aw}$	tesisin ömrü boyunca eşdeğer ve üniform yıllık masraf serisi
$C_f(t)$	zamana bağımlı yıllık yakıt masrafı
$C_k$	tesisin n yıllık ömrü boyunca sabit yıllık sermaye masrafı,
$C_k(t)$	zamana bağımlı yıllık sermaye masrafı
$C_m(t)$	zamana bağımlı yıllık işletme ve bakım masrafı
$C_{pw}$	Tesis inşaatı başlangıcından ömrünün sonuna kadar yapılan değişken yıllık yatırım, yakıt, işletme ve bakım masraflarının referans olarak kabul edilen tesisin güç üretimine başladığı tarihteki değeri,
$g$	tesisin ömrü boyunca eşdeğer ve üniform birim enerji üretim maliyeti
$I_k$	Tesisin inşaatı süresince eskalasyon ve faiz yükleri de dahil olmak üzere yapılan toplam yatırımın üretime başlama tarihindeki değeri
$i$	yıllık nominal faiz oranı
$L$	inşaat süresi
$n$	tesis ömrü
$N_e$	Elektrik gücü
$N_q$	Isı gücü
$N_y$	Yakıt gücü
$t$	zaman
$r$	iskonto oranı
$t_{TÇ}$	Eşanjörden çıkan temiz havanın sıcaklığı (°C)
$t_{TG}$	Eşanjöre giren temiz havanın sıcaklığı (°C)
$t_{AG}$	Eşanjöre giren atık havanın sıcaklığı (°C)
$\eta_t$	Isıl verim derecesi
$\eta_y$	Enerjiden yararlanma oranı

## KISALTMA LİSTESİ

BIG	Birleşik Isı Güç
HT	High Temperature
TBTSTP	Tübitak-TTGV Bilim-Teknoloji-Sanayi Tartışmaları Platformu
TMMOB	Türkiye Mimarlar Mühendisler Odası Birliği
TPE	Ton Petrol Eşdeğeri ( $\cong 10^7$ kCal)
TTGV	Tübitak Teknoloji Geliştirme Vakfı
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel Teknik Araştırma Kurumu



## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa	
Şekil 3.1	Pamuğa uygulanan prosesler	18
Şekil 3.2	Hidrofil pamuk imalatı proses akış şeması	21
Şekil 4.1	Atmosferik taşmalı boya makinası	24
Şekil 4.2	Yüksek sıcaklıklı boya makinası	24
Şekil 4.3	Boyahane proses şeması	25
Şekil 5.1	Kazan dairesi buhar tesisatı	29
Şekil 5.2	İki ve üç geçişli iskoç tipi buhar kazanları	31
Şekil 5.3	Su yumuşatma cihazı sistem bağlantı şeması	33
Şekil 5.4	Degazör (gaz alıcı) iç detayı	35
Şekil 5.5	Sıvı yakıt hazırlama tesisatı	36
Şekil 5.6	Dizel motorlu BIG üretim santralının çevrim şeması.	39
Şekil 5.7	Karşı basınçlı türbin kullanan BIG üretim santralının çevrim şeması	40
Şekil 5.8	Gaz türbini kullanılan BIG üretim santrali	40
Şekil 5.9	Topping çevrimi	41
Şekil 5.10	Bottoming çevrimi	42
Şekil 6.1	Atık ısının kullanım yolu	46
Şekil 6.2	Birleşik ısı-güç santralleri için üst çevrim	46
Şekil 6.3	Birleşik ısı-güç santralleri için alt çevrim	47
Şekil 6.4	Isı pompası	47
Şekil 6.5	Absorbsiyon soğutma sistemi	48
Şekil 6.6	Üçüncü bir ısı aktarıcı akışkan kullanılarak atılan gazların ıslısından sıcak hava, sıcak su ve buhar elde edilmesi.	51
Şekil 7.1	Q-S tekniğine göre çalışma.	57
Şekil 7.2	Aktarma donatımı	58
Şekil 7.3	SD Liquid Applicator püskürtme makinesinin çalışma prensibi	59
Şekil 8.1	Isı tekerleği (Ljungström döner ısı eşanjörü)	62
Şekil 8.2	Levhalı ve borulu ısı eşanjörleri	64
Şekil 8.3	Aracısız reküperatif ısı geri kazanma ünitesi	65
Şekil 8.4	Isı borusu (heat-pipe)	66
Şekil 8.5	Pompa, aracılı reküperatif sistem	66
Şekil 8.6	Entegre ısı geri kazanma tesisinin yerleştiriliş şekli	68

Şekil 8.7	Atık sıcak havayla su ısıtılması imkanları	70
Şekil 8.8	Enerji geri kazanma ve buharla su ısıtma donatımı	71
Şekil 8.9	Kesiksiz çalışan bir makineye ısı geri kazanma donatımı bağlanmasına örnek	73
Şekil 8.10	Kesikli çalışan bir grup makineye ısı eşanjörü bağlanması	74
Şekil 8.11	Merkezi ısı geri kazanma tesisleri	74
Şekil 8.12	Buhar kazanı ve ekonomizör	76
Şekil 9.1	Sabit yıllık sermaye masrafı	82
Şekil 9.2	Lineer azalan yıllık sermaye masrafı	82
Şekil 10.1	Proses akış şeması	86
Şekil 10.2	Ormo'nun 1997 yılı enerji-maliyet dağılımı	88
Şekil 10.3	Ormo'da toplam enerji tüketimi	93
Şekil 10.4	Üretim/spesifik tüketim grafiği	94
Şekil 10.5	Makinaların buhar tüketim oranları	95
Şekil 10.6	Kısımların buhar tüketim oranları	95
Şekil 10.7	Kısımların elektrik enerjisi tüketim oranları	96
Şekil 10.8	Ormo grup buhar tüketim oranları	96
Şekil 10.9	Ormo'da kütle enerji balans şeması	97

## ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Enerji verimli teknolojiler	4
Çizelge 2.2 Enerji verimli diğer teknolojiler	5
Çizelge 3.1 75-80°F (23,9-26,6°C)'da yapılan yün işleme metodlarında önerilen nemlilik oranları	12
Çizelge 3.2 Pamuk çirçirlemede elde edilen ürünler	17
Çizelge 5.1 BIG üretiminde kullanılan santral tiplerinin termodinamik parametreleri	43
Çizelge 10.1 Ormo'nun makina enerji tüketimleri	87
Çizelge 10.2 Ormo 1997 yılı enerji maliyet dağılımı	88
Çizelge 10.3 Öneriler ve tasarruf potansiyeli	90
Çizelge 10.4 Sağlanan tasarruflar	91

## ÖNSÖZ

Sadece firma ekonomilerinde değil, ulusal ekonomilerde de büyük pay tutan enerji maliyetini düşürmek için birebir bir yol olan ısı geri kazanımı hususu bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır.

Lisans öğrenciliği yıllarımdan bugüne kadar projelerimde, yüksek lisans derslerimde, yüksek lisans tezimin konu seçiminde bana yön veren ve üzerimde çok emeği olan hocam, tez danışmanım, Sayın Y.Doç.Dr. Recep Öztürk'e sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans tezimin araştırılması esnasında kaynak sıkıntısı çektiğim anlarda bana yardımcı olan; en başta Ormo Yün İplik San. ve Tic.A.Ş.'den Enerji Bakım Müdürü Elek.-Elektronik Müh. Göktan Gürcü'ye ve yine aynı firmadan Yardımcı İşletme Sorumlusu Mehmet Taştan'a, Bursa'da bulunan SAGEM'den Çevre Yük. Müh. Hilal Erenler'e ve Entema Tic.A.Ş.'den Mak.Müh. Hakan Gürel'e çok teşekkür ederim. Yine kaynak toplama aşamasında bana yardımcı olan İ.T.Ü. Makina Fakültesi'ndeki hocalarıma ve bu vesile ile üzerimde emeği olan tüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca üzerimdeki haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim anneme, babama ve yine aynı şekilde üzerimde emeği olan kardeşime çok teşekkür ederim.

Murat SAVA  
İstanbul 1998

## ÖZET

Son yıllarda yalnız tekstil endüstrisinde değil, bütün endüstri kollarında ve hatta günlük yaşantımızda üzerinde en fazla konuşulan, tartışılan ve çalışılan konulardan biri de enerji tasarrufu konusudur. Enerji tasarrufunun bu denli güncel ve önemli bir konu olmasında 1973/74 petrol krizinden sonra enerji maliyetindeki büyük artışların ve enerji kaynaklarındaki azalmanın rolü büyüktür.

Ülkemizde tüm sanayii dalları arasında hem üretim hem de ihracat bakımından en ön sırada yer alan, ekonomi içinde en ağırlıklı payı oluşturan, toplam imalat sanayiindeki istihdam miktarında %30 payı bulunan tekstil sektöründe enerji tasarrufuna gidilmesi; ekonomiye böylesine katkısı olduğu düşünüldüğünde kaçınılmaz bir konudur. Ancak, tasarruf ile söylenmek istenen kısıtlama değildir ve bu çalışmada tasarrufun, atık ısıdan yararlanma boyutu üzerinde daha çok durulacaktır. Böyle bir çalışma konusu seçilmesindeki ana neden, tekstil sektörünün ülkemizde hızlı gelişmesidir.

Tekstil sektöründe diğer tüm sektörlerde olduğu gibi elektrik enerjisi yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bunun yanında, tekstil sektörü buharın çok geniş kullanım alanı bulduğu bir sektördür. Tekstil fabrikalarında özellikle iplik ve kumaşların kurutulmasında, boyama ve baskı işlemlerinde buharın faydalanılmaktadır. İşte bu süreçler esnasında veya sonrasında ısı enerjisinin verimli kullanılması esasları, çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Ayrıca, çalışmanın kapsamında tekstil sektörü, atık ısı geri kazanma ve ekonomik analiz konuları da bulunmaktadır.

Değişik kaynaklardan bilgi edinilerek önce tekstil sektörü ve bu sektörde ısı enerjisi kullanımı, atık ısı geri kazanma yöntemi, sonra ekonomik analiz ve mümkün mertebe güncel atık ısı geri kazanım uygulamaları anlatılmıştır. Son olarak bir fabrika incelemesi örnek olarak verilmiştir. Bu çalışmanın metodolojisi yukarıda anlatıldığı gibidir.

**Anahtar Kelimeler:** Tekstil İşleme Metodları, Isı Enerjisi, Isı Geri Kazanımı, Isı Geri Kazanım Cihazları, Ekonomik Analiz.

## **ABSTRACT**

In the recent years, energy economy is not only in textile industry but also in all industry branches to be most discussed, most talked subject. Increasing of energy costs because of 1973/74 oil crisis and decreasing of energy sources play a huge part in being subject that is important and actual.

Textile industry has an employment rate of %30 and is in the most important place from the point of view of both manufacturing and export in our country. It has a significant share between the all other industries in our economy. When the contribution of energy saving to national economy is thought, this saving is unavoidable theme. But, energy economy doesn't mean restriction of energy use. In this study, utilization of waste heat is examined as a shape of energy saving. Rapid development of textile sector is the main reason to choose this kind of theme.

Electrical energy is used in the textile sector like the other sectors. In addition to this, textile is an industry, in which steam can find a widely usage area. In textile complex, steam has been using during drying of yarn, dyeing and printing of textile products. This research includes the fundamentals of effective profit from heat energy after and during these processes. Furthermore, this research covers textile sector, heat recovery and economical analysis.

By taking informations from the different sources, first the textile sector and after the usage of heat energy in this sector and the way of heat recovery of waste heat is described. After that, economical analysis and an overview of available waste heat equipments, as well as of current applications were presented. Finally, it was given a sample study. The methodology of this research is like above mentioned.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Pekçok sanayi dalında önemli bir yer tutan buharın, tekstilde kullanım sahası da oldukça yaygınlaşmıştır. Tekstil fabrikalarında özellikle iplik ve kumaşların kurutulmasında, boyama ve baskı işlemlerinde buhardan faydalanılmaktadır.

Tekstil fabrikalarında doymuş ve kızgın buhar ile beraber yumuşatılmış suyun kullanımı da çok önemlidir. Özellikle klima sisteminde, iplik ve kumaş boyama ve yıkama işlemlerinde, boyahanedeki proseslerde ve buhar kazanları besleme suyu olarak yumuşak suya ihtiyaç duyulmaktadır.

Tekstil fabrikalarında kullanılan buharın ekonomik kullanımı ile birlikte atılan ısının geri kazanılması da çok önemlidir.

Ekonomik büyümedeki önemli rolü ile enerji, kalkınma programlarının vazgeçilmez bir unsurudur. İşte bu yüzden değişik kaynaklardan bilgi edinilerek önce tekstil sektörü ve bu sektörde ısı enerjisi kullanımı, atık ısı geri kazanma yöntemi, sonra ekonomik analiz ve mümkün mertebe güncel atık ısı geri kazanım uygulamaları anlatılmıştır.

## BÖLÜM 2. TEKSTİL SEKTÖRÜ

### 2.1 Türkiye’de Tekstil Sektörünün Durumu

Türkiye’de tekstil sanayii, tüm sanayii dalları arasında hem üretim hem de ihracat bakımından en ön sırada yer almakta ve ekonomi içinde en ağırlıklı payı oluşturmaktadır. Toplam imalat sanayiindeki istihdam miktarında, bu sanayimizin payı %30’u bulmaktadır. Bu sektörde enerjinin toplam maliyet içerisinde payı %6-14 arasında, sanayi (500 TEP’in üzerindeki) toplam tüketimi içerisindeki payı ise %7.2’dir.

Türk tekstil sanayi aşağıda belirtilen alt üretim konularından oluşmaktadır:

- Pamuk ipliği
- Pamuklu dokuma
- Yün ipliği
- Yün dokuma
- Suni ve sentetik iplik
- Suni ve sentetik dokuma
- Tabii ve suni ipek ipliği ve dokuma
- Örme ürünleri
- Halı, kilim ve benzeri eşya

1995 yılı itibari ile bu sektörün yurtdışı satışları %37 oranındadır ve 8.4 milyar\$’dır. 1995 yılı istatistikleri, tekstil ve giyim sanayi yurt dışı satışlarının 5.3 milyar\$ mali değer ile %65’lik bölümünün Avrupa Birliği’ne satıldığını göstermektedir. Avrupa Birliği’ne bu sektörde satış yapan ülkeler içinde Türkiye, Çin’den sonra ikinci sıradadır. Gümrük Birliği’nin işlerlik kazanmasından ve kota sisteminin kaldırılmasından sonra, bu sektörün pazar payında da gelişmeler olmuştur. Bu satışların 1.4 milyar\$’lık kısmı tekstil ve 3.9 milyar\$’lık kısmı ise giyim tekstilleridir. Türkiye’deki 750 büyük firmanın 150’si tekstil sektöründe faaliyet göstermektedir. Bu alanda yatırımlar devam etmekte ve tesisleri genişletme, modernleştirme çalışmalarına önem verilmektedir, ancak üretkenliğe hala

ortalamanın altında seyretmektedir. Bu sorunun çözümü, sektörde yeni teknolojilerin kullanılmasıdır. (TBTSTP, 1998)

## **2.2 Tekstil Sektöründe Enerji Tüketimi**

Tekstil sektöründe, ürünler ve dolayısıyla proses teknolojileri önemli farklılıklar göstermektedir. Bu da enerji tüketiminin yapısında ve enerjinin toplam maliyet içindeki payında farklılıklara yol açmaktadır.

Birçok tekstil işletmesinde enerji, toplam ürün maliyetinin sadece küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Sadece son işlem bölümlerinde düşük veya orta sıcaklıkta ısı şeklinde enerji tüketimi önemli bir masraf yaratmaktadır. İplik-dokuma fabrikalarında enerji tüketimi %50 elektrik ve %50 ısı şeklinde olmaktadır. Terbiye bölümlerinde ise enerjinin %75'ten fazlası ısı olarak kullanılmaktadır. (TBTSTP, 1998)

## **2.3 Tekstil Sektöründe Enerji Verimliliği**

Avrupa Birliği ülkeleri dışındaki ülkelerde tekstil üretimi son 5 yılda hızla artmıştır. Avrupa Birliği'nde ise tekstil sanayii üretim stratejilerinde, enerji ve çevre gereksinimleri gözönüne alınarak köklü değişiklikler yapılmıştır. Sanayinin hedefi üretimde, ısı ve elektrik enerjisi ve su tüketimini azaltacak değişiklikleri yapmaktır. Bazen en uygun yöntem, problemin daha sonraki etkileri ile hem yatırım hem de işletme masraflarını büyütme ise, problemi kaynağından yok etmektir. Bu ise, daha sonraki işlemlerin masraflarını azaltmak amacıyla daha az enerji ve su kullanan teknolojilerin bulunması demektir.

Avrupa Tekstil sanayinde, ham maddeden nihai ürüne kadar tüm prosese sahip olan çok az fabrika vardır. Tekstil fabrikalarının çoğunluğu prosesin sadece bir kısmıyla uğraşır ve üretim periyodları kısadır. Ülkemizde ise hemen hemen tüm tekstil fabrikaları hammaddeden nihai ürün üretmektedir, bu nedenle imalat süreleri çok uzundur (ortalama 3 ay). (TBTSTP, 1998)

## 2.4 Tekstil Sektöründe Enerji Verimli Teknolojiler

Avrupa Birliği'ne üye ülkelerde tekstil sektöründeki enerji maliyeti yılda 4000 MECU olarak tahmin edilmektedir. Bu sektörde en yüksek enerji tüketen ülkeler İtalya (%26), Almanya (%20), İngiltere(%14), Fransa (%12), İspanya(%11) ve Portekiz(%6)'dir.

Tekstil sektöründe Baskı, Boyama, Kurutma ve Son İşlem gibi büyük miktarda ısı talebinin gerekli olduğu proseslerde uygulanan teknolojiler ve bu teknolojilerin uygulanması sonucu ortaya çıkan enerji tasarruf potansiyeli ile geri ödeme süresi Çizelge 2.1 ve 2.2'de görülmektedir. (TBTSTP, 1998)

Çizelge 2.1 Enerji verimli teknolojiler. (TBTSTP, 1998)

Son İşlem		Ortalama Tasarruf (%) (Mevcut kayıplardan)	Geri Ödeme Süresi (yıl)
Son İşlem	Buhar Temizleme Sistemi	65	2
	Şok Buhar Sistemi	30	3
Baskı	Köpüklü Emdirme	50	2.5
	Temas Yoluyla Banyo Transferi	50	2.5
Boyama	Düşük Banyo Oranı	25-50	3
	Yüksek Performanslı Boyama Yastıkçıkları	40	3
Kurutma	Aktarma Yolu ile Baskı	60	2
	Yüksek Performanslı Bükme Yastıkçıkları	40	2
	Vakumlu Ayırma	30	3
	Radyo Frekanslı Kurutma	30	2.5
	Delikli Tambur Tipi Kurutucular	30	3
	Direk Gaz Yanmalı Kurutucular	30	2

Çizelge 2.2 Enerji verimli diğer teknolojiler. (TBTSTP, 1998)

Sistem	Proses	Ortalama Tasarruf (%)	Geri Ödeme Süresi (Yıl)
Birleşik Isı Güç Santralleri*	Buhar ve Elektrik	30	2-4
Kazan Değişimi	Buhar üretimi	10	5
Direkt Banyo Isıtma			
	Yıkama		
	Kurutma	30	3-4
Sıvı Atıklardan Isı Geri Kazanımı	Değişik Tipte	30	3
Klima Sisteminin Optimizasyonu	İklimlendirme	12	4
Elektrik Motorlarında Soft Starter ve Değişken Hız Sürücüsü Kullanımı	Değişik Tipte	10	3
Verimli Aydınlatma Armatürlerinin Kullanımı	Aydınlatma	30	4

### 2.5 İklimlendirme ve Temizleme Ekipmanlarında Tasarruf

Elektrostatik yük toplanmasından kaçınmak, elastikiyeti arttırmak ve iplik, dokuma ve örgü prosesleri sırasında mekanik strese karşı kopmadan işlem görmek için, tekstil elyafları (elyaf tipine göre farklı olmakla birlikte) hassas nem ve sıcaklık seviyelerine ihtiyaç duyarlar. Çalışma alanının ne kadarının bu sıcaklık ve nem seviyelerinde tutulacağı gözönüne alınarak önemli miktarda enerji tasarrufu potansiyeli belirlenebilir. Elyaf için gerekli nem, operatörler için rahatsızlık verici ve sağlıksız olacağı için, teorik olarak nem seviyesini sadece makinelerin çevresinde muhafaza etmek yeterli olmaktadır. Bunun için iklimlendirme aygıtlarının yeni tasarımlarında hava dağıtıcıları, tekstil malzemelerinin işlem gördüğü alanlara yakın yerleştirilmektedir. Böylece hem tekstil malzemeleri hem de operatörler için optimum çalışma şartlarını sağlamak mümkün olmaktadır. Ayrıca, belirli sıcaklık ve nem seviyelerinde muhafaza edilecek havanın hacminin azaltılmasıyla da enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

\* 5.Bölümde detaylı olarak değinilecektir.

Tekstil iklimlendirme santrallerinde nemlendirme prosesinin önemi gözönünde tutularak yüksek verimli nemlendirici sistemlerin (Tex-fog) kullanılması için uygulayıcı ve yatırımcıların teşvik edilmesi gerekmektedir. Önemli miktarda enerji tüketen nemlendirici pompaların hız kontrollü olarak seçilmesi özendirilmelidir. İklimlendirme santrallerindeki fan motorları, yaz-kış kullanımı gözönünde tutularak, hız kontrollü olarak seçilmelidir. (TBTSTP, 1998)

## **2.6 İklimlendirme Sistemlerinde Atıkların Uzaklaştırılması**

Atık yönetimi kazançlı bir metottur ve geri kazanılan malzeme değeri ile bağlantılı olarak spesifik enerji tüketiminde de azalma sağlar. Rasyonel enerji tüketimi için, atıkların sınıflandırılmaları ve geri kazanılmaları, iklimlendirme sistemleri ile birlikte düşünülmelidir.

Tekstil tozları, elyaflar ve atık ürünler, hazırlama, taraklama ve iplik bölümlerindeki makinelerde açığa çıkarlar. Atık ürünler, pnömatik yolla bir merkezde toplanırlar. Bu, özellikle havanın temiz tutulmasının en etkin ve ekonomik yoludur. Kollektör sistemleri, atıkları makinelerden doğrudan almak ve tek tek filtreleri elimine etmek suretiyle üretim mekanlarında ısı yükünü azaltmakta ve dolayısıyla enerji maliyetlerinde tasarruf sağlanmaktadır. Bu sistemin kullanılması sonucu daha küçük boyutta havalandırma sistemlerinin kullanımı yeterli olabilmektedir. Ayrıca farklı tipteki atıklar ayrılıp, sıkıştırılabilmektedir. (TBTSTP, 1998)

## **2.7 İpliklerin Buharlanması**

Tekstüre (hacimli) iplikler ve halı iplikleri için eğirme işleminden sonra çok düzenli buharlama ve sabitleştirme işlemleri gerekmektedir. Düzensizliklerden kaçınmak için, buharlama tanklarındaki buharlama zamanının daha uzun tutulması ve daha fazla buhar tüketimi yaygın bir uygulamadır. Kazanlarda ve kullanılan buharda hassas sıcaklık ve nem kontrolü sağlanarak buharlama zamanı optimize edildiği takdirde, kalitede daha fazla uyumluluk ve ısı enerjisinden tasarruf sağlanacaktır. Ayrıca, “soğuk noktalar oluşmasını

önlemek” ve her yerde aynı sıcaklığı sağlamak için, bu tanklar etkili bir şekilde izole edilmelidir. (TBTSTP, 1998)

## **2.8 Polyester İplik Üretimi**

Büyük polyester iplik üretim tesislerinde kullanılan soğutma gruplarının (40000-70000 kW) seçiminde, büyük elektrik tüketimleri gözönünde tutularak kojenerasyon sistemi ile uyumlu çalışan absorpsiyonlu çalışma sistemlerinin seçimi konusunda yatırımcılar teşvik edilmelidir.

Polyester iplik üretimi için zorunlu olan soğutma prosesini gerçekleştirmek için soğutucu bataryaya alternatif olarak, hava tarafı basınç kaybı ihmal edilecek düzeyde olan ve soğutulmuş su kullanan daha yüksek verimli nemlendiricilerin kullanımı özendirilmelidir. (TBTSTP, 1998)



## **BÖLÜM 3. TEKSTİL İŞLEME METODLARI**

### **3.1 Tekstil İşleme Metodlarına Genel Bakış**

Bu metodlar doğal olarak, konumuzla ilgili olan buharın sözkonusu metodlarla (gerekirse) kullanımı ile birlikte ele alınacaktır.

Tekstil işleme metodları aşağıda belirtildiği gibi üç genel sınıfta toplanabilir.

1. Sentetik elyaf yapımı
2. İplik yapımı
3. Kumaş yapımı

Sentetik elyaf yapımı, lifi-en üst noktaya çevirme metodu ve sonsuz elyaf üretim metodları olmak üzere lif üretim metodlarına ayrılır. İplik yapımı; eğirme ve bükme, kumaş yapımı; dokuma ve örme olmak üzere ikiye ayrılır. (Ashrae, 1991)

#### **3.1.1 Elyaf yapımı**

Sentetik elyaflar, metal suni ipek püskürtme memelerinden çıkarılmış ve sonsuz paralel filaman olarak geliştirilmiştir. Devamlı eğirme adı verilen bu yöntem elyafların mekanik eğirilmesi veya genellikle eğirme olarak görülen ipliği dönüştürme olarak ikiye ayrılır.

Sentetik elyaflara erime büküm, kuru bükme ya da yaş bükme yoluyla şekil verilebilir. Erime bükümünün soğutulması ile erime-bükümlü elyafları, polimeri elyaf şeklinde bırakarak eritici bir maddenin buharlaştırılmasıyla kuru büküm elyafları, ve bir sıvı banyosu içinde kalıptan çekilmiş filamanların sıkıştırılması yoluyla yaş büküm elyafları katılaştırılırlar. Ekonomik ve kimyasal sonuçlar hangi tür bükümün yapılması gerektiğini belirlemektedir. Genellikle naylon, polyester ve cam elyaflar erime büküm, sentetik kumaşlar kuru-büküm, suni ipek yaş-büküm ve akrilikler kuru veya yaş bükümlüdür.

Erime bükümlü ve kuru-bükümlü elyaflar için suni ipek püskürtme memesinin her birinin filamanı genellikle katılaştırmanın gerçekleştiği yer olan baca ya da söndürme bacası da denilen uzun dikey bir tüple uzatılmaktadır. Yaş-bükümlü elyaflar için suni ipek püskürtme

memesi elyafların koyulaştığı yer olan kimyasal banyoda bir süre bekletilmektedir. Islak-büküm yıkama, tamamlama çalışmaları ve kurutma işlemlerine tabi tutulmaktadır.

Sonsuz sentetik elyaflar, kısa aralıklarla ya da lifi en yüksek noktaya çevirme işlemi için daha uzun boyutlarda kesilmeye başlanır ya da hassaslık derecesi yüksek bir lif olarak preslenmiştir; ya da sonsuz elyaf olarak işlem görmesi tasarlanıyorsa hassaslık derecesi düşük iplikler preslenir. Yağ; kaygan yapmak, antistatik özellikler vermek ve elyafların yapışması için kullanılmaktadır.

Yüksek hassaslık derecesinde veya büyük ebatlı sentetiklerde elyafa uygulanan sıcaklık sorun yaratacak bir yağ buğusu bırakır. Ayrıca mekanik çekme işlemi yüksek lokalize sıcaklık yükü meydana getirir. Şayet çekme işlemi bükme işlemi ile birlikte yapılmışsa buna çekme-bükme adı verilir. Çekme-bükme işleminden sonra sonsuz elyaflara bir bükme daha yapılabilir ya da elyaflar doğrudan çözgüye gönderilebilir. (Ashrae, 1991)

### **3.1.2 İplik yapımı**

Bükme ya da eğirme işleminin kullanılıp kullanılmayacağı konusu elyaf uzunluğuna bağlıdır. Doğal elyaflar ya da ipe benzer şekle giren karışımlar gevşekçe biraraya getirilerek üretilir. Gerektiğinde elyafın paralelliğini arttırmak için bunlar dışarıya çekilir ve daha sonra bükme işlemi yapılır. Bükülmüş (sonsuz filaman) iplikler mil uzunluğundaki tek filaman veya çok filamanların eğrilmesiyle imal edilmektedir.

Mekanik bükme prensipleri pamuk, yünlü ve kamgarn olmak üzere üç ayrı sistemde uygulanmaktadır. Pamuk sistemi her çeşit pamuk için, en çok sentetik lifte ve birçok karışımda kullanılmaktadır. Yünlü ve kamgarn sistemleri ise en çok yün iplikleri, bazı yün karışımları ve akrilik gibi sentetik elyafların eğrilmesinde kullanılmaktadır. (Ashrae, 1991)

#### **3.1.2.1 Pamuk sistemi**

Pamuk sistemi özellikle pamuklu ipliklerin eğrilmesi için geliştirilmiş bir sistemdir. Ancak bu sistemin ana makinası yünlü, polyester ve karışımlar dahil her çeşit lifin eğrilmesi işleminde kullanılmaktadır.

### **3.1.2.1.1 Açma, karıştırma ve toplama**

Sıkıştırılmış tutamlar kısmen açılır, daha çok dış kısımları ve kısa liflerin bir bölümü atılır ve yığına düzenli bir şekil verilir. Balyalar arasındaki düzensizlikleri ayarlamak ya da farklı çeşitlerdeki elyafları karıştırmak için bir miktar karışıma ihtiyaç vardır.

### **3.1.2.1.2 Taraklama**

Bu işlem, katmanı şerit denilen ipe benzer şekilde toplanmış ince bir ağ içine götürür. Kısa elyafın ve tortuların kısmen ayrılmasının yanısıra daha sonraki açma ve elyaf ayırma işlemleri tamamlanır. Şerit, çeşitli çaplardaki teneke kutular içinde artan spiral içerisine yerleştirilir.

Hassaslık, yumuşaklık ve sağlamlık gerektiren düşük ve fazla sayıdaki iplikler için tarak makinasının şeridi öncelikle taranmalıdır.

### **3.1.2.1.3 Katlama**

Katlama işleminde birkaç şerit yan yana konular ve çekilir. Band bindirme işleminde ise bandlar birbiri üzerine konular ve aynı şekilde çekilir. Çekme işlemi elyafın aynı tip olmasını sağlarken çift büküm ve tekrar çift büküm işlemleri şeritteki düzensizlikleri ayarlar.

### **3.1.2.1.4 Tarama**

Katlama işleminden sonra elyaflar hassas metal dişlilerle taranır. Tarama işlemi tüm elyafları önceden belirlenmiş bir uzunluktan daha kısa bir uzunluğa ulaştırır, geride hiçbir yabancı madde bırakmaz ve elyaf düzenlemelerini geliştirir. Daha sonra çekme silindirleri taranmış olan katmanı inceltir ve yeniden tek bir şeritte yoğunlaştırır.

### 3.1.2.1.5 Çekilme

Hem taraklama hem de tarama işleminden sonra yapılan çekilme işlemi düzeni ve çift bükümle elyafların paralel olmasını sağlar, birkaç tek şeridi karışık bir çile haline getirir. Çekme işlemi, yığını inceltip paralelliği sağlarken çift büküm kalın ve ince bölümleri ayarlar.

### 3.1.2.1.6 İpliğin çekilip hafifçe bükülmesi

Çile, eğirme işlemi için uygun bir boyuta ulaşıncaya kadar ipliğin çekilip hafifçe bükülmesi işlemi, çekme ve paralelleştirme işlemlerini devam ettirir. Hafif bir bükme yapılır ve çile, bir sonraki ipliği çekip hafifçe bükme aşaması ya da eğirme için kullanılan büyük bobinler üzerine sarılır.

### 3.1.2.1.7 Eğirme

Mekanik eğirmede sırasıyla çekme ve bükme yapılır. İpliği çekip hafifçe bükme bobinleri (üzerine ya da içine bir yada daha fazla sarılabilecek herhangi bir şekilde) tezgahın tepesindeki iğlere takılır. Çözülen çile sırasıyla dişli tekerlekle işleme çekme silindirleri, iplik kılavuzu, C şeklindeki kopça ve daha sonra da bobine geçer. Halkanın dikey hareketi ipliğin önceden belirlenmiş katmanlara yerleşmesini sağlar.

Eğirme pamuk sisteminde son aşamadır ve bükme işleminden ayıran özellik, çekme uygulamasıdır. Çekme uygulamasının miktar ve önemi aynı işlemler için farklı nemlilik oranları gerektiren ince ayrımların pekçoğunu açıklar.

### 3.1.2.1.8 Hava koşulları

Taraklamadan ipliği çekip hafifçe bükme işlemine kadar gevşekçe bağlanmış elyaflar statik elektrikle zarar görebilir. Birçok durumda statik nemlilik, birçok soruna yol açabileceği gibi nemlilik oranı çok yüksek olmamalıdır. Çekme işleminin uygulandığı yerlerde bitişik elyaflar ve bundan dolayı çapraz bölüme ait düzen arasındaki en uygun sürtme düzeninin sağlanması için sabit bir nemliliğe gereksinim duyulmaktadır.

### 3.1.2.2 Yünlü ve kamgarn sistemleri

Kamgarn sistemi daha sık bükümlü ve daha ince iplikler üretirken, yünlü sistem genellikle daha kaba iplikler üretir. Her iki sistem yün özellikleri sentetik elyaflar kadar daha ince yün karışımlarda kullanılabilir. Her iki sistemde kullanılan teçhizatlar çekme ve büküm prensiplerinin aynılarını uygular, ancak detaylarda büyük farklılıklar gösterir ve pamuk sisteminde kullanılan makinalardan daha karmaşıktır.

Çizelge 3.1 75-80°F (23,9-26,6°C)'da yapılan yün işleme metodlarında önerilen nemlilik oranları. (Ashrae, 1991)

Bölümler	Nemlilik, %
Ham yün stoğu	50-55
Karıştırma ve harmanlama	65-70
Tarıklama-kamgarn	60-70
Yün	60-75
Tarama, kamgarn	65-75
Çekilme, kamgarn – Bradford sistemi	50-60
– Fransız sistemi	65-70
Eğirme – Bradford kamgarn	50-55
– Fransız (eğirme makinası)	75-85
– Yünlü (eğirme makinası)	65-75
Sarma ve bobin sarma	55-60
Çözüğü, kamgarn	50-55
Dokuma, yünlü ve kamgarn	50-60
Kumaş deneme ya da kumaş yeri	55-60

Yün elyaflar daha pis, daha yağlı ve daha düzensizdirler. Elyaf, bol su ile temizlenerek yağı çıkarılmalıdır. Daha sonra elyaflar, elyaflar arasındaki hareketin daha iyi olmasını sağlamak için genellikle belirlenmiş miktardaki yağla doyurulur. Yün elyaflar pul pul kabuklu ve kıvrıkcık olduğundan daha yapışkındır ve daha farklı işlemlere tabi tutulmalıdır. Yün buraya kadar olan işlemler sırasında daha yüksek nemlilik oranı gerektirdiği için pamuklu ve sentetik elyaflardan farklılık gösterir. Yaklaşık nemlilik oranları Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

### **3.1.2.3 Filaman ve ipliklerin eğirilmesi**

Eğirme işlemi daha önce filamanlara uygulanırdı. Filamanlara birkaç çifte büküm yapılır, daha sonra da sağlamlık, düzen ve esneklik kazandırmak için eğirilirdi. Özellikle bu işlem bugün de kullanılmaktadır, ancak artık sentetik elyafların tek ve çok filamanları kadar, bükülmüş iplikler için de kullanılmaktadır. Eğirme örgü iplikleri, kordon, lastik ipi, düğümlü iplik, bükümlü iplik, bazı örgü iplikleri ve başka ipliklerde çok kullanılmaktadır.

Eğirme işlemiyle iplik özellikleri sert ya da yumuşak, sağ (s) ya da sol (z) büküm yapılarak kontrol edilir.

Kalite, büyük ölçüde bükme düzenine, bu da hava koşullarının öncelikle şiddeti ve istikrarına bağlıdır. (Çizelge 3.1)

### **3.1.3 Kumaş yapımı**

#### **3.1.3.1 Hazırlık niteliğindeki işlemler**

Eğirme ve bükme işlemleri tamamlandığında her iki türdeki iplikler dokuma ya da örgü için hazır edilebilir. Kumaş yapımında temel işlemler şunlardır; sarma, çile sarımı, çözgü, haşılama, ıslatma, kurutma ve başkaları. Genel amaç ikiye ayrılmaktadır:

1. İpliği bir önceki aşamayla işlem tezgah çeşidinden bir sonraki işlem için uygun bir şekilde sokmak,
2. Son imalata kalmayacak şekilde boyutlar, zamklar veya başka ilaçlarla ipliklerin bir kısmını doyurmak.

### 3.1.3.1.1 Atkı ipliği

Dokumada kullanılan yatay liflere atkı denir. Dokuma tezgahı mekiğinde kullanmak için atkı ipliği makaralara sarılır. Bazen atkı ipliği iki kat boyanmaktadır ve makaraya sarılmadan verilmelidir. Doldurma işlemi nispeten sıkı bükümlüye, ısı, nem ya da her ikisinin yardımıyla hafifletilen iç kuvvetlerdeki havalandırma işlemi ya da büküm ayarlama bölümüne yerleştirilebilir.

### 3.1.3.1.2 Çözümlü ipliği

Dokumada kullanılan dikey liflere çözümlü denir. Çözümlü ipliği, dokuma tezgahındayken alacağı ipliklerin sürtünme yoluyla ısınmasına dayanıklılığını artıran tutkal ya da nişasta kolasını geçici astarıyla doyurulur. İplik öncelikle hızla ve yumuşak bir şekilde çözüleceği bir koni ya da başka büyük bir bobine tekrar sarılır. İkinci aşama, çözümlü ya da çözümlü bölümleri de denilen büyük bobinlerdeki çeşitli uçları paralel düzende saran çözümlü işlemidir. Üçüncü aşama olan haşılama iplikler sırasıyla ayırma solüsyonu, baskı silindirleri ve teneke kutular ve buharlı kurutma silindirleri ya da alternatif olarak hava ile kurutma odasında dolanırlar. Tek bir çözümlü levendi üzerine birkaç bin libre (81 libre 453 gram) lık sarım yapılır.

### 3.1.3.1.3 Örgü ipliği

Kıvrımlı ilmeği azaltmak için sıkı bükümlü örgü ipliğinin büküm ayarı iyi yapılmalıdır. Filaman iplikler diğer işleme özelliklerini geliştirmek için sıkılaştırılmalıdır. İkisi de koni ya da diğer uygun bobin şekline sokulmalıdır. Gerilimi düzgünleştirmek için bobin yoğunluğunu düzenli tutmak da büyük önem taşımaktadır. Bobin yoğunluğunu düzenli tutma işleminde düzgün bir gerilim büyük bir önem taşımaktadır. Sıkı bir bobinden çözümlü ya da gevşek bir bobinden düşen iplikler asılma (dolaşma) tehlikesi yaratırlar. Kirlilik bu iki eğilimi de şiddetlendirir.

### 3.1.3.2 Dokuma

Dokuma işleminin en basit şeklinde, dokuma takımları yarık denilen bir açıklık vermek için çapraz çözümlü ipliklerini yükseltir veya alçaltırlar. Boş makara içeren mekik, gerisinde doldurma ipliği sevk ederek açma işlemine doğru itilir. Tabaka ve tarak daha sonra yarığın bir tepesine ve önceden dokunmuş yünlü giysinin üzerine ipliği vurur. Her mekik geçidi birer mekik ipliği yapar. Bu işlemler saniyede beş kez tekrarlanır.

Her çözümlü ipi genellikle bir iplik aracılığıyla serbest bırakılan iniş iğnesine geçer ve dokuma tezgahını otomatik olarak durdurur. Diğer bir otomatik mekanizma, dokuma tezgahını durdurmadan, daha önceki makara boşaldığından, mekiğe yeni bir makara yerleştirilir. Diğer mekanizmalar boşlukları doldurma, düzensiz mekik kutulama ile işlemektedir ve elle tekrar çalıştırılincaya kadar dokuma tezgahını durdurur.

Yüksek nemlilik derecesi çözümlünün aşınma dayanıklılığını artırır. Dokuma alanlarının birçoğu %80-85 nemlilik oranına gereksinim duyarlar. Hatta pamuk için daha yüksek, sentetik elyaflar için ise %70'ten fazla nemlilik oranına gerek vardır. Bölüm nemlilik oranı ve sıcaklığı denetim altında tutulduğunda birçok dokuma tezgahı daha hızlı çalışır.

Dokuma alanında güç dağılımı, eğirme işlemindekine göre daha düşük bir ortalama konsantrasyonla düzenlidir. Elyafın sert işlenmesi hem elyafın hem de büyüklüğün birçok dakika parçacıklarını, asılı toz yeterli miktarlarını yaratarak gizler. Yüksek nemlilik yüzünden hava saatte ortalama 4-8 defa sirküle edilir. Üretimin düştüğü dönemlerde, genellikle daha düşük bir nemlilik oranında koşullar sağlamak için özel hazırlıklar yapmak gerekir.

### 3.1.3.3 Örme

Tipik örme ürünleri dikişsiz parçalardır ki, bunlar fanilalar, çoraplar, dairesel makinalarda üretilen iç çamaşırları ve çoraplar, örme şapkalar, tam biçimli çoraplar, trikolar, milano tezgahları ve örgü dokumalardır.

Temel işlem, birbirine geçecek olan milyonlarca ilmeği oluşturarak bir dokumayı meydana getirmektir. Bunu en basit biçimde, sivri uçlu bir iğne üzerine düşeni fazlasıyla yapar.

Daha karmaşık durumlarda, yüzlerce sivri uç, paralelinde daha fazla veya daha az etkin olabileceği grup elementleri varolabilir.

Örgü iplikleri tek veya bölümlü olabilir veya yüksek kaliteli, tek biçimli ve düğümsüz olmalıdır. Bu iplikler, özellikle çok lifli olanı genellikle kırık olan ince liflerin arkasını soyulmaktan korumaya ve kayganlığı sağlamada kullanılır.

Örme için, tavsiye edilen oda sıcaklığı yaklaşık olarak 76°F (24,4°C) ve bağıl nem oranı ise %45-65 arasındadır.

### **3.1.3.4 Tamamlama**

Tamamlama, bir iplik fabrikası ürünü için kendine özgü piyasadaki son aşamadır. Tamamlama göstergeleri temizlenmeden, ortaya çıkışa kadar meydana gelen özellikleri ortaya koyar.

Tekli operasyonlar ve çok sayıda üretim faaliyeti olmakla birlikte bu lifin çeşidine, ipliğin veya dokumanın çeşidine hatta üretim mamülünün kullanım yöntemine bağlıdır. İşlemler genellikle farklı fabrikalarda yapılabilir.

## **3.2 Pamuk Liflerinin Morfolojisi ve Kimyasal Bileşimi**

Cinsine, toprağa ve kültür yöntemlerine göre yüksekliği 25 cm. ile 2 m. arasında değişen pamuk bitkisi, normal olarak tohumun toprağa atılmasından 3 ay sonra 12-24 saat gibi kısa bir süre için çiçek açmakta ve daha sonra içerisinde 3-5 tane çekirdek bulunan kozalara dönüşmektedir. Kozaların açılarak liflerin dışarı çıkması için tekrar üç ay kadarlık bir sürenin geçmesi gerekmektedir.

Tarlalardan toplanan pamuk çırçır fabrikalarına gelerek burada roller-gin veya saw-gin yöntemlerine göre çırçırlanır yani pamuk lifleri çekirdeklerinden ayrılır. Çırçırlamayı özel emici makineler yardımıyla da yapmak mümkündür.

Pamuk tek hücreli bir liftir ve kapsül açılıncaya kadar ortasındaki hücre kanalı protoplazma sıvısı ile doludur. Kapsül açılınca lif ölür ve kurumaya başlar. Kurumadan önce silindirik bir yapıya sahip olan lif kesiti kuruyunca böbrek şeklini alır ve uzunlamasına kesit de

tirbişonvari bir görünüm kazanır. Bu tirbişonvari görünüm lif içerisindeki fibrillerin helezonik yerleşimlerinin bir sonucudur.

Bu fibriller lif boyunca birçok kere yön değiştirmektedirler. Kıvrımların sayısı lif incelikle artmaktadır. Dolayısıyla ince liflerin ipliklerde birbirine tutunmaları daha iyi olmaktadır.

Çizelge 3.2'de 100 kg kütlü pamuktan çırçırılama sonucu elde edilen ürünler ve bu ürünlerin nerelerde kullanıldığı gösterilmektedir.

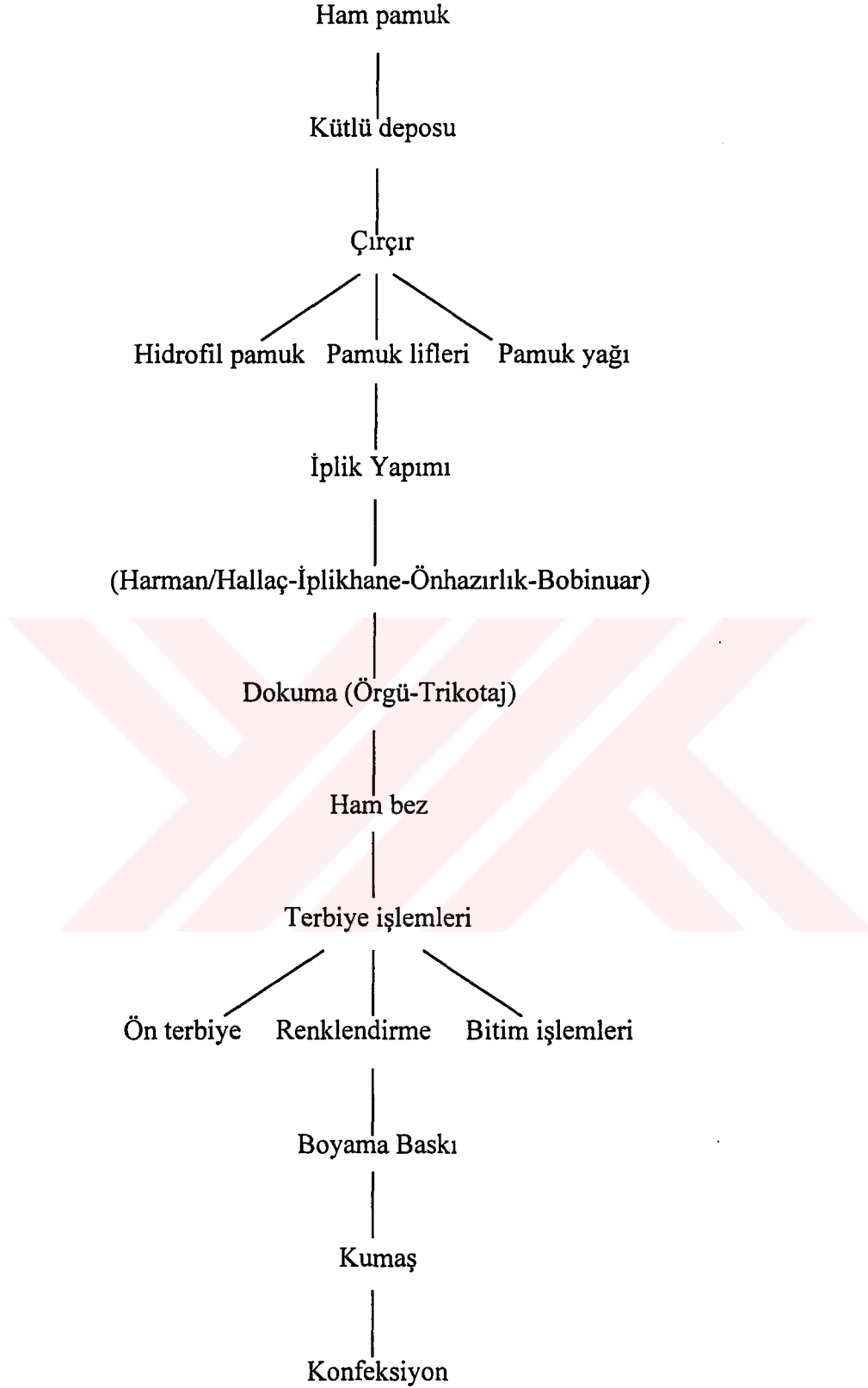
Çizelge 3.2 Pamuk çırçırılamaında elde edilen ürünler. (Ashrae, 1991)

Elde edilen ürünün cinsi	Miktarı	Kullanıldığı yer
Pamuk lifleri	35 kg	Her türlü tekstil ürünü.
Lifters	5 kg	Rej, selüloz lifleri, nitro selüloz, sıhhi pamuk, doldurma maddesi.
Pamuk yağı	10 kg	Margarin, sıvı yağ, sabun.
Yağ posası	30 kg	Hayvan yemi.
Kabuklar, pislikler	20 kg	Değerlendirilmiyor.

### 3.3 Pamuğa Uygulanan Prosesler

Tarlalardan toplanan pamuk, konfeksiyon ürünü olarak kullanıma gelene kadar pekçok aşamadan geçer. Pamuğa uygulanan işlemler Şekil 3.1'de akış şemasında gösterilmiştir.

Tarlalardan elle veya makina ile toplanan ham pamuk tohumları, balyalar haline getirildikten sonra, kütlü deposu olarak adlandırılan depoda biriktirilir. Kütlü deposundan balyalar halinde alınan pamuklar çırçır fabrikasındaki çırçır makinaları yardımıyla çırçırılır yani pamuk lifleri çekirdeklerinden ayrılır. Pamuk tohumu çırçır makinalarından çıktığı gibi kullanılması halinde sadece hayvan yemi olarak kullanım bulur. Bilinçli bir şekilde işlenmesi halinde pamuk tohumlarının tamamı kullanıldığı gibi birçok ürün de elde edilir.



Şekil 3.1 Pamuğa uygulanan prosesler. (TÜBİTAK, 1994).

### 3.3.1 Pamuk tohumundan pamuk yağı elde edilmesi

Pamuk üretimin yan ürünü olarak çıkan pamuk tohumu genelde %17 yağ içeren kıymetli bir tarım ürünüdür. Pamuk tohumunun çırçır makinalarından çıktığı gibi kullanılması durumunda içermiş olduğu yüksek yağ miktarı dolayısıyla sadece hayvan yemi olarak kullanılabilir.

Pamuk tohumu içindeki yüksek miktardaki yağ özel bir işlem uygulanarak pekçok yan ürünle beraber elde edilir ve böylece pamuk tohumunun tamamı da kullanılmış olur. Preslerde oluşan basınç ve buharın meydana getirdiği ısı ile yağ alınır, preslerden yağlı küspe çıkar ve hayvan yemi olarak kullanılır.

### 3.2.2 Hidrofil pamuk elde edilmesi

Pamuk lifleri yağ, mum, petkin, hemiselüloz gibi yabancı maddeler içermektedirler. Bu maddeler liflere yumuşak, güzel bir tutum kazandırmaktaysalar da, pamuğun terbiye işlemleri esnasında bazı sakıncalar yaratmaktadırlar. Bunların önemli bir kısmı hidrofop maddelerdir ve dolayısıyla yağ terbiye işlemleri sırasında liflerin iyi ve düzgün bir şekilde ıslanmasını, flotte olmasını güçleştirmektedirler.

Pamuk liflerine, toplanmaları sırasında yaprak, koza artıkları ve çırçırlandıkten de çekirdek kabukları karışabilmektedir. Bu pisliklerin bir kısmı iplik eldesi esnasında uzaklaştırılabilmekte ise de, bir kısmı uzaklaştırılamayıp ham bez üzerinde kalmaktadır. Koyu renkli olan bu çöpeller beyaz olarak kullanılacak veya açık renkte boyanacak ürünlerin görünüşünü bozarlar.

Hidrofil pamuk üretiminde hammadde olarak telef pamuk veya penye pamuk kullanılır. Hidrofilleştirme işlemi, pamuğun su emici veya suda batar hale getirilmesi prosesidir. Bu prosese ait akış şeması Şekil 3.2'de belirtilmiştir.

Pamuğa hidrofil özellik kazandırılması işlemi şu aşamalardan oluşmaktadır:

Fabrika ambarından alınan telef pamuk öncelikle preslenir. Presleme işlemi silindirik bir tank içinde yapılabilir. Presleme işlemi müteakip, 4-7 bar basınçtaki buhar sayesinde otoklav kazanı içinde 110°C'ye kadar ısıtılır. Isıtma esnasında otoklav içine kostik ve F-

Crotein maddeleri ilave edilir. Otoklav içindeki kostikler ve F-Crotein pamuklarla beraber 3 saat sirküle edilir. 3 saatten sonra numune alınıp bakılır. Pamuk hidrofil yani su emici hale gelmişse işlem tamamlanır. Aksi durumda kostik ve F-Crotein ilavesi ile işleme devam edilir.

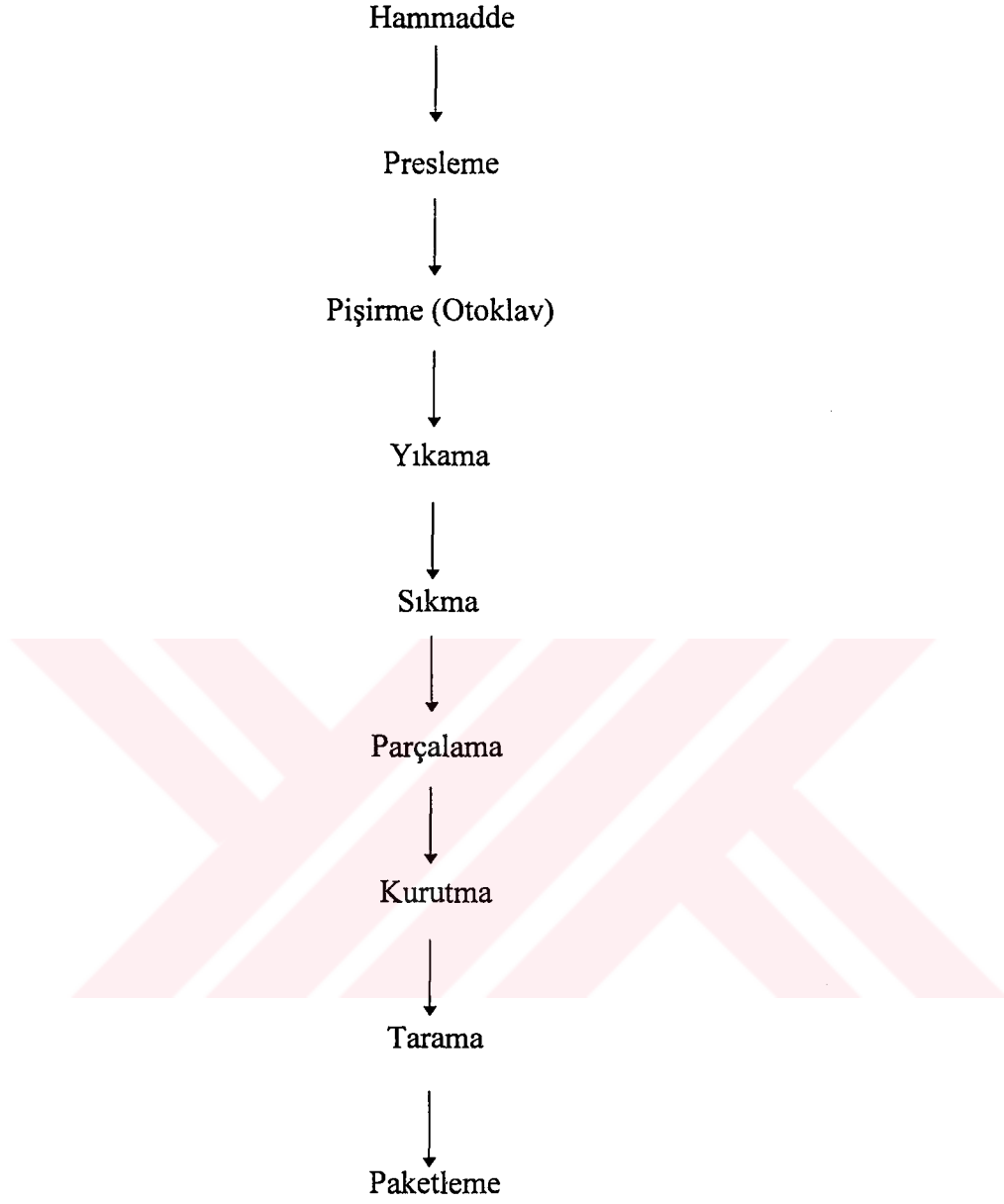
Pamuk hidrofil hale geldikten sonra buhar kesilir ve basınç düşürülür. Şebeke suyu ile pamuk yıkanır. Çıkan su turnusol kağıdı ile kontrol edilip, kağıdın renk değiştirmeyeceği hale kadar yıkamaya devam edilir.

Otoklavdaki yıkama suyu boşaltıldıktan sonra otoklav tekrar temiz su ile doldurulur. Otoklav yaklaşık 60-80°C'ye kadar ısıtılıp, otoklav içine hidrojen peroksit ilave edilir ve sirkülasyona başlanır. Bir saat sirküle edildikten sonra pamuk kontrol edilir. Pamuk beyazlaşmış ise işlem tamamlanmış olur. Otoklavdan sepet çıkarılarak pamuklar dışarı alınır.

Otoklavdan beyazlaşmış olarak çıkarılan pamuk yıkama havuzundan lif lif açılarak yıkanır. Bu yıkama işlemi hidrojen peroksit bitene kadar devam eder. Suda köpürme kalmadığı zaman hidrojen peroksit bitmiş demektir. Hidrojen peroksiti tamamen temizlenmiş olan pamukların bulunduğu havuza yumuşatıcı koyulur ve yıkama işlemine devam edilir.

Havuzda yıkama işlemi tamamlanan pamuk santrifüj usulü ile sıkma makinasına koyulup, sıkılır. Sıkma makinasından alınan rutubetli pamuk yaş parçalayıcıda iyice dağıtılır. Parçalayıcıdan çıkan rutubetli pamuk, buharlı kurutma makinasında %8 rutubete erişene kadar kurutulur. Kurutulmuş olan pamuklar kuru parçalama makinasında parçalanır.

Parçalama işlemi tamamlandıktan sonra pamuk taraklama işlemine tabi tutulur. Karışık ve havalanmış durumdaki pamuk lifleri istenilen kalınlıkta ve temizlikte bu işlemden çıkar ve merdaneye sarılarak top pamuk haline getirilir. Top haline getirilen pamuk istenilen büyüklüklerde kesilerek paketlenir. (Tarakçıoğlu, 1988)



Şekil 3.2 Hidrofil pamuk imalatı proses akış şeması. (Tarakçıoğlu, 1988)

## **BÖLÜM 4. TEKSTİLDE BUHARIN KULLANILDIĞI DİĞER ALANLAR**

### **4.1 Tekstil Ürünlerinin Kurutulmasında Buharın Kullanımı**

Yaş bir işleme tabi tutulmuş veya yıkanmış bir tekstil ürünü, banyodan hiç sıkmadan çıkarıldığında üzerinde ağırlığının %150-300'ü kadar su bulundurmaktadır.

Tekstil ürününün üzerindeki bu suyun uzaklaştırılması işlemi ön kurutma ve esas kurutma işlemleri olmak üzere iki adımda yapılmaktadır.

#### **4.1.1 Ön kurutma**

Tekstil ürünlerinden suyun uzaklaştırılması mekanik yollarla üç şekilde yapılabilmektedir.

Sıkma yönteminde, suyu uzaklaştırılacak ürünü, belirli bir basınç altında bulunan merdaneler arasından geçirmek esasına dayanır.

Santrifüjleme yönteminde, kesikli çalışmalarda yaş tekstil ürünündeki yüzey ve kapiler suyunun en etkin bir şekilde uzaklaştırma santrifüj yardımıyla sağlanabilir.

Emme ve püskürtme yönteminde, geniş durumdaki kumaş bir veya birkaç tane emme yarığının üzerinden geçirilmektedir. Vakum pompaları yardımı ile bu yarıklardan 5000-6000 l/dak'ya kadar çıkabilen miktarlarda hava emilmektedir. Kumaş içersinden emilen hava, beraberinde kumaştaki suyun bir kısmını da alıp götürmektedir.

#### **4.1.2 Esas kurutma**

Tekstil ürünlerinin ön kurutma işleminden sonra esas kurutulmasında, kurutma işlemi bir ısı transferi yardımıyla gerçekleşir. Bu ısı transferi de taşınım, iletimle ya da radyasyonla gerçekleşebilir. Taşınım olan ısı transferinde, genellikle gaz halindeki bir maddedeki (örneğin havadaki) ısının, bu gazın kurutulacak olan ürüne değerek geçmesi sırasında ürüne geçmesi prensibine dayanır. Taşınım yöntemli kurutucular çok yaygın olarak kullanılır.

Kumaş ve benzeri tekstil ürünlerinin kurutulmasında sonsuz bantlı konveyör sistemli kurutucular çok yaygın olarak kullanılır. Bu kurutucularda tekstil ürünü sonsuz bantlı

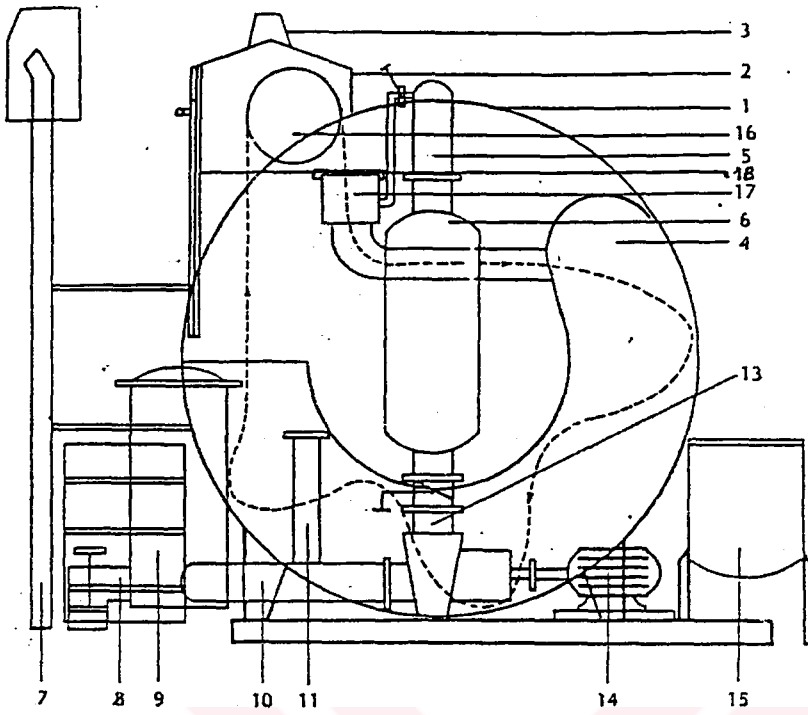
silindirler üzerinden geçerken, kurutucu gövdesinden buhar tarafından ısıtılmış sıcak hava ürünün içinden geçerek ısınıp terkederek kurutmayı gerçekleştirir.

Bir tekstil kompleksinde yeterli kapasitede bir buhar tesisi varsa, kurutucularda kullanılan havanın ısıtılması basınçlı buharla sağlanabilir. Normal kurutmalar için 7 bar'lık buhar yeterli olabilmekte, kondensasyon (buruşmazlık yüksek terbiyesi) işleminde yapılması düşünülüyorsa kullanılacak buharın basıncı en az 11 bar olmak zorundadır.

Sonsuz taşıma bandı üzerinde taşıyarak tekstil ürününün kurutulmasında, tekstil ürününü atkı ve çözgü yönünde giren hiçbir kuvvet olmadığından, kurutma esnasında ürünün her iki yönde de çekmesi (büzülmesi) iyi bir şekilde sağlanmaktadır. Bu kurutucularda kurutmada kullanılan ve kurutucuyu terkeden nemli hava genellikle 100°C'nin üzerinde bir sıcaklığa sahiptir. Bu sıcak havayı ters akım prensibi ile soğuk hava veya suyla 55°C'ye kadar soğutmak ve ondan sonra da dışarı göndermek mümkündür. Bu şekilde sağlanacak enerji tasarrufu, sistemi daha verimli hale getirmektedir. (Ashrae, 1991)

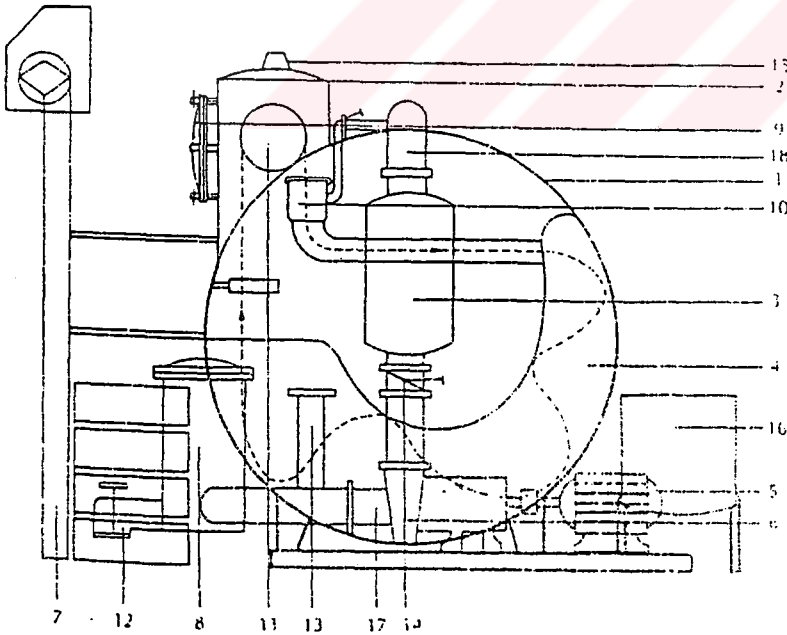
#### **4.2 Tekstil Ürünlerinin Boyanması ve Ütülenmesinde Buharın Kullanımı**

Tekstil fabrikalarının en önemli bölümlerinden biri olan boyahanelerde buhar çok önemli bir kullanım bulur. Atmosferik taşmalı veya yüksek sıcaklıklı boya makinalarında ihtiyaç duyulan buhar basıncı 6-7 bar olup bu boya makinaları komple paslanmaz çelikten imal edilirler. Boyama makinalarına ait donanımlar Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Ayrıca boyahanedeki proses akışı Şekil 4.3'te belirtilmiştir. (Tarakçıoğlu, 1988)



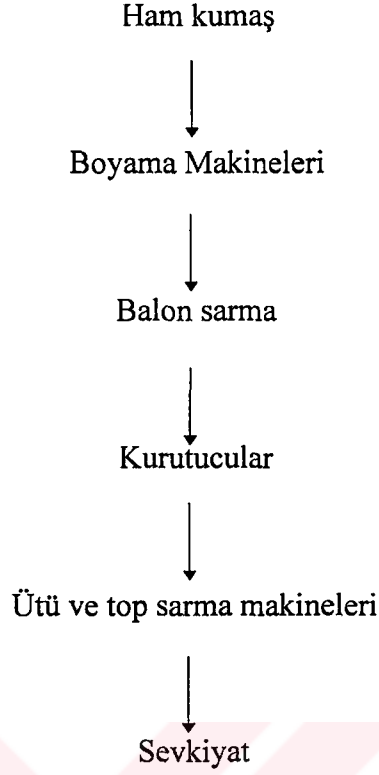
- 1- Gövde
- 2- Hazne
- 3- İç aydınlatma
- 4- J-Box
- 5- Pompa hattı
- 6- Eşanjör
- 7- Yüksüz hazne
- 8- Boşaltma vanası
- 9- Filtre
- 10-Emiş hattı
- 11-Dolum vanası
- 12-Sirkülasyon pompası
- 13-Suakış klapesi
- 14-Ana tahrik motoru
- 15-İlave tankı
- 16-İç hazne
- 17-Taşkan haznesi
- 18-Ön

Şekil 4.1 Atmosferik taşmalı boya makinası. (Tarakçıoğlu, 1988)



- 1- Gövde
- 2- Hazne
- 3- Eşanjör
- 4- J-Box
- 5- Ana tahrik motoru
- 6- Sirkülasyon pompası
- 7- Yüksüz hazne
- 8- Boşaltma vanası
- 9- Adam deliği
- 10-Taşkan
- 11-İç hazne
- 12-Boşaltma vanası
- 13-Dolum vanası
- 14-Suakış klapesi
- 15-İç lamba
- 16-İlave tankı
- 17-Emiş hattı
- 18-Pompa hattı

Şekil 4.2 Yüksek sıcaklıklı boya makinası. (Tarakçıoğlu, 1988)



Şekil 4.3 Boyahane proses şeması. (Tarakçıoğlu, 1988)

Tekstil ürünlerinin ütülenmesi sırasında ihtiyaç duyulan buhar basıncı 4-5 bar civarındadır.

#### 4.3 Baskı İşlemlerinde Buharın Kullanımı

En basit haliyle, bir baskı işlemi aşağıdaki aşamalardan oluşur. (Clarke, 1971)

1. Baskı patının hazırlanması
2. Kumaşın basılması
3. Kurutma
4. Boyanın fikse edilmesi
5. Yıkama

### **4.3.1 Baskı patının hazırlanması**

İlk olarak, boyanın sınıfı ve basılacak kumaş uygun bir şekilde seçilmelidir. Boya, suda çözünen veya suda çözünmüş olarak sağlanabilir.

Bazen de dağılabilecek granüller halinde çözünmez boyalar kullanılır.

### **4.3.2 Baskı**

Kumaşların baskı işlemleri rulo baskı makinaları, blok baskı makinaları, film baskı makinaları yardımı ile gerçekleştirilir.

### **4.3.3 Kurutma**

Kumaş basıldıktan sonra, baskı patında kalan nemin uçurulması gerekir. Kurutma işlemi, iyi bir baskı efekti ve kumaşın sonraki işlemlerde çatlamasını engellemek için gereklidir. Kurutma hızı, kumaş düşük miktarda nem içeriyorsa önem kazanır. Kurutma işlemi hava fanı kullanımıyla veya mevcut kurutucunun gücünün artırılması ile daha etkin hale getirilebilir. Kurutma işlemi, pigment boyaları fikse etmek için yapılan fırınlama işlemi ile karıştırılmamalıdır. Ancak fırınlama ayrı bir cihazda yapılır ve fırınlama kurutmadan sonra gelen bir işlemdir.

### **4.3.4 Boyanın fikse edilmesi**

Bu işlem boya sınıfına bağlı olarak, değişik metodlarla yapılır. Bunlar fırınlama, ıslak geliştirme, basınçlı buharlama, yüksek sıcaklık buharlaması ve normal buharlamadır.

#### **4.3.4.1 Fırınlama**

Bu metodda, gazla çalışan veya elektrikli fırından birisi kullanılır. Bu işlem 160-180°C'ye dek ısıtılabilen havalandırılmış bir odada yapılır. Alt ve üst fırın silindirleri kumaşın cihazdan 2 ila 5 dk. sürelerle geçmesini sağlar. Fırında, atkı çekmesini kontrol eden bir sistem yoktur. Bu yüzden, daha yüksek sıcaklıkta işlemler gerekince yüksek sıcaklıkta

çalışan ramöz makinası kullanılmaktadır. Bu da, oldukça büyük bir yatırım gerektirir. Ramöz'de 1 dk'lık 200°C'de işlem, kumaş boyutunun kontrolü için yeterli olmaktadır.

#### **4.3.4.2 Islak geliştirme**

Bu işlem endüstriyel olarak, üst ve altında yardımcı silindirleri olan dikdörtgen bir tankta açık ende yapılır. Geliştirme tankı, çok tanklı açık bir yıkayıcının ilk tankından oluşabilir veya yıkama sistemine özel olarak ilave edilebilir. Bu metodun kullanım alanı kısıtlıdır. Reaktif boyalar ve pamuklu kumaşların boyanmasında kullanılır.

#### **4.3.4.3 Basınçlı buharlama**

Polyester ve selüloztriasetat karışımlı kumaşların, boyalarının fikse edilmesinde, 0,1-0,25 MN/m<sup>2</sup> (1-2,5 atm)'lik basınçta buhar kullanılarak, fikse işlemi kesikli bir işlem alır ve "yıldız buharlayıcı" ile yürütülür.

#### **4.3.4.4 Yüksek sıcaklık buharlaması**

Boyanın hızlı şekilde fikse edilmesini sağlar. Yüksek sıcaklıkta (kızgın) buhar kullanılır. Bu sistemle, gerekirse, 180-200°C sıcaklıkta çalışılabilir. Kısa işlem süresi sağlar ve basınç muhafazası kullanım gereğini kaldırır.

#### **4.3.4.5 Normal buharlama**

Bu işlemde 100°C veya biraz üstündeki sıcaklıkta, atmosferik basınç veya biraz üstündeki basınçta buhar kullanılır. Buhar, hava içermemelidir ve bol miktarda kaynak olmalıdır.

Basılmış kumaşların buharlanması, boyama işlemine benzetilebilir. Buharlamaadan önce, boya kütlesi, kuru kıvamlaştırıcı tabakada bulunur. Kurutma sırasında küçük bir kısmı elyafa nüfuz eder, ancak bu yetersizdir. Buharlama işlemi sırasında, baskılı alanlar nem çekicidir ve elyafın boyanmasını sağlayan çok yoğun bir boya banyosu oluşturur. Bu süre boyunca kıvamlaştırıcı maddenin görevi, boyanın baskılı alanların dışına bulaşmasını

engellemektir. Bu bulaşmaya “akma” denir. Elyaf üzerinde oluşan yoğun boya banyosu, çözeltiden çok jel yapısındadır ve akma eğilimi yoktur. Eğer buhar çok nemliyse veya baskı patı çok fazla higroskopik madde, örneğin; gliserin, üre içeriyorsa, kıvamlaştırıcı madde tabakası çözünür ve akma meydana gelir. Ayrıca, eğer buhar çok kuruyorsa, kıvamlaştırıcı tabakası yeterli miktarda nem çekemez ve boya tatminkar biçimde fikse edilemez.

Asit ve direkt boyalarda buharlama süresi genelde uzundur. Ancak sadece bir boyama işlemi olduğu için tek problem, buharın akmaya neden olacak kadar çok nem içermesini sağlamaktır. Hafif hava girmesi önemli değildir. Ancak, büyük hacimlerde soğuk havanın buharlayıcıya girmesi kumaştaki suyun kondensasyonuna neden olup, baskının akmasına neden olur. Bu boyalarda, 1 saate dek sürelerle buharlama yapılabilir.

Küp boyaların fikse işlemi, birkaç reaksiyondan oluşur ve uygun nemde, hava içermeyen, bol buhar akımı gerektirir. Genelde 5-12 dk’lık buharlama süreleri yeterlidir. Ancak ani eskitme prosesinde 20 saniyelik bir işlem yeterli olmaktadır. Boyanın iyi fikse edilebilmesi ve beyaz lekeli kalan kısımlar genelde, yetersiz buhar kaynağına bağlanılmaktadır. Buharlayıcıda basılan kumaş girince, hava buharla hızlı bir şekilde yer değiştirmelidir, yoksa boyanın fikse işlemi zayıflatılmış olur. Buharlayıcıdan çabukça çıkarılamayan hava, buharlama sırasında ulaşılan yüksek sıcaklıklarda, basılan bölgelerde bulunan sodyum sülfoksilat formaldehitte tepkimeye girer ve onu bozar. Buna bağlı olarak da sodyum sülfoksilat formaldehit, görevi olan küp boyayı indirgeme fonksiyonunu tam olarak yerine getiremez. Bu da, boyama reaksiyonunu geciktirir. Sonuçta da; baskılar, küp boyanın yetersiz ve düzensiz fikse edilmesinden dolayı tatminkar olmayan sonuçlar verir.

#### **4.3.5 Yıkama (son işlem)**

Buharlama işleminden sonra, basılan malzeme, kıvamlaştırıcı kimyasallar, fikse olmamış boya fazlası gibi ortaya çıkan maddelerden yıkanarak temizlenir.

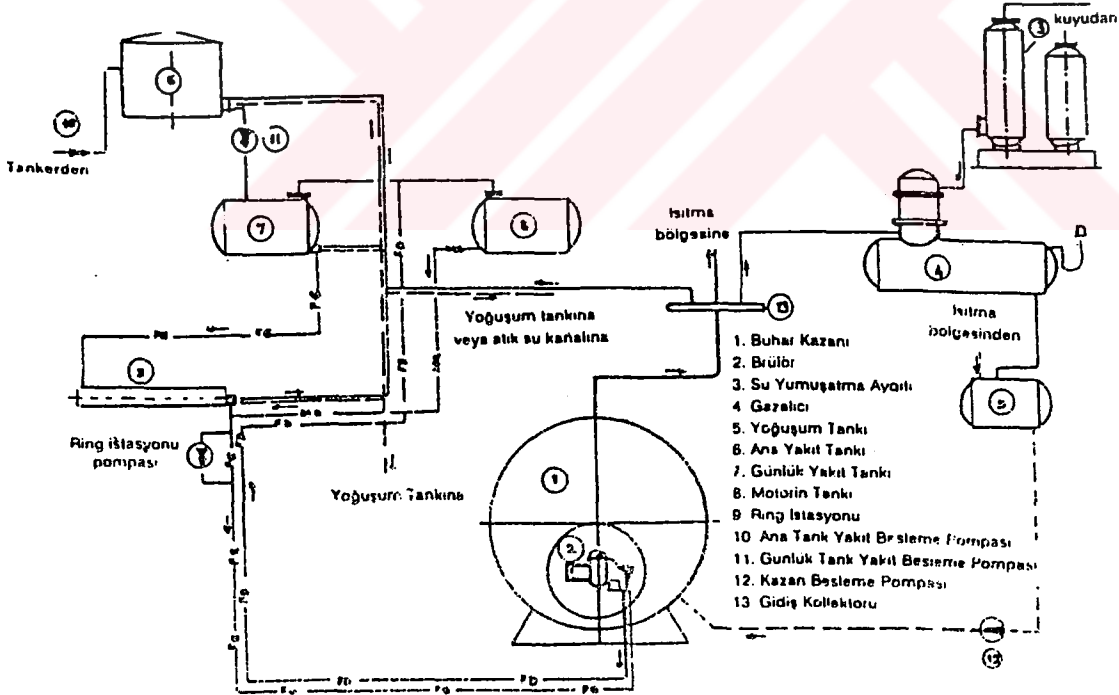
## BÖLÜM 5. TEKSTİL FABRİKASI BUHAR SANTRALİ SİSTEMLERİ

### 5.1 Buhar Kazanlı Klasik Sistem ve Donanımları

Komple bir tekstil fabrikasının kazan dairesindeki buhar tesisatı Şekil 5.1’de gösterilmiştir.

Tekstil fabrikasının ısıtılmasında, pamuğa uygulanan çeşitli proseslerde, örneğin hidrofil pamuk elde edilmesinde, pamuk tohumundan yağ eldesinde, iplik ve kumaşların kurutulmasında, boyanması, ütülenmesi ve baskı işlemlerinde buhara ihtiyaç duyulmaktadır.

Tekstil fabrikası içinde buharın kullanımı ne kadar önemli bir yer tutuyorsa, yumuşatılmış suyun da kullanımı çok yaygındır. Boyahanedeki her türlü iplik ve kumaş yıkama işlemlerinin çeşitli terbiye işlemlerinden sonra defalarca yapıldığı gözönüne alındığında yumuşatılmış suyun da önemi anlaşılmaktadır. Kazanlar için kazan besleme suyu olarak da yumuşak su kullanılması gereklidir. (TMMOB, 1994)



Şekil 5.1 Kazan dairesi buhar tesisatı. (TMMOB, 1994)

Buhar santralini oluşturan cihazlar ve donanımlar aşağıda detaylı olarak belirtilmiştir.

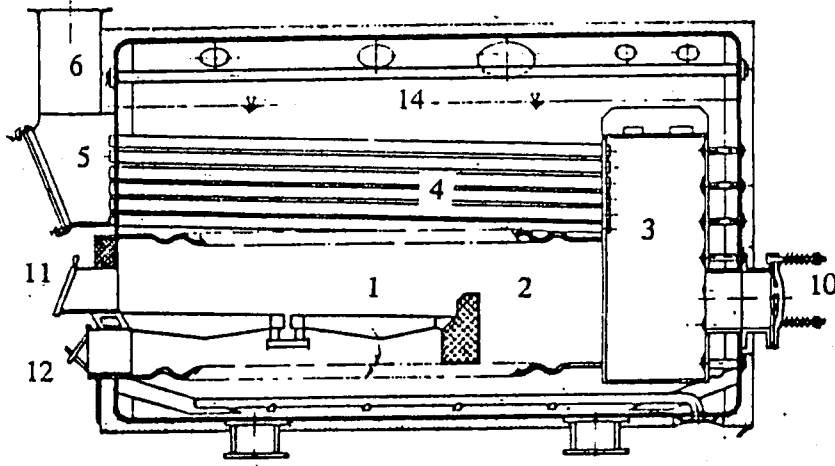
### 5.1.1 Buhar kazanları

Yakıtın yakılması ile elde edilen ısıdan yararlanarak, istenilen sıcaklık, basınç ve miktarda buhar üretip, çeşitli üretim bölümlerinde (pişirme, ısıtma, kurutma vb.) kullanılan sıcak akışkanın sağlanmasına yarayan kapalı kaba “buhar kazanı” denir. Kazan olayında temel amaç yakıtın ısı enerjisini kullanılacak akışkana (su) depo etmektir.

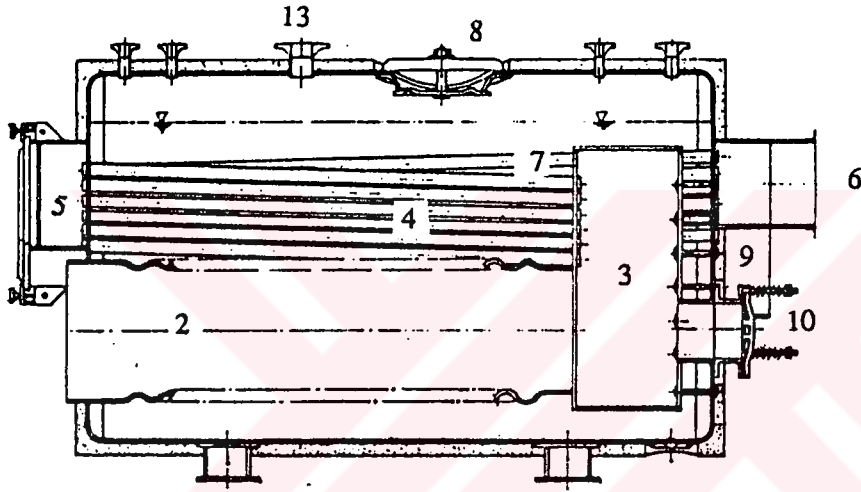
Sanayiide kurulan buhar kazanları genelde iskoç tipi, alev duman borulu ve üç geçişli olarak imal edilirler. Yakıtın yanması sonucu açığa çıkan sıcak duman gazları birinci geçiş olarak adlandırılan ocaktan geçerek, kısa duman borularına ulaşır. Kısa duman borularında (ikinci geçiş) bir miktar soğuyan duman gazları kazanın ön tarafında üçüncü geçiş yapacağı uzun duman borularına girer ve burada da ısını suya bırakarak bacadan soğumuş olarak dışarı atılır.

Buhar kazanları üzerinde su, buhar ve yakıt ile ilgili bağlantıların yapılması için pek çok bağlantı ağzı bulunur. Kazan içindeki basınç maksimum çalışma basıncının üzerine çıktığında kazanın içindeki fazla basıncın dışarı atılmasını sağlayan yaylı ve ağırlıklı emniyet vanaları kazan üzerine monte edilir. Kazandaki su seviyesi buhar sarfiyatına bağlı olarak sürekli değişim gösterir ve kazan içindeki su seviyesi kazan gövdesi üzerine yerleştirilmiş seviye göstere cihazlarından gözlenebilir. Kazandaki su seviyesi düşebileceği minimum seviyeye eriştiğinde, kazan üzerine bağlanmış otomatik kazan besleme cihazı devreye girerek, brülörü stop ettirerek yanma olayını durdurur ve kazan besleme pompalarını çalıştırarak kazana eksilen suyun takviye işlemi yapılır. Kazanın üzerinde çalışması istenilen alt ve üst basınç değerlerinin ayarlanmasını sağlayan presostatlar, basıncı gösteren manometreler, kazan içinde kaynama sonucu içerde oluşan köpük ve tortuyu dışarı almak için köpük alma düzeneği, kazan besleme suyu girişi, boşaltma (blöf) ağzı ve havanın alınması için havalık ağzı bulunmaktadır.

Alev-duman borulu iskoç tipi bir buhar kazanına ait donanımlar Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



(a) İki geçişli katı yakacak yakan tip



(b) Üç geçişli sıvı veya gaz yakacak yakan tip.

- |                         |                      |
|-------------------------|----------------------|
| 1.İzgara                | 8.Adam deliği        |
| 2.Alev borusu           | 9.Arka duman kutusu  |
| 3.Cehennemlik           | 10.Patlama kapağı    |
| 4.İkinci geçiş boruları | 11.Kömür atma kapağı |
| 5.Ön duman kutusu       | 12.Kül atma kapağı   |
| 6.Baca                  | 13.Buhar alma ağzı   |
| 7.Üçüncü geçiş boruları | 14.Takviye çubukları |

Şekil 5.2 İki ve üç geçişli İskoç tipi buhar kazanları. (Genceli)

### 5.1.2 Su yumuşatma cihazı

Su, hidrojen (H<sub>2</sub>) ve oksijenin (O<sub>2</sub>) kimyasal birleŝmesi ile oluşur. Yumuşatılmış veya damıtılmıŝ su renksiz, kokusuz ve tatsızdır. Böyle bir suyun +4°C deniz düzeyinde ve açık havada özgül ağırlığı 1 gr/cm<sup>3</sup>, kaynama derecesi 100°C'dir. Fakat doğada su çeşitli yer katmanlarından geçerken yapısına bazı metal tuzları eriterek alır. Bu tür sulara sert su denir. Sularda sertlik; geçici sertlik ve kalıcı sertlik olarak iki şekilde nitelendirilir. Kaynatılarak keltme biçiminde giderilen sertliğe geçici sertlik denir. Bu tür sularda erimiş olarak kalsiyumbikarbonat ve magnezyumbikarbonat gibi karbonatlar bulunur.

Kaynatılarak keltme biçiminde giderilemeyen sertliğe, kalıcı sertlik denir. Bu tür suların yapısında magnezyumslfat, kalsiyumslfat gibi sülfat tuzları bulunur. Toplam sertlik sudaki kalsiyumkarbonat (CaCO<sub>3</sub>) miktarı ile belirlenir.

Su yumuŝatmanın pekçok yöntemi olmasına rağmen sanayiide en çok kullanılan yöntem iyon değiştirme yöntemidir. Bu yöntem iyon tutma ilkesine dayanır. Bu nedenle anyonik ve katyonik olmak üzere iki tür yapay reçine geliştirilmiştir. Anyonik reçineler, anyon yüklü metal tuzları tutabilen reçinelerdir. Yani kendileri katot görevi görürler. Katyonik reçineler ise katyon yüklü metal tuzları tutan reçinelerdir. Yani anot görevi görürler.

Suyun yumuŝatılması sırasında oluşan kimyasal olay ŝöyledir:

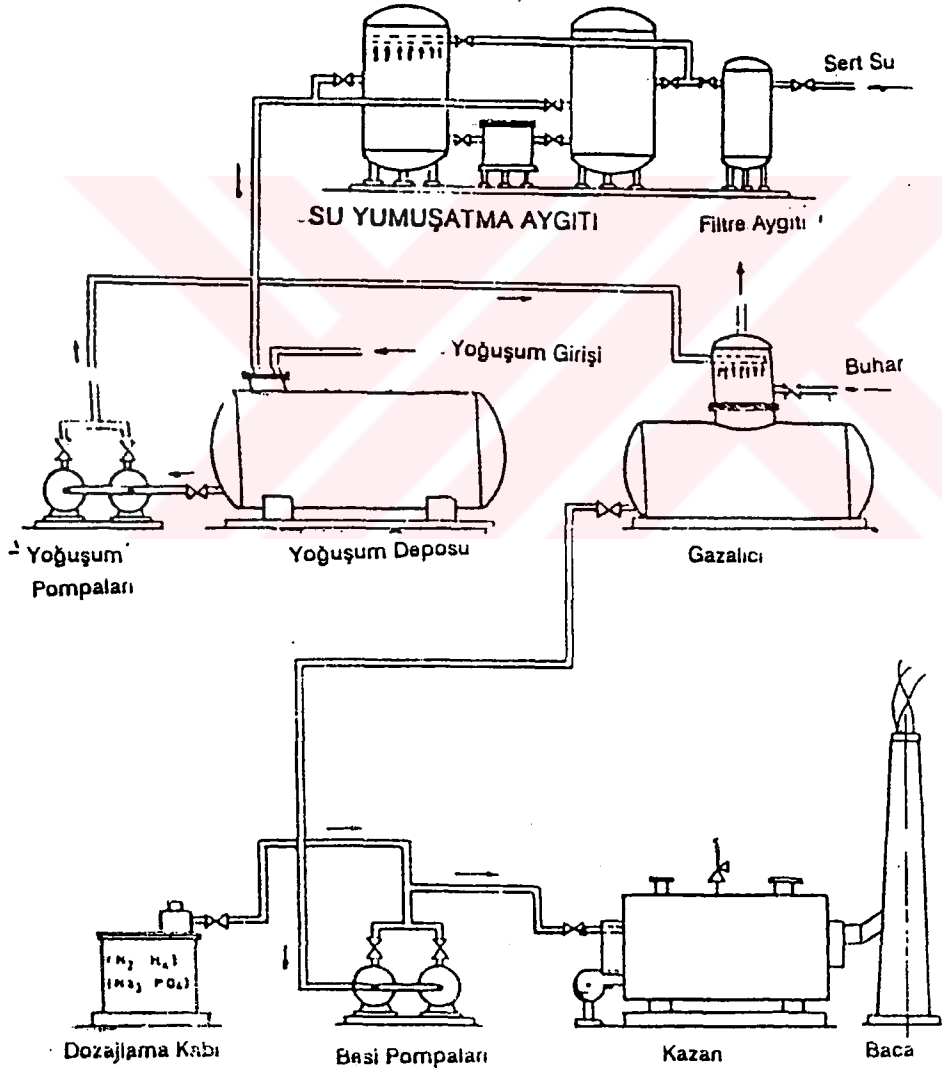


Suya sertlik veren kalsiyum ve magnezyumu reçine yapısına almaktadır. Daha doğrusu reçinenin içinde bulunan sodyum (Na) ile kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) yer deđiŝtirmektedir. Bu yer değiştirme denge kurulana kadar sürer, reçineler doyana dek Ca ve Mg'lar tutulur. Reçineler doyduktan sonra suyu yumuŝatamaz duruma gelir.

Reçinelerin tekrar aktif hale gelebilmeleri için şu işlemler sirasıyla gerçekleştirilir. Cihaz öncelikle ters yıkanarak reçinelerin üzerini kaplamıŝ olan çamur katmanı atılır. Daha sonra reçinelerin üzerinden tuz eriyiği geçirilerek reçineler tuzlanır. Bu kez ters iyon değiştirme olayı olur. Yani tuzun sodyumu sert su ile doymuş olan reçinenin magnezyum ve kalsiyumu ile yer deđiŝtirir. Böylece reçine yeniden suyu yumuŝatabilir duruma getirilmiş

olur. Tuzlama işleminden sonra reçineler yeniden yıkamaya alınır. Yıkama işlemi tatlı su gelene kadar devam eder. Tatlı su gelmeye başlayınca, su yumuşatma cihazı tekrar çalışmaya hazır demektir.

Reçinelerin rejenerasyon süresi sonunda birbirlerine yapışmaları ve işlem özelliklerini belirli bir süre kaybetmeleri sebebi ile, su yumuşatma cihazları sanayiide genellikle çift tanklı olarak (tandem tip) imal edilirler. Tanklardan bir tanesi yumuşatma işlemine devam ederken, diğer tankın tuzlama ve reçineyi aktif hale getirme işlemleri yapılarak sistemin kesintisiz yumuşak su temini sağlanmış olur. Su yumuşatma cihazının sistemle olan bağlantıları Şekil 5.3'te gösterilmiştir. (TMMOB, 1994)



Şekil 5.3 Su yumuşatma cihazı sistem bağlantı şeması. (TMMOB, 1994)

### 5.1.3 Kondens tankı

Kondens tankı, sistemde yoğuşan buharın geri döndürüldüğü tanktır. Ancak sistemde buharın tamamını kondens şeklinde geri döndürmenin mümkün olmadığı durumlarda aradaki fark su yumuşatma cihazından geçen şehir şebeke suyu ile tamamlanır. Kondens, tanka doğrudan beslenirken yumuşatılmış su bir şamandıralı valfe bağlıdır.

Kondens tankının boyutlandırılmasında sistem büyüklüğü önemlidir. Birkaç yüz kg/h buhar kapasiteli sistemlerde, kondens tankı hacmi bir saatlik kazan kapasitesini karşılayacak büyüklükte seçilir. Daha büyük tesislerde ise, kondens tankının büyüklüğü seçilirken şu hususlar gözönüne alınır:

1. Kondens geri dönüş zamanı dikkate alındığında, kondens tankı hacmi kazan kapasitesinin  $1/6 - 1/2$ 'si mertebesinde olabilir.
2. Kazan besli pompasının şalt sayısı dikkate alındığında, kondens tankı hacmi kazan kapasitesinin  $1/5 - 1/10$ 'u mertebesinde olabilir.

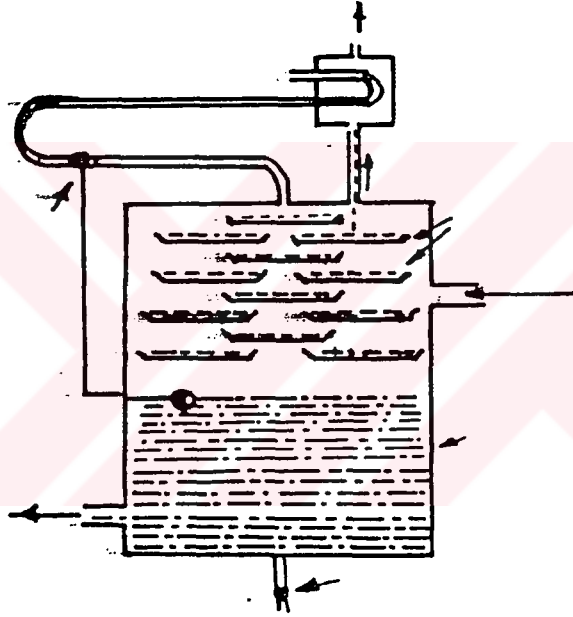
### 5.1.4 Degazör (gaz alıcı)

Degazörler buhar tesislerinde suyun içinde erimiş halde bulunan gazların ayrılması ve kazana gönderilen suyun ısıtılması ( $102-105^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar) amacı ile kullanılırlar.

Kazana gönderilen besli suyu içinde erimiş halde oksijen, azot, karbondioksit gibi gaz bileşenleri bulunur. Bu gazlardan özellikle oksijen korozif bir maddedir. Eğer erimiş halde suyun içinde bulunan oksijen sudan ayrılmayacak olursa buhar ve su borularında önemli ölçüde korozyona sebep olur. Kazana giren suyun ısıtılması, aynı zamanda büyük sıcaklık farkı dolayısıyla kazanda oluşabilecek termik şokları da önler ve kazanın ömrünü uzatır.

Gazların sudan ayrılması fiziksel ve kimyasal yöntemlerle gerçekleştirilebilir. Ancak buhar tesislerinde kullanılan en uygun yöntem fiziksel esaslı termik degazörlerdir. Termik degazörlerde kazana gönderilecek besli suyu buharla ısıtılır.  $80^{\circ}\text{C}$  mertebelerinde su içinde erimiş halde mevcut gaz bileşenlerin büyük kısmı sudan ayrılırlar.  $100^{\circ}\text{C}$ 'de ise ayrılma işlemi tamamen biter. Degazör tankı içerisinde suyun yağmurlama biçiminde parçalanarak dökülmesini sağlayan paslanmaz malzemeden tavalar bulunur. Besli suyu degazör

domundan yağmurlama biçiminde parçalanarak depoya dökülürken ısınır ve gazlaşır. Buhar ise ikiye ayrılır. Bir kol dökülen suyun üzerine alttan verilirken, diğeri depoda toplanan suyun içine gönderilir. Buhar basıncı degazörden önce bir basınç düşürücüde 1,2 bar değerine düşürülür. Basınç düşürücüde genleşme dolayısıyla, basınç düşürücüden sonra boru çapı arttırılır. Buhar beslemesi ise bir termostatik iki yollu valfi ile kontrol edilir. Bu valf depodaki su sıcaklığından uyarı alır. Degazörden ayrılan gazlar, buharla birlikte alınır. Bu gaz buhar karışımı, degazör yoğuşturucusu adı verilen bir ısı değıştiricisinden geçirilerek, kondens tankından gelen besi suyu ile soğutulur ve buhar yoğuşturulur. Gazlar dışarı atılırken, yoğuşan su pis su tesisatına atılır. Degazörün sistemle olan bağlantısı Şekil 5.3'te, degazör kulesine ait iç konstrüksiyon detayı Şekil 5.4'te gösterilmiştir.



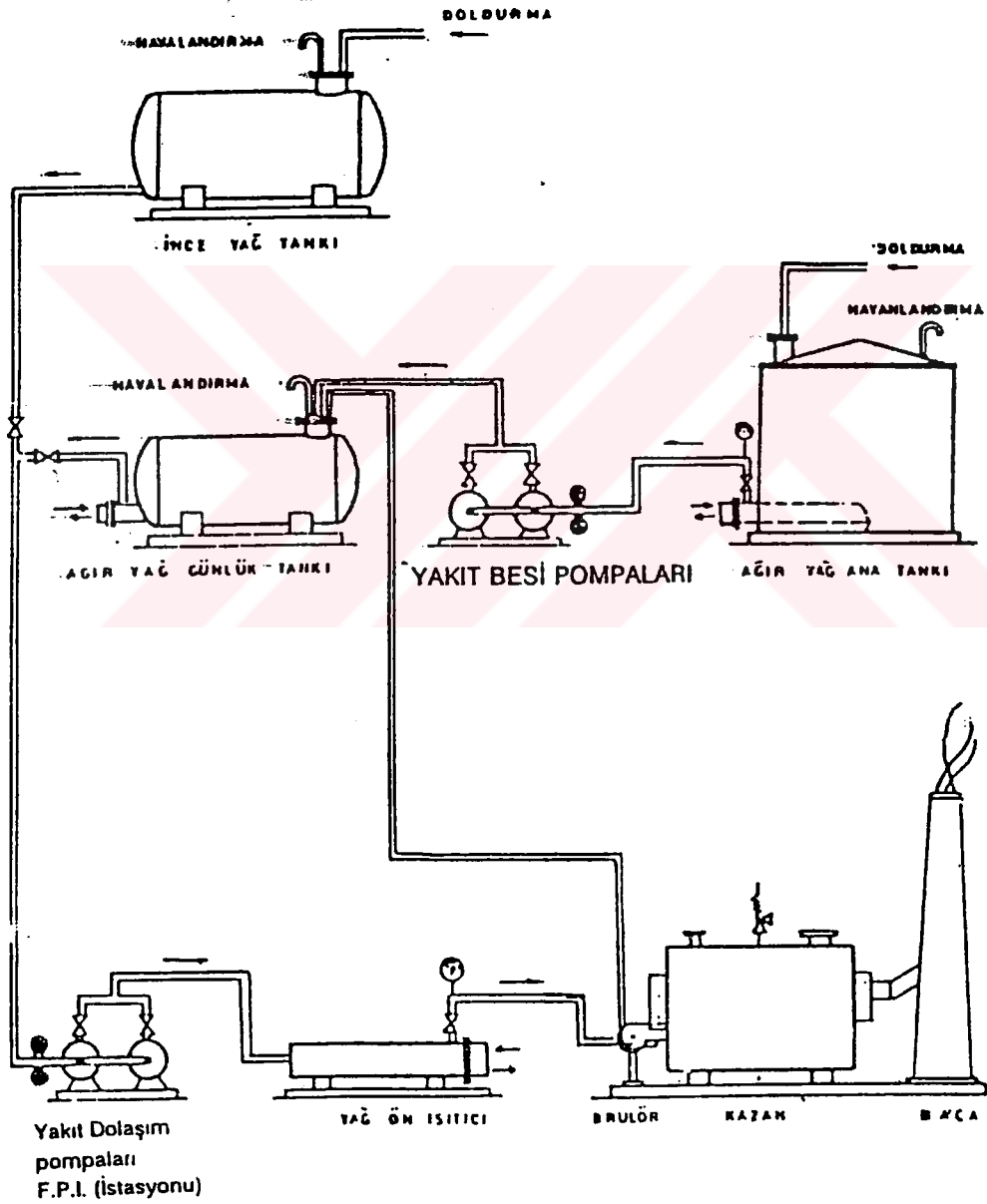
Şekil 5.4 Degazör (gaz alıcı) iç detayı. (TMMOB, 1994)

### 5.1.5 Yakıt tankları ve yakıt sistemi

Fuel-oil kazanlarında fuel-oil yakılana kadar pekço aşamadan geçer. Büyük fabrikalarda, sistemin en az 15-20 günlük fuel-oil gereksinimini sağlayacak büyüklükte ana yakıt tankları bulunur. Tank üzerinde seviye göstergeleri, adam delikleri, taşma ve havalık boruları, özellikle taban ısıtıcı boru demetleri ve çıkış ısıtıcı demetleri bulunur. Taban ve çıkış ısıtıcıları otomatik ayarlayıcı buhar çevrimi ile fuel-oil 70-80°C'ye ısıtılır. Ana yakıt tankından 60-70°C'ye gelmiş fuel-oil günlük yakıt tankına yakıt pompaları ile gönderilir.

Günlük yakıt tankındaki 70-80°C sıcaklığındaki fuel-oil kendi ağırlığı ile brülör pompalarına gelir. Brülör üzerindeki ısıtıcı fuel-oil'i 90-120°C'ye kadar bir püskürtme sıcaklığına kadar getirir. Püskürtme sıcaklığına ısıtılan fuel-oil brülör pompası ile basınçlı olarak brülör memesinden püskürtülür. Püskürtme konumunda püskürtülen fuel-oil iyi bir biçimde yakılmış olur.

Kazanlar ilk devreye alınırken mazotla işletmeye alınır. Mazotla çalışan kazan buhar üretip günlük tanktaki fuel-oil sıcaklığı 80-85°C'ye çıkıncaya kadar mazotla çalışmaya devam eder.



Şekil 5.5 Sıvı yakıt hazırlama tesisi. (TMMOB, 1994)

Şekil 5.5'te kazan dairesinde sıvı yakıt hazırlanmasına ait akış şeması ve cihazlar gösterilmiştir.

### 5.1.6 Brülörler

Brülörler kullanılan yakıt cinsine bağlı olarak sıvı yakıt yakıcıları ve gaz yakıcıları olmak üzere iki gruba ayrılırlar.

Sıvı bir yakıtın yanabilmesi için buhar durumuna geçmesi ve bu buharın da hava ile karışması zorunludur. Sanayi kuruluşlarındaki buhar kazanlarının yakıtı olarak kullanılan yakıt yağının (fuel-oil) da yanması için buharlaştırılıp hava ile karıştırılması gerekir. Fuel-oil uçucu bir yakıt olduğundan çok küçük parçacıklara ayrılması dolayısıyla hava ile karışan yüzeylerin artması hem buharlaşmayı hızlandırır, hem de kolaylaştırır. Fuel-oil'in bileşiminde karbon ve hidrojen vardır. Yanma sırasında bileşimindeki hidrojen havanın oksijeni ile birleşerek su durumuna gelir. Bileşimindeki karbon ise havanın oksijeni ile birleşerek karbondioksit oluşturur. Yaklaşık 1 kg fuel-oil'in yanması için 11 m<sup>3</sup> havaya gereksinim duyulur ve brülör bu karışımı en iyi şekilde yapmaktadır.

Brülör kapasitesi, bağlı bulunduğu kazan kapasitesine bağlı olarak değişmekte olup, genelde 1 saatte yakabileceği yakıt miktarı olarak tanımlanır. Kazan türü, ısıtma yüzeyi, yanma şekli ve baca biçimi brülör kapasitesine etki eder.

## 5.2 Birleşik Isı-Güç Üretim Sistemleri (BIG)

İlerleyen ekolojik bilinç ve fosil yakıt rezervlerinin sonuna kadar tesbit edilmiş olması günümüzde birincil enerjinin ekonomik kullanımına olan talebi arttırmaktadır. Burada kojenerasyonun (Birleşik Isı-Güç sistemlerinin diğer adı) ana tahrik ünitesi ve kullanılan yakıt türüne (gaz veya dizel) göre çeşitli şekillerde uygulamaları gündeme gelmektedir.

Birleşik ısı güç üretim sistemlerinin sanayide kullanımı 1900'lerin başına rastlar. II. Dünya Savaşı'na kadar özellikle dizel motorlu BIG santralleri Avrupa ve Amerika'da çok yaygın olarak kullanılmaktaydı. O dönemlerde yerleşim alanlarının küçük ve birbirinden ayrık olması zaten yeterli olmayan miktarda üretilen elektriğin dağıtımını güçleştiriyor ve elektrik santrallerinin küçük oluşu birim maliyeti yükseltiyordu.

Zamanla kazan imal ve buhar üretim teknolojisi gelişti, dünya kalabalıklaştı, santraller büyüdü ve daha güvenilir, ucuz elektrik üretilir oldu. Bugün 100 atm basınçta ekonomik olarak buhar üreten kazanlar yapılmaktadır. Paket tipi kazanlar 60 atm basınç basınç altında çalışmaktadır. Bu da BIG üretim santrallerinin pazar payında gerilemeye neden oldu. Ancak 1970'li yıllarda yakıt fiyatlarının artması, şebeke elektriğinin kesintili olması bir işletme bünyesine yerleştirilmiş olan BIG üretim santrali atık ısının yerinde değerlendirilmesi, nakil hat kaybının engellenmesi gibi nedenler durumu BIG santralleri lehine çevirmektedir.

Kojenerasyon, ya da birleşik ısı-güç üretimi birincil enerjinin aynı anda sırasıyla iki enerji formunun (ısı ve elektrik) üretiminde kullanılmasıdır. Konvansiyonel enerji üretim sistemli termik santrallerde elektrik, kazanlarda ısı üretimi çevreyi kirletmekte ve birincil enerjinin yaklaşık %75'i kullanılmayan ısı olarak ziyan olduğundan hiç ekonomik olmamaktadırlar. Buna karşın bir gaz motor ve jeneratör sisteminde elektrik üretimi sırasında ortaya çıkan ısı, eşanjörler yardımıyla çeşitli ısı ihtiyaçları için değerlendirilebilmektedir. Gazla çalışan birleşik ısı-güç üretimi sistemlerinde elektrik ve ısının aynı anda üretilmesi ile %90 oranında verim elde edilebilmektedir. Böylelikle atılan enerji minimize edilmiştir. (Wilkinson, 1980)

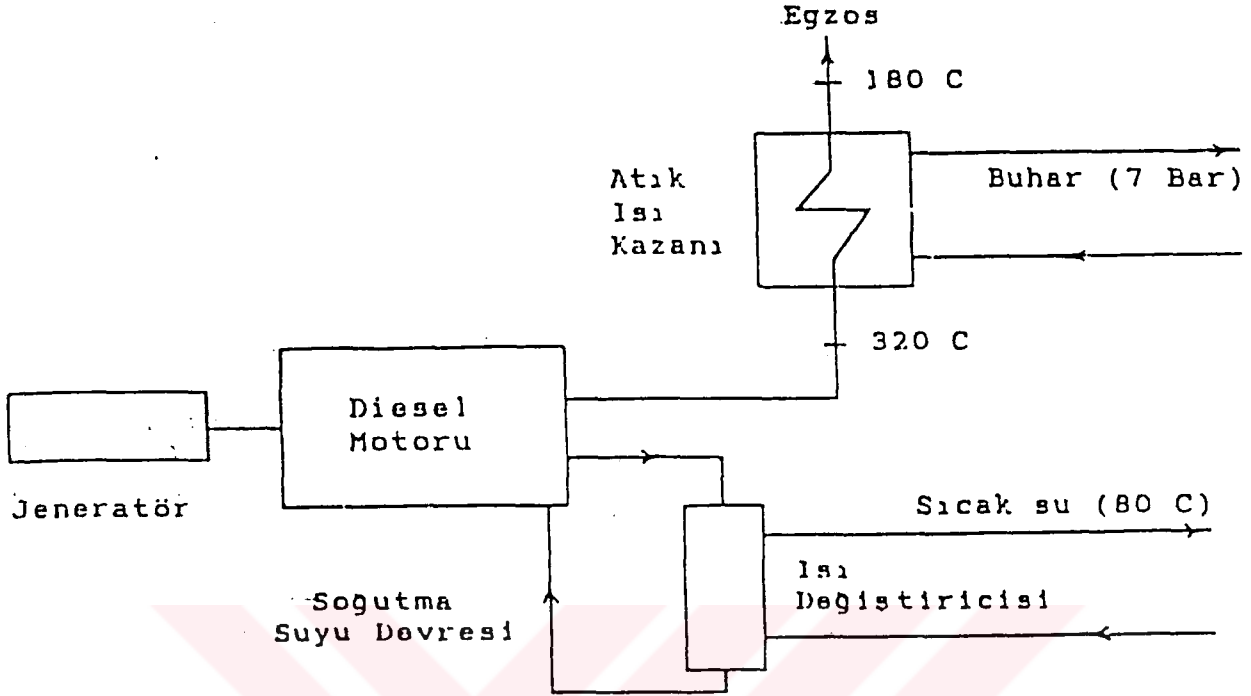
Modern endüstri tesislerinin çoğunda, makinaların çalıştırılması için gereken elektrik enerjisinden başka, ısıtma, kaynatma, pişirme, buharlaştırma, kurutma, destilasyon ve benzeri işlemlerin gerçekleştirilmesi için ısıya gereksinim duyulmaktadır. Isı, diesel santrallerinde egzoz kazanından, konvansiyonel buhar türbinli santrallerde, türbinden ara buhar çekmekle veya karşı basınçlı türbinden çıkan buhar ile, gaz türbinli tesislerde egzoz kazanından, kombine gaz-buhar çevrim santrallerinde ise buhar türbininden çekilen ara buharla sağlanabilir.

En uygun sistemin seçilebilmesi için tüm sistemlerin termodinamik analizlerinin ayrı ayrı yapılması gerekmektedir. Endüstriyel tesislerde ısı ile kuvvetin karşılanması aşağıdaki seçenekler mümkündür. (Öztürk, 1989)

#### 1) Diesel BIG Santralleri

a) Diesel-egzos kazanı BIG santralleri

b) Diesel-ek yanmalı egzos kazanı BIG santralleri



Şekil 5.6 Diesel motorlu BIG üretim santralının çevrim şeması. (Wilkinson, 1980)

## 2) Buhar Türbinli BIG Santralleri

a) Karşı basınçlı ısı-kuvvet santrali

b) Kondensasyonlu ara buharlı ısı-kuvvet santrali

c) Isı ve kuvvetin ayrı ayrı karşılandığı santral

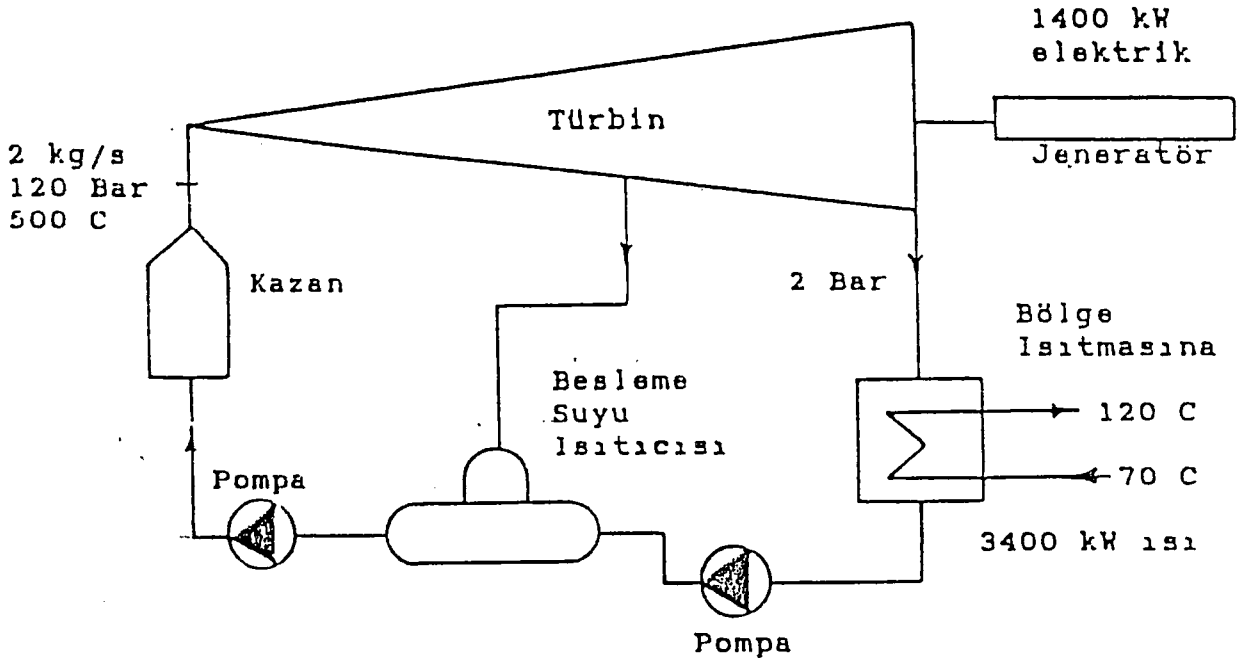
## 3) Gaz Türbinli BIG Santralleri

a) Gaz türbini-egzos kazanı BIG santrali

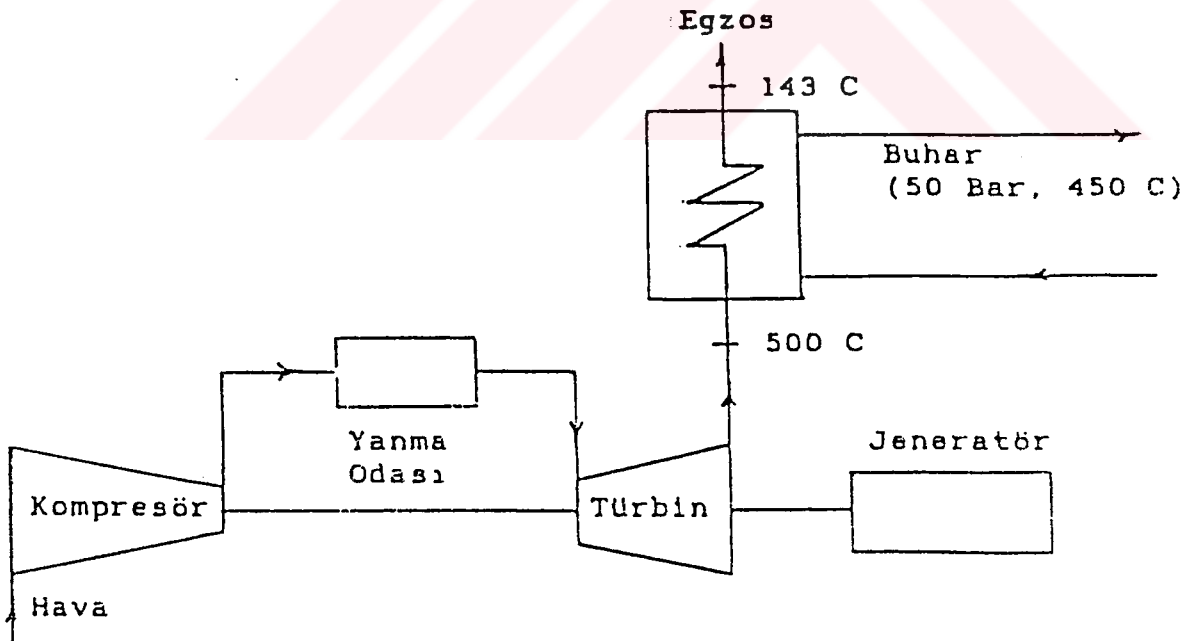
b) Gaz türbini-kondensasyonlu ara buharlı BIG santrali

c) Gaz türbini-karşı basınç türbini BIG santrali

BIG santrallerinde, ısı ile elektrik enerjisi üretimi birlikte gerçekleştiğinden, termik verim yerine yararlanma oranı ve güç üretim verimi kullanılır. (Öztürk, 1989)



Şekil 5.7 Karşı basınçlı türbin kullanan BIG üretim santralinin çevrim şeması. (Wilkinson, 1980)

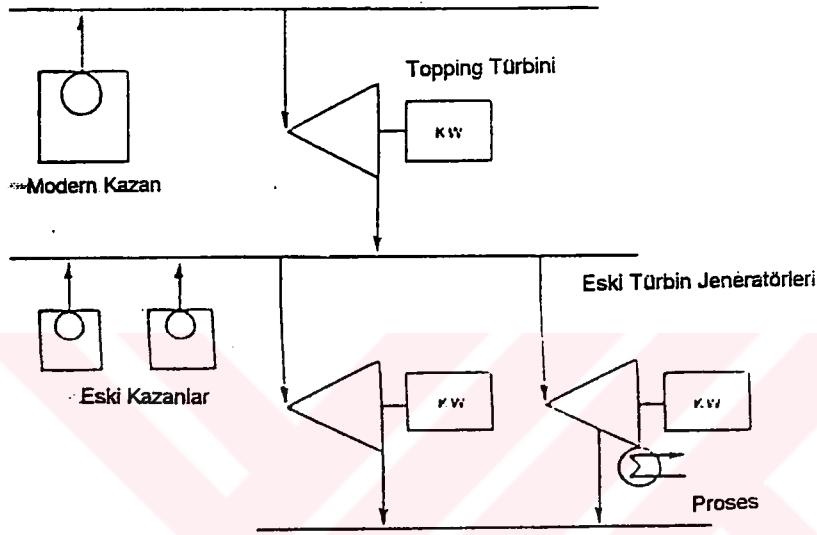


Şekil 5.8 Gaz türbini kullanılan BIG üretim santrali. (Wilkinson, 1980)

Birleşik ısı-güç üretim santralleri üretimlerindeki önceliğe göre ikiye ayrılır. (Wilkinson, 1980)

### 1-Önce elektrik sonra ısı üreten santraller (Topping çevrimi)

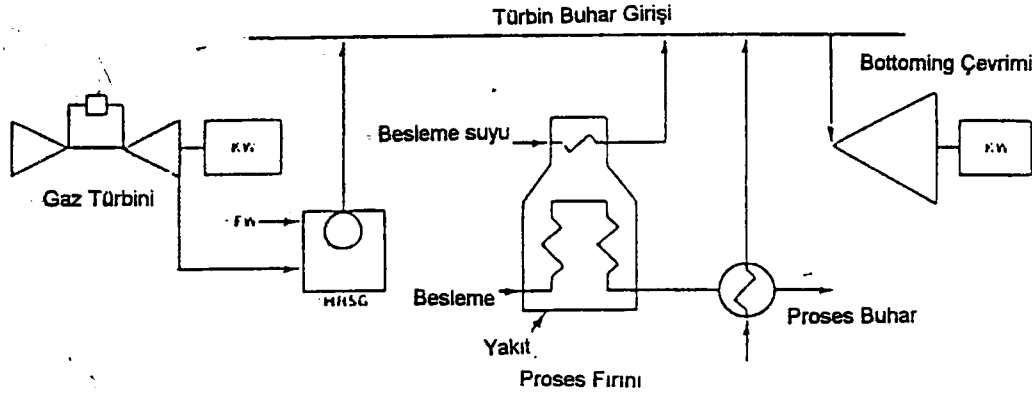
Yaygın olarak kullanılan sistemdir. Yüksek nitelikteki enerji elektriğe dönüştürülür. Niteliği azalan enerji ise ısı üretiminde kullanılır. Isı üretimi elektrik tüketimi doğrultusunda değişir. Sistemin elemanları Şekil 5.9'da gösterilmiştir.



Şekil 5.9 Topping çevrimi. (Ashrae, 1980)

### 2-Önce ısı sonra elektrik üretimi (Bottoming çevrimi)

Burada ise öncelikle yüksek nitelikteki enerji ısıtmada kullanılır. Geri kalan enerji ile elektrik üretimi yapılır. Elektrik üretimi ısı tüketimi doğrultusunda değişir. Bottoming sisteme ait elemanlar Şekil 5.10'da gösterilmiştir. Büyük bir merkezde üretilen yüksek basınçlı buhardan elektrik elde etmek için yararlanılır. Türbin çıkışındaki düşük basınçlı buhar ise konut ısıtması ve sıcak su eldesi için veya proses ısısı olarak endüstriyel alanlarda kullanılabilir. (Ashrae, 1980)



Şekil 5.10 Bottoming çevrimi. (Ashrae, 1980)

Bir birleşik ısı-güç üretim sistemi dört ana komponentten oluşur.

- 1) Ana tahrik ünitesi olarak motor ya da türbin
- 2) Jeneratör
- 3) Isı eşanjörleri
- 4) Hidrolik sistem çözümleri

Ana tahrik ünitesine yakıt verilir. Yakıtın yakılması ile motor veya türbin birincil enerjiyi bir yandan mekanik enerjiye, diğer taraftan da ısı enerjisine dönüştürür. Mekanik enerji elektrik üretmek üzere jeneratörü döndürür. Türbin veya motor kullanılmasına bağlı olarak elektrik çevrim verimi %20 ila 40 arasında gerçekleşirken, birincil enerjinin %60 ile 80 arası ısı olarak ortaya çıkar. Egzost gazı, motor soğutma devresi, yağlama yağı soğutma ve turboşarjlı motorlarda turboşarjer soğutma devrelerindeki ısıyı geri kazanmak için eşanjörler kullanılır. Ortaya çıkan ısı enerjisinin %85 kadarı belli bir sıcaklıkta buhar veya sıcak su üretmekte kullanılır. Üretilen elektriğin dağıtılması ve şebekeye paralel çalışabilmesinin sağlanması için elektrik şalt sistemler gerekmektedir. Hidrolik sistem çözümleri ile buhar ve sıcak su gerekli olduğu noktalara ulaşır. (Wilkinson, 1980)

### 5.2.1 BIG üretiminin termodinamik parametreleri

1)Elektrik-ısı oranı ( $N_e/N_q$ ): Elde edilen elektriğin, elde edilen ısı enerjisine oranıdır.

2)Enerjiden yararlanma oranı: Üretimden elde edilen ısı ve elektrik enerjisi toplamının tüketilen yakıt enerjisine oranıdır.

3)Isıl verim: Üretilen elektrik enerjisinin, tüketilen yakıt enerjisine oranıdır.

Çizelge 5.1'de BIG üretiminde kullanılan santrallerin termodinamik parametreleri gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 BIG üretiminde kullanılan santral tiplerinin termodinamik parametreleri. (Wilkinson, 1980)

Santral Tipi	Güç (MW)	Elektrik / Isı Oranı	Enerjiden Yar. Oranı ( $\eta_y$ )
Karşı b.buhar türbini	3-50	0,2	0,85
Ara buhar almalı buhar t.	3-100	1-1,5	0,70
Gaz türbini	5-100	0,7	0,75
Dizel motoru	3-30	1,0	0,70

$$\eta_y = \frac{N_e + N_q}{N_y} \quad (5.1)$$

(Öztürk, 1989)

$\eta_y$  : Enerjiden yararlanma oranı

$N_e$  : Elektrik gücü

$N_q$  : Isı gücü

$N_y$  : Yakıt gücü

## BÖLÜM 6. ATIK ISININ KULLANIMI VE GERİ KAZANILMASI

Bugünlerde tükenebilir enerji kaynaklarının en iyi şekilde kullanılması ve hava kirliliğini azaltacak tekniklerin geliştirilmesi geniş bir şekilde incelenmektedir. Enerji maliyetleri gittikçe arttığından alternatif enerji kaynakları incelenmekte ve maliyet etkinliği egzost enerji kaynaklarının kullanımına gereksinim duymaktadır. (Al-Rabghi vd., 1992)

Birçok endüstriyel uygulamalarda ısı enerjisinin çeşitli formları yüksek verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Atık ısının tekrar geri kazanılması için ısı değiştiricileri ve diğer ısı teçhizatları kullanılır. Genellikle 200 ile 500°C arasındaki sıcaklıklarda geri kazanım mümkün olabilmektedir. Gelişmiş ülkeler enerji tüketimi ile birlikte atık enerji hakkında çalışmalar yapmaktadırlar.

### 6.1 Atık Isının Geri Kazanılması

Atık enerjinin geri kazanılması yanma tesisatının atık gazı kullanarak sağlanır ve böylece daha sonraki kullanım için ısı kazanma teçhizatı duyulur ve gizli ısıyı tekrar kazanır. Bu sistemler kurulurken ekonomik şartlar gözönünde bulundurulmalı ve atık ısının geri ödeme süresi ile ömür maliyet kavramları uygulamayı yaparken düşünülmelidir.

Araştırmacılar atık ısıdan endüstride çöp yakma fırınlarında, cam ocaklarında, çimento fabrikalarında vb. yerlerde enerji kazanma yöntemlerini incelemişlerdir. Ekonomizerler yalnızca hissedilir ısıyı geri kazanmakta ve atık ısı kazanları en uygun olarak 300°C sıcaklıklar üzerinde çalışmaktadır. Seraları ısıtmak için kullanılan elektrik jeneratörlerini soğutmak için kullanılan soğutma suyundan elde edilen atık ısı kullanımını ısı geri kazanma sistemlerine birer örnektir. Bunun dışında gaz-gaz ısı değiştiricide dışarı atılan atık gaz ile içteki gazı ısıtarak enerji geri kazanılır. Bu yanmış baca gazlarının kullanımı sonucunda yakıt tüketiminde %6 lık bir azalma olur. Gazdan gaza ısı geri kazanma sistemlerinde ısı tekerleri, ısı boruları ve reküperatör gibi ısı değiştiricileri kullanılır. Bazı araştırmacılar yüksek basınç gaz kompresörlerinde ısı geri kazanmada sıvı-sıvı ısı değiştirici kullanımını tavsiye etmektedirler. Onlar aynı zamanda gaz türbininin termal verimliliğini artırmak için giren gazı ön soğutma yaparak ve kompresör kademelerinde ara soğutma yaparak bu sonuca varılacağını söylemektedirler.

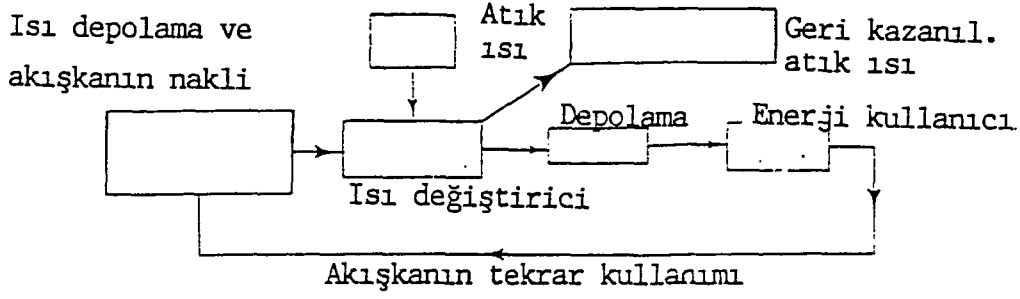
Isı geri kazanma sistemlerinde dışarı atılan atık gazın kullanılarak enerjinin geri kazanılması aşağıdaki limitler ile sınırlıdır.

1. Dışarı atılan atık gaz mümkün mertebe temiz olmalıdır. Çünkü ısı değiştiricisinde kirlenme ısı transferini olumsuz yönde etkiler.
2. Mümkün mertebe çığ noktası sıcaklığının altına düşülmemelidir. Aksi halde yoğunlaşma korozyona neden olur.
3. Termal gerilmeye neden olunmamalıdır. Aksi halde malzeme yorulur. Yukarıda anlatılan bu limitler ısı geri kazanma sistemlerinin ömrünü ve verimini azaltır.

Egzost gazından ısı geri kazanma miktarı müsaade edilebilir düşük sıcaklık limitine bağlıdır. Çünkü bu gazlar istenildiği kadar soğutulabilmelidir. Kirli gazlar sülfür oksid ve nitrojenoksit içerirler. Bunlar 150°C'nin altında soğutulursa yoğunlaşarak sülfürik ve nitrik asit meydana gelir. Bu tehlikeli durumdan sakınılmalıdır. Aksi halde asid solüsyonları ısı geri kazanma teçhizatını tahrip eder.

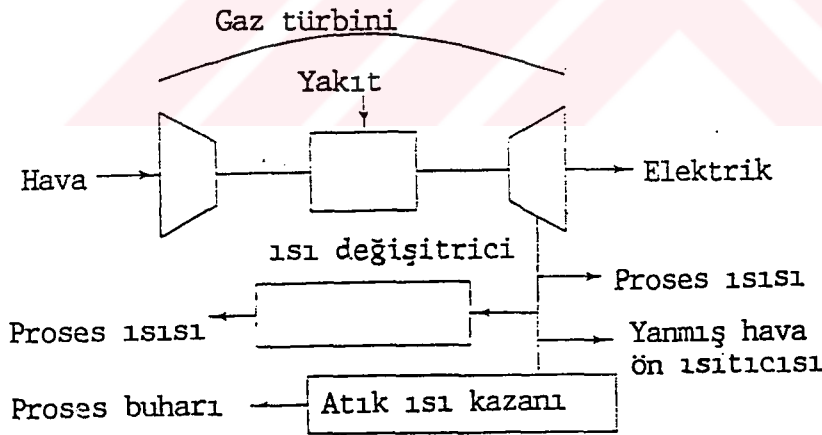
## **6.2 Atık Isının Kullanımı**

Enerjinin geri kazanılması ve kullanımında birçok metod vardır. Yanmamış yakıt özel yanma teçhizatında tüketilir. Geri kazanılmış enerji kullanılarak atık enerji miktarı azaltılır. Atık ısı ve önerilen uygulamanın eşit sıcaklığına bağlı olarak ısının geri kazanılmasını kolaylaştırmak için farklı ısı değiştiricileri kullanılabilir. Şekil 6.1 mümkün olan enerji kullanımını tasarisını şematik olarak göstermektedir. Enerjinin geri kazanılması ve kullanımı arasında zaman açısından mesafe varsa (hemen kullanılmıyorsa) enerjinin depolanması ihtiyacı vardır. Isı geri kazanma uygulamalarının fiziksel olarak atık ısı kaynağına yakın olması geri kazanılan enerjiden maksimum yarar sağlar.



Şekil 6.1 Atık ısının kullanım yolu. (Al-Rabghi vd., 1992)

Atık ısının kullanılarak elektrik ve proses buharı üretimi teknoloji dönemleri arasında önemlidir. Hem üst çevrimde (ilk olarak elektrik üretimi ve sonra proses buharından atık ısının kazanılması) ve hem de alt çevrimde (ilk olarak atık ısının geri kazanılması ve daha sonra kazanılan enerjinin elektrik veya mekanik güç üretimi için kullanımı) atık enerjinin geri kazanılması dikkatlice incelenmelidir. Şekil 6.2 üst çevrimdeki gaz türbininde başlıca üretimin elektrik olduğunu ve proses buharını üretmek için egzost gazlarından enerjinin geri kazanılmasını şekillerle göstermektedir.

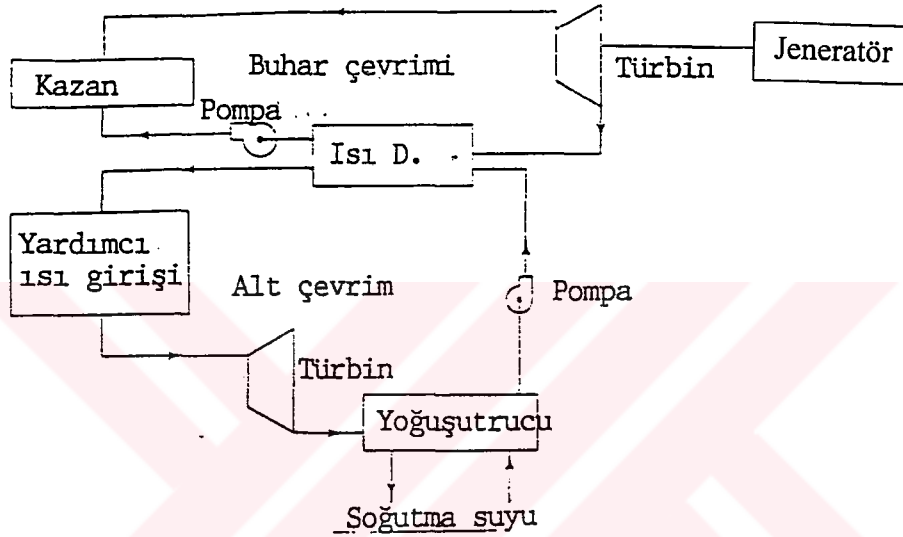


Şekil 6.2 Birleşik ısı-güç santralleri için üst çevrim. (Al-Rabghi vd., 1992)

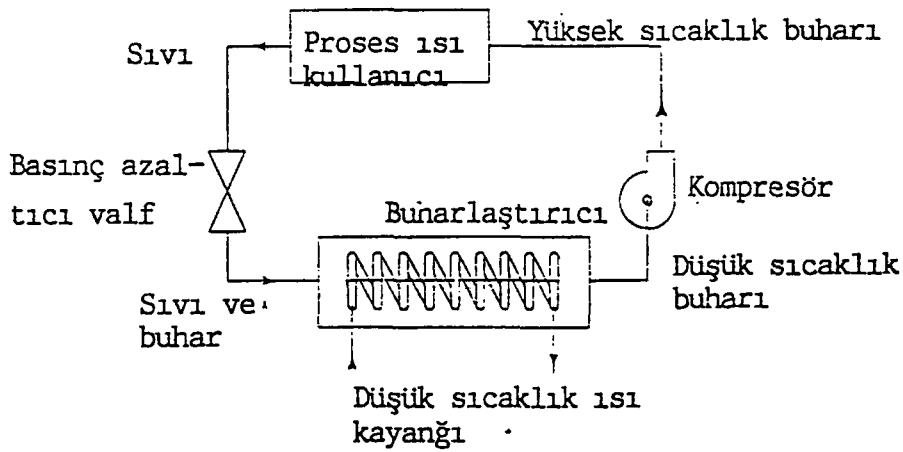
Şekil 6.3'te alt çevrim buhar türbini çevrimden atılan ısıyı geri kazanarak organik Rankine çevriminde bu ısıyı kullanarak elektrik üretimi yapmaktadır. Rankine çevriminde uygun olarak akışkan kullanılmaktadır.

Atık ısıyı kullanan diğer bir makina ısı pompasıdır. Şekil 6.4'te basit olarak ısı pompasının çalışması gösterilmektedir. Burada buharlaştırıcı düşük kalitedeki enerjiyi almakta sonra kompresör ile mekanik iş olarak çıkan bu ısı yoğuşturucuda kullanım için atılmaktadır. Böylece ısı pompası kalitesini yükselttiği ısıyı buharlaştırıcıda oldukça yüksek kaliteli yararlı ısı olarak kullanılmaktadır. Isı pompasını karakterize eden en önemli faktör performans katsayısıdır. Bu katsayı aşağıdaki eşitlik ile tanımlanır.

$$PK = \text{Yoğuşturucudaki yararlı ısı} / \text{Kompresörün yaptığı iş} \quad (6.1)$$



Şekil 6.3 Birleşik ısı-güç santralleri için alt çevrim. (Al-Rabghi vd., 1992)

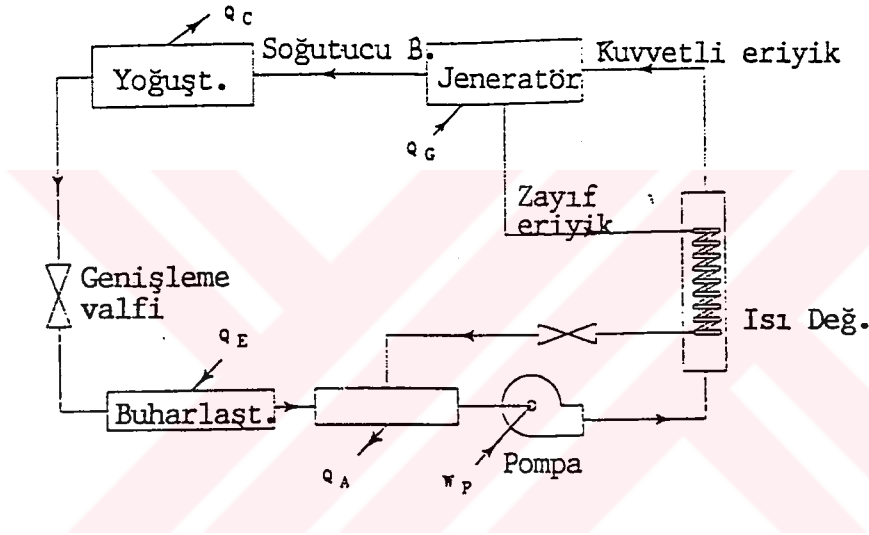


Şekil 6.4 Isı pompası. (Al-Rabghi vd., 1992)

Absorbsiyon çevrimi soğutma amaçları için kullanılır. Bu durumda ısı kaynağı mil gücünün yerine geçer. Burada atık ısı jeneratörde kullanılarak hemen hemen uygun soğutucu akışkan elde edilir. Bu akışkan yoğuşturucuya akar. Genişlemeden sonra bu soğutucu akışkan buharlaştırıcıda soğutma tesiri meydana getirir. Şekil 6.5 Lityumbromid-su absorpsiyon çevrimini akış diyagramları ile göstermektedir. Burada soğutma performans katsayısı aşağıdaki eşitlik ile tanımlanır.

$$SPK = \text{Buharlaştırıcıdaki soğutma etkinliği} / \text{Jeneratörde eklenen ısı} \quad (6.2)$$

Yukarıda anlatılan sistemler atık ısı kullanımının önemini göstermektedir. Aşağıda bu sistemlere ait özet bilgiler verilmiştir.



Şekil 6.5 Absorbsiyon soğutma sistemi. (Al-Rabghi vd., 1992)

### 6.3 Rankine Çevrim

Güç üretiminde atık ısının geri kazanılmasının kullanılması çok önemli bir husustur. Rankine çevrimi düşük sıcaklıklarda verimli bir şekilde kullanılmaktadır. Burada kullanılan uygun akışkanlar elektrik veya mil gücü üretirler.

### 6.4 Isı Pompası

Isı pompaları üzerinde yapılan araştırmalar neticesinde bunlar ısıtma, soğutma ve diğer kullanım amaçları için kullanılırlar. Bazı araştırmacılar ısı pompası uygulamalarında atık

ısının kullanılmasını araştırmaktadırlar. Atık ısının ısı pompasında kullanılması sonucu kaynayan sıvıya gerekli olan enerji miktarında %15-%30 arasında bir azalma olur.

Isı pompaları güneş enerjisi uygulamalarında kullanılacağı gibi daha eski kullanım sektöru olan ısıtma ve soğutmada kullanılabilir. Araştırmacılar güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan ısı pompaları vasıtasıyla atık enerjinin geri kazanılması ve kullanımının hem yararlı hem de kullanışlı olacağını savunmaktadırlar. Burada düşük kalitedeki enerji güneş kollektörleri ile toplanarak ısı pompalarında yüksek kaliteli enerji olarak kullanılabilir.

### 6.5 Absorbsiyon Isı Pompası

Absorbsiyon ısı pompası Şekil 6.5'te gösterilen absorbsiyon soğutma çevrimine benzer, fakat burada gerekli olan termal enerji yoğuşturucu ve absorberden sağlanır. Burada kullanılan ısı pompası atık ısıyı kullandığında performans iyileşir. Performans katsayısı aşağıdaki eşitlik ile tanımlanır.

$$PK = \text{Yoğuşturucu ve absorberden atılan ısı} / \text{Jeneratöre gerekli olan ısı} \quad (6.3)$$

Absorbsiyonlu ısı pompalarından çok farklı akışkan karışımları kullanılır. Genellikle amonyum-tuz, su-lityumbromid ve su-kalsiyumklorid karışımları sıkça kullanılır. Güneş enerjisi ısıtmasında absorbsiyon ısı pompasının kullanılması birçok avantaj sağlar. Eriyik, ısı değiştiricisinin etkinliği ve sirkülasyon oranı çevrim performansını etkileyen en önemli faktörlerdir.

### 6.6 Isı Pompası ve Rankine Çevrimi

Düşük sıcaklıklarda Rankine çevrimi diğer termodinamik enerji çevrimi sistemlerine nazaran daha fazla verimlidirler. Böylece enerji maliyetleri devamlı arttığından ve çevrim ömrü maliyeti kavramı ile birlikte atık ısı geri kazanma sistemi ile Rankine çevrimi gelecekte bu çevrim maliyetini geri ödeyeceğinden pratikte uygulama alanı fazladır.

Isı geri kazanma ısı pompaları vasıtasıyla olmaktadır ve endüstriyel birçok uygulamada örneğin cam, demir ve çelik endüstrisi vb. yerlerde kullanılmaktadır. Dizel makinasında

atık ısının kullanımını performansı artırmaktadır. Gaz türbini egzostunun geri kazanılarak kullanılması birçok alanda ilerlemelere neden olmuştur. Örneğin gaz türbininin egzostundan elde edilen ısı su damıtılmasında, havanın ön soğutmasında ve çok amaçlı ısıtma ve soğutmada kullanılabilir. Evsel soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde enerjinin geri kazanılması daha kullanışlı olabilir. İklimlendirme sisteminden ve bölgesinden dönen soğuk hava taze havayı soğutmada ve iklimlendirme bölgesine götürmede kullanılabilir.

### **6.7 Basit Çevrimle Atık Isıdan Proses veya Isıtma Buharı Elde Edilmesi**

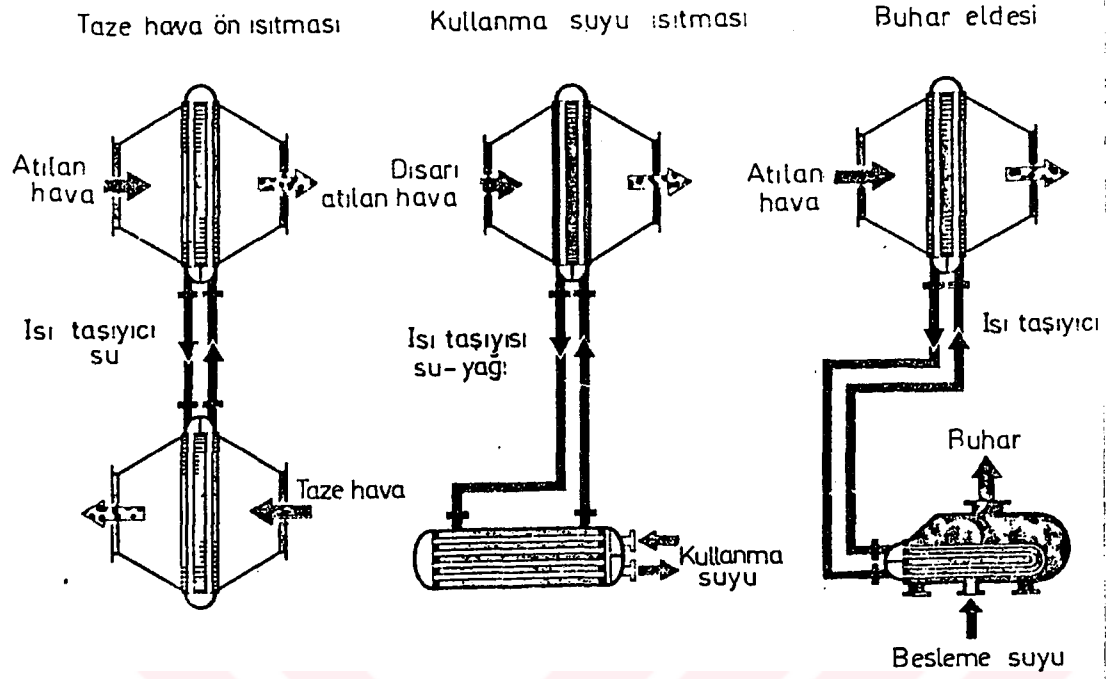
Bu sistemde gaz turbo-jeneratöründen elektrik enerjisi elde edilirken, çıkan gazlarla atık ısı kazanında buhar üretilir ve bu buhar proses veya ısıtma maksatlı kullanılır. Bu çevrimde en ekonomik durum, elde edilecek elektrik enerjisinin ve üretilecek buharın tamamının kullanılmasıyla sağlanabilir. (Güngör ve Özbalta, 1988)

### **6.8 Enerjinin Geri Kazanılmasında Üçüncü Akışkandan Yararlanma**

Atılan sıcak gazların enerjilerinin geri kazanılmalarında ısı değiştiricileri ve rejeneratörlerden yararlanır. Bazı tesislerde atılan sıcak gaz ve faydalalanılacak sistemler yanyana bulunamayacağı gibi işletme şartları da sistem olarak uygun bulunmayabilir.

Bu gibi hallerde enerjinin geri kazanılmasında üçüncü bir ısı aktarıcı akışkandan yararlanır.

Şekil 6.6'da atılan sıcak hava ve baca gazlarının ısılarından yararlanılarak ve üçüncü bir ısı aktarıcı akışkan kullanılarak temiz sıcak hava, sıcak su ile buhar elde edilen devreler görülüyor. (Dağsöz, 1991)



Şekil 6.6 Üçüncü bir ısı aktarıcı akışkan kullanılarak atılan gazların ısısından sıcak hava, sıcak su ve buhar elde edilmesi. (Dağsöz, 1991)

## **BÖLÜM 7. TEKSTİL TERBİYESİ İŞLEMLERİ SÜRESİNCE ENERJİ TÜKETİMİ VE TASARRUF OLANAKLARI**

Tekstil mamullerinin (açık elyaf, ön iplik, iplik, tekstil yüzeyi -dokuma, örme, halı, dokusuz yüzey- ve bitmiş parçaların) görünümünü, tutumunu ve kullanıma özelliklerini geliştirmek için yapılan işlemleri “tekstil terbiye işlemleri” olarak tanımlarsak, terbiye işlemlerini iki ana gruba ayırarak incelemekte fayda vardır.

a) Yaş Terbiye İşlemleri

b) Kuru Terbiye İşlemleri

Kuru terbiye işlemlerinde daha ziyade mekaniksel kuvvetlerin etkisi söz konusu iken, yaş terbiye işlemlerinde etkiyi sağlayan kimyasal maddelerdir. Genellikle bitim işlemleri olarak uygulanan kuru terbiye işlemleri yapılış şekil ve amaçları büyük farklılıklar gösteren işlemlerdir. Bu nedenle kuru terbiye işlemlerini ve makinelerini sistematik olarak birlikte incelemekte bir fayda yoktur.

Kuru terbiye işlemlerinin hepsinde elektrik enerjisi tüketimi ve bir kısmında da ısı enerjisi (buhar veya gaz şeklinde) tüketimi söz konusudur. Ancak kuru terbiye işlemlerinde tüketilen enerji miktarı genel olarak toplam tüketimin %10'undan az olduğu ve bu alanda sağlanacak enerji tasarrufu büyük bir önem taşımadığından, burada yalnızca yaş terbiye işlemleri üzerinde durmakla yetinilecektir.

Haşıl sökmeden buruşmazlık yüksek terbiyesine kadar çok değişik işlemlerin dahil olduğu yaş terbiye işlemlerinin, yapılış nedenleri, şekilleri ve elde edilen sonuçlarındaki büyük farklılıklara rağmen, temel işlemleri daima aynıdır.

Bir yaş terbiye işlemi, prensip olarak üç temel işlemde oluşur:

1. Terbiye maddesinin tekstil ürününe aktarılması (aplikasyon)
2. Yıkama
3. Kurutma

Hemen şunu belirtmekte fayda vardır ki, her yaş terbiye işlemi sonunda mutlaka bir yıkama ve kurutma yapılması zorunlu değildir. Hatta enerji tasarrufu için en kolay ve etkili

yollardan birisi, mümkün olan her yerde, nispeten enerji yoğun işlemler olan yıkama ve kurutma adımlarını atlayarak bir sonraki terbiye işlemine geçmektir. (Tarakçıoğlu, 1984)

### **7.1 Aplikasyon İşlemlerinin ve Makinelerinin Enerji Tüketimi Bakımından İncelenmesi**

Yaş terbiye işlemleri sırasında tekstil mamulleri, çeşitli kimyasal maddelerle temas haline getirilmektedir. Bunların bir kısmı istenilen terbiye özelliğini sağlayan maddelerdir, diğer kısmı ise bu özelliğin sağlanmasında yardımcı olan maddelerdir (tekstil yardımcı maddeleri). Bir kolaylık olmak üzere biz terbiye işlemlerinde kullanılan kimyasal maddelerin hepsine birden “terbiye maddesi” demekteyiz.

Terbiye maddeleri çoğunlukla sıvı veya katı maddelerdir. Gaz halinde bulunan terbiye maddeleri ile çalışmak için de bazı yöntemler geliştirilmiştir (yünlü mamullerin keçeleşmezlik bitim işlemlerinin veya keten gibi liflerin ağartılmasının klor gazıyla yapılması gibi), fakat bunlar çok kısıtlı uygulama alanı bulduklarından ihmal edilebilirler.

Yaş terbiye işlemlerinde genellikle sulu ortamda çalışılır. Ancak 1960’lı yılların sonunda, temiz su kaynaklarının azalmaya başladığının ve atık suların çevreyi kirletmesinin tehlikeli boyutlara ulaştığının anlaşılması üzerine, terbiye işlemlerini organik çözümler içerisinde yapma uğraşları yoğunlaşmıştır. O günlerde, 1980’li yıllarda terbiye dairelerinde sulu ortamda çalışmanın tarihe karışmış olacağını ileri süren araştırmacılar bile çıkmıştır. Ancak atık suların arıtılmasının etkin ve oldukça ekonomik bir şekilde yapılabilmesi, organik çözümler içinde çalışmanın yeni terbiye makineleri ve yeni terbiye maddeleri sistemlerinin geliştirilmesini gerektirmesi nedeniyle, organik çözümlerin kullanılması başlangıçta ümit edilen hızlı gelişmeyi göstermemişlerdir. Bu yüzden yine sulu ortamda yapılan terbiye işlemlerine dikkatler toplanırsa,

Tüketimin dört ana elemandan oluştuğunu görmekteyiz. Bunlar da sırasıyla;

- a) Yaş işlemlerde ısı enerjisi tüketimi,
- b) Kurutma için ısı enerjisi tüketimi,
- c) Isıtma sistemindeki kayıplar nedeniyle enerji tüketimi,

d)Elektrik enerjisi tüketimidir.

Yaş işlemlerde enerji tasarrufu yapılacak ana kalemler şunlardır.

a)Yaş işlem sayısının azaltılması

b)Flotte oranının kısaltılması

c)Sıcaklığın düşük tutulması

d)Makinedeki enerji kayıplarının azaltılması (Tarakçioğlu, 1984)

## **7.2 Tasarruf Kalemleri**

### **7.2.1 Yaş işlem sayısının azaltılması**

Terbiye maddelerinin tekstil mamullerine aplikasyonu işlemlerinde azaltma yapma imkanları kısıtlıdır. Zira bir terbiye maddesinin aplikasyonunun yapılmaması, o maddenin sağlayacağı terbiye etkisinin sağlanamaması demektir. Bu nedenle üzerinde durulacak husus, aplikasyonların, yani değişik terbiye işlemlerinin birleştirilmesi (birlikte yapılması) imkanlarının araştırılmasıdır. Bu durumda yalnız aplikasyon işlemlerinin değil, aynı zamanda bundan sonra yapılacak ara yıkama ve hatta ara kurutma işlemlerinin sayısı da azalacağından, sağlanacak tasarruf büyük olmaktadır.

### **7.2.2 Flotte oranının kısaltılması**

Aplikasyon işlemlerinde flotte oranı, uzun süreli ve uzun flotte oranında çalışılan çektirme yöntemi yerine, emdirme, aktarma, püskürtme veya köpükle aplikasyon yöntemlerinden birini uygulayarak etkili bir şekilde kısaltılabilir. Fakat bu yöntemlerle çalışıldığında, liflere applike edilen kimyasal madde ve boyarmaddelerin etki göstermesi veya liflere fikse olması için, mamulün aplikasyonunun ardından bir de reaktör diyebileceğimiz: Termo-bekletme odacıkları, J-Box, geniş çizme, buharlayıcı, konveyör... gibi cihazlardan geçirilmesi gerekmektedir ki, reaktörde de enerji tüketimi söz konusu olduğundan, birçok durumda toplam enerji tüketimi azalacağına artabilir. Bunun tek istisnası, aplikasyondan sonra soğuk bekletme yönteminin uygulanmasıdır. Bu takdirde reaktörün yerini, oda

sıcaklığında bekletme aldığından ve bu da herhangi bir ek enerji üretimi gerektirmediğinden, gerçekten de toplam enerji tüketimi azalmış olmaktadır.

Aplikasyon sırasında mümkün derece az flotte aldırmanın faydası kendini aplikasyonun ardından yapılacak kurutma sırasında da göstermektedir. Bu taktirde mamul üzerindeki kurutmada uzaklaştırılacak su miktarı düşük olacağından, kurutma için gerekli enerji miktarında önemli bir azalma sağlanabilmektedir. Bu nedenledir ki, biraz sonra ayrıntılı bir şekilde göreceğimiz gibi, son yıllarda mamule mümkün derece az flotte aldırarak çalışan aplikasyon yöntemlerinde önemli gelişmeler meydana gelmiştir.

### 7.2.3 Sıcaklığın düşük tutulması

Aplikasyon işlemleri sırasında, kısıtlı olmakla beraber yaş işlem sırasında flotte sıcaklığındaki artış miktarını düşük tutmak için iki imkan vardır.

–Bunlardan birincisi, aynı işlem için mümkün olan yöntemler içerisinde en düşük sıcaklıkta çalışanının seçilmesidir. Bunun için en güzel örnek de soğukta boyama veya soğuk bekletme yöntemleridir.

–Aplikasyon işlemleri sırasında flotte sıcaklığındaki artış miktarını düşük tutmak için bir imkan da, özellikle çektirme yöntemine göre boyamalarda sözkonusudur. Bilindiği gibi düzgün bir boyama elde etmek için iki yol vardır:

- 1) Boyarmaddeyi baştan itibaren düzgün aldırarak
- 2) Boyamanın sonradan düzgünleşmesini, yani migrasyon yoluyla düzgünleşmesini sağlamak.

Boyacılar birçok durumda boyarmaddenin baştan düzgün alınmasına dikkat etmemekte, dolayısıyla kaynama sıcaklığına ve hatta HT-boyamalarda daha yüksek sıcaklıklara kadar çıktıktan sonra uzun bir süre daha boyamaya devam etmektedirler. Halbuki boyarmaddenin baştan itibaren yavaş ve düzgün bir şekilde alınması sağlanırsa, birçok boyarmaddeyle çalışırken yüksek sıcaklıklara çıkmaya gerek kalmamakta veya yüksek sıcaklıklarda boyama süresi 5-20 dakikaya kadar düşürülebilmektedir.

#### 7.2.4 Makinedeki enerji kayıplarının azaltılması

Makinedeki enerji kayıpları faktörü ortalama olarak şu şekilde olmaktadır.

Makinenin ısıtılmasındaki kayıplar faktörü	1,1	
Mamulün ısıtılmasındaki kayıplar faktörü	1,04	
Makine cidarlarından çevreye kayıplar faktörü	1,1	ve toplam olarak 1,26'dır.

(Tarakçıoğlu, 1984)

### 7.3 Aplikasyon Yöntemleri

#### 7.3.1 Uzun Flottede Çektirme

Ön terbiye ve boyama işlemlerinde en fazla uygulanan aplikasyon yöntemi olan çektirme yöntemi:

- Su tüketiminin fazla olması,
- Enerji tüketiminin fazla olması,
- El emeği ihtiyacının fazla olması,
- Üretim hızının düşük olması,

nedeniyle son yıllarda öneminden çok şey kaybetmiştir. Ancak açık elyaf, iplik, trikotaj ve bitmiş parçaların terbiyesinde, yine de en fazla uygulanan yöntemdir. Kullanılma alanındaki azalma kendini özellikle kumaşlarda belli etmektedir.

#### 7.3.2 Emdirme

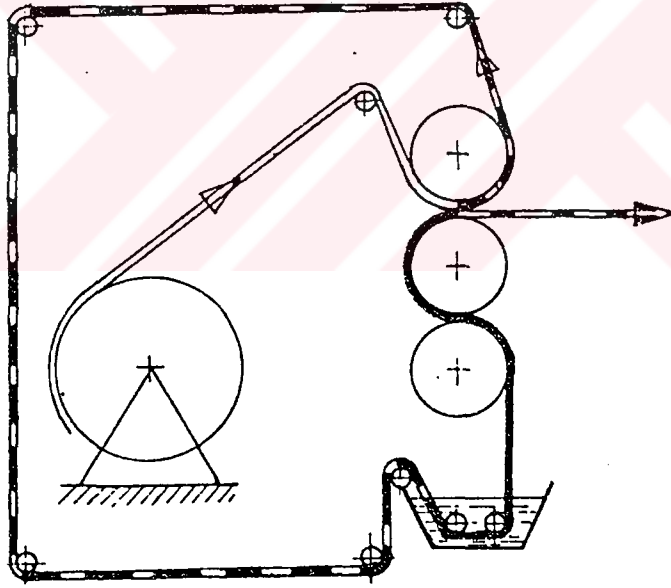
Eğer tekstil mamulleri kısa flotte oranındaki bir banyo içerisinde kısa süre içerisinde geçirilir ve sıkılırsa bu aplikasyon işlemine emdirme (empregnasyon) denir.

Emdirme için kullanılan en basit ve yaygın makine fulardır. Fulardın esasını, içerisinde flottenin bulunduğu bir tekne (küvet, şasi) ile 2 veya daha fazla sıkma merdanesi oluşturmaktadır. Tekne şekline, merdane sayısına ve yerleştiriliş şekline göre çok değişik fulard şekilleri bilinmektedir.

Boyacılıkta genellikle küçük tekneli (orta kısmı dolu U veya V şeklinde tekneli) fulardlar, ön terbiye ve bitim işlemlerinde ise, daha büyük tekneli fulardlar tercih edilmektedir.

Eskiden özellikle aprede kullanılan emdirme yönteminin önemi son 20-25 yıl içerisinde oldukça artmıştır. Pad-steam (emdirme-buharlama), termosol, pad-jig (emdirme-jigger), pad-roll (emdirme-sıcakta bekletme), pad-batch (soğuk bekletme), J-box (çizme), U-box (geniş çizme), konveyör... gibi bütün yarı ve tam kesiksiz (kontinü) çalışma yöntemlerinin başında bir veya iki emdirme işlemi vardır. Ancak son yıllarda emdirmenin yerine aktarma, sürme, püskürtme, köpük aplikasyon gibi daha az flotte aldırarak çalışan yöntemlerin uygulanması da artan bir önem kazanmaktadır.

Q-S tekniğinden kuru kumaşla, flotteyle emdirilmiş ve sıkılmış kumaş beraberce bir kere daha sıkılmaktadır. (Şekil 7.1) Bu arada yaş kumaştaki flottenin bir kısmı kuru kumaş tarafından emileceğinden fulardı terkeden kumaşta kalan flotte miktarı %10-25 kadar azalmaktadır.

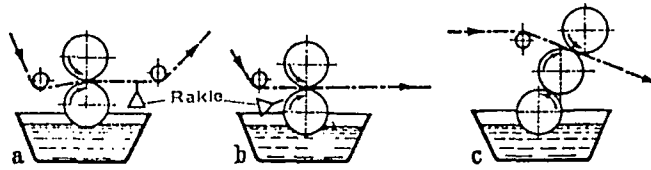


Şekil 7.1 Q-S tekniğine göre çalışma. (Tarakçıoğlu, 1984)

### 7.3.3 Aktarma

Özel fulardlarda yapılan bu aplikasyon yönteminde, genellikle kumaş kendisi flotteye daldırılmaz. Terbiye maddesini ihtiva eden flotte, içerisinde dönen bir merdane tarafından alınır ve kumaşın alt yüzüne aktarılır. Aktarma, daha ziyade kıvamlı (viskozitesi yüksek) terbiye flotteleriyle uygulanabilen bir aplikasyon yöntemidir. Aktarma merdanesi veya kumaş üzerindeki flotte fazlası, “rakle” denilen bıçaklar yardımıyla sıyrılarak uzaklaştırılır.

Şekil 7.2’de merdanelerin sayısı ve raklenin yeri bakımından farklılıklar gösteren üç değişik aktarma fulardının şekilleri görülmektedir.



Şekil 7.2 Aktarma donatımı. (Tarakçioğlu, 1984)

Tekstil mamulüne aktarılan terbiye maddesi miktarı; aktarma merdanesinin yapısı, rakle ve diğer merdanelerin durumu, flottenin viskozitesi, kumaşın geçiş hızı ve aktarma merdanesinin dönüş hızı tarafından belirlenmektedir.

Son yıllarda, viskozitesi düşük flottelerin de aktarma prensibine göre aplikasyonu konusunda çalışmalar yapılmaya başlamıştır. Bu yönetime göre çalışıldığında, mamule empregnasyon yöntemiyle aplikasyondakinden daha az miktarlarda flotte aldırabilmek de mümkün olmaktadır. Daha az flotte aldırmanın ise iki büyük yararı vardır:

- Kurutma sırasında daha az suyun uzaklaştırılması gerekeceğinden, enerji tasarrufu;
- Ara kurutmalar sırasında boyarmadde veya apre maddelerinin yer değiştirme (migrasyon, göç etme) tehlikesinin azalması.

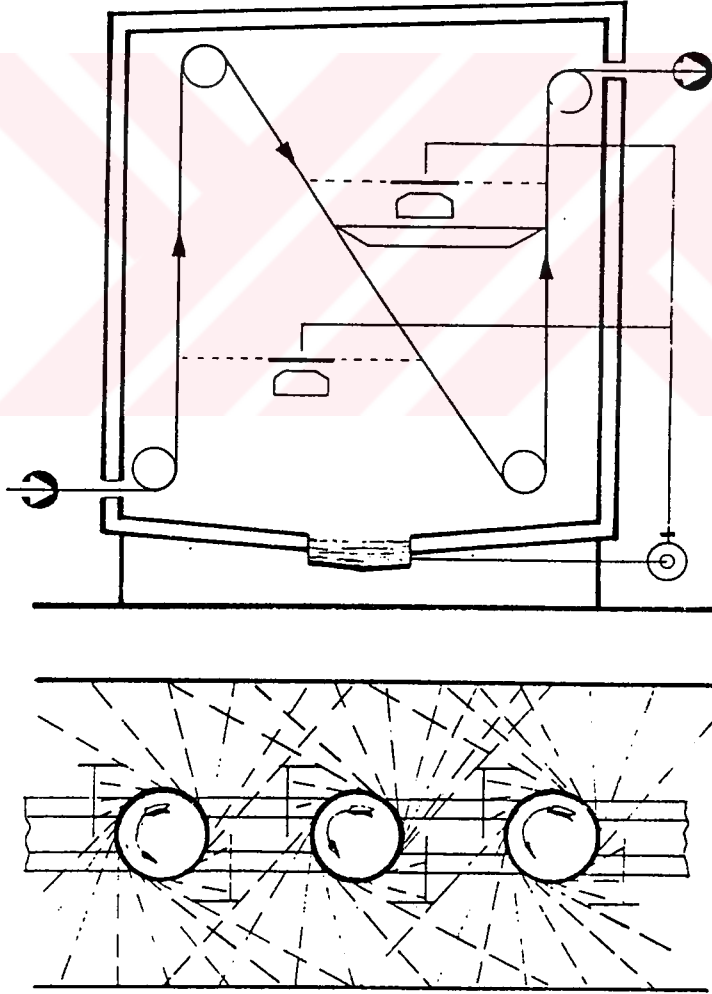
### 7.3.4 Püskürtme

Bazı çok hassas kumaşların bitim işlemlerinde terbiye maddesi aplikasyonunun püskürtme yoluyla yapılması eskiden beri bilinen ve az da olsa uygulanan bir yöntemdir. Ancak klasik memeli püskürtme makinalarında:

–Kumaşın her tarafına devamlı olarak aynı miktar flotteyi aplike edebilmek zor olduğundan,

–Özellikle kıvamlı apre flotteleriyle çalışırken memeler sık sık tıklandığından,

–Çok ince zerrecikler halinde püskürtülen flottenin bir kısmı kumaş yerine makinenin diğer kısımlarına konarak, fazla kirlenmeye ve gereksiz kimyasal madde kaybına yol açtığından, püskürtme yöntemi uzun yıllar fazla bir gelişme gösterememiştir.



Şekil 7.3 SD Liquid Applicator püskürtme makinesinin çalışma prensibi(Tarakçioğlu, 1984)

Farmer Norton tarafından geliştirilen püskürtme makinesinde flottenin ince zerrecikler halinde kumaşa püskürtülmesinde memecikler yerine döner tablalar (diskler) kullanılmaktadır. Bu diskler hızlı döndüklerinden üzerlerine akan flotteyi merkezkaç kuvvetle çevreye püskürtmektedirler. Bu sistem Şekil 7.3'te görülmektedir.

### 7.3.5 Köpükle aplikasyon

Terbiye maddelerinin tekstil mamullerine aplikasyonunda son yıllarda görülen en önemli ve ilginç gelişme, muhakkak ki köpükle aplikasyon yöntemleridir. Çektirme yönteminde su yerine mikro-köpük kullanılmasını (Sancowad yöntemi) bir tarafa bırakırsak, bugün için emdirme, aktarma, sürme ve hatta basma yöntemlerinde sulu flotteler yerine köpük flotteler kullanarak çalışmayı sağlayan makineler piyasaya çıkarılmıştır ve çıkarılmaktadır. Daha başlangıç safhasında olan köpükle aplikasyon hızlı bir gelişme sürecine girmiştir. Bu alanda önümüzdeki yıllarda önemli gelişmeler beklemek yanlış olmaz.

Yaş terbiye işlemlerinde enerji tasarrufu imkanları özetle şunlardır.

- a) Aplikasyon ve yıkama-durulama gibi yaş işlemlerin sayısını azaltmak,
- b) Aplikasyon ve yıkama-durulama gibi yaş işlemlerde flotte oranını kısaltmak,
- c) Aplikasyon ve yıkama-durulama işlemleri sırasında flottelerin toplam ısıtma derecelerini düşürmek,
- d) Makinelerdeki ve enerji üretimi ve dağıtımını sırasındaki her türlü enerji kayıplarını azaltmak,
- e) Kurutma sayısını azaltmak,
- f) Kurutmaya gelen mamul üzerindeki su miktarını azaltmak,
- g) Kurutucuların özgül enerji tüketimini azaltmak

bu tasarruf yöntemleridir. (Tarakçıoğlu, 1984)

## **BÖLÜM 8. ISI ENERJİSİ GERİ KAZANMA DONATIMLARI**

Terbiye dairelerinde sıcak atık flottelerin (sıcak yıkama, durulama suları dahil) doğrudan kanala, konveksiyon kurutucularda da sıcak atık havanın doğrudan dışarıya atılmasıyla, daha fazla faydalanılmadan enerjide dönüştürülen ısı enerjisi miktarı çok fazladır. Isı eşanjörleri yardımıyla bu enerjinin bir kısmı geri kazanılarak, tekrar değerlendirilebilir. Bu şekildeki geri kazanmanın bir avantajı da, yakıttan (birincil enerji kaynağından) sağlanan tasarrufun, geri kazanılan enerji miktarının 1,5-2 katı kadar olmasıdır. Zira geri kazanılan enerji doğrudan kurutma havası veya suyun ısıtılmasında kullanıldığından, bu ısıtma için gerekli buharın eldesi, dağıtımı ve enerjisinin aktarılması sırasındaki kayıplar da ortadan kalkmış olmaktadır.

Terbiye dairelerinde kullanılacak ısı geri kazanma eşanjörlerini ikiye ayırarak incelemek gerekir:

a) Atık flottelerden ısı geri kazanılmasında kullanılan eşanjörler: Bunlarda geri kazanılan ısı enerjisi istisnasız olarak su (flotte) ısıtmakta kullanılır, yani yalnızca sıvı-sıvı ısı transferi söz konusudur.

b) Atık kurutma havasından ısı geri kazanılmasında kullanılan eşanjörler: Bunlarda geri kazanılan ısı enerjisi:

- Ya soğuk kurutma havasının ısıtılmasında (gaz / gaz ısı transferi)
- Veya su (flotte) ısıtılmasında (gaz / sıvı ısı transferi) kullanılırlar.

Diğer taraftan ısı transferinin meydana gelişi bakımından ısı geri kazanma eşanjörleri iki ana gruba ayrılmaktadırlar:

- 1) Rejeneratif Sistemler
- 2) Reküperatif Sistemler (Tarakçıoğlu, 1984)

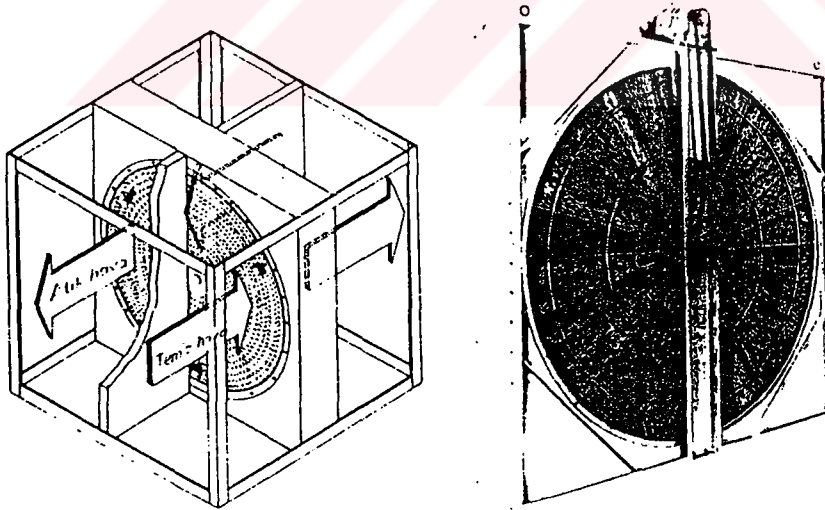
### **8.1 Isı Enerjisi Geri Kazanmada Rejeneratif Sistemler**

Bu sistemlerde ısı transferini sağlayan kütle, sırasıyla ısı enerjisini alarak depolamakta ve depoladığı ısı enerjisini vermektedir. Genellikle gaz/gaz ısı transferleri için kullanılan bu

sistemin en iyi bilinen örneği, “Ljungström ısı eşanjörü” veya “ısı tekerleği” olarak bilinen tipteki eşanjörlerdir.

Isı tekerleğinde, ısı depolama kütlesi olarak metal (teneke petek, tel elekler), seramik, sünger, kaplanmış amyant karton gibi çok değişik malzeme kullanılabilir. Önemli olan, bu malzemeden yapılacak tekerleğin hava geçirgenliğinin bulunması ve yüzeyinin mümkün derece büyük olmasıdır (1 m<sup>3</sup> depolama kütlesinin yüzey alanı 3000 m<sup>2</sup>'yi bulabilmektedir).

Bu sistemde ısı kazanılacak atık gaz ile ısıtılacak gaz (kurutucuya giren temiz hava veya işletmenin ısıtılmasında kullanılacak temiz hava) yan yana bulunan iki kanaldan (borudan) ters yönlerde geçirilmektedir. Isı tekerleğinin yarısı sıcak atık hava, yarısı da temiz soğuk hava kanalında bulunmakta ve tekerlek dönmektedir (yavaş dönuőlü tiplerde 6-7 devir/dak, özel hızlı dönuőlü entalpi-dönuőtürücülerde ise 500-1400 devir/dak hızla). Isı tekerleğinin sıcak atık hava kanalında bulunan kısmı, buradan geöen sıcak havadan ısı enerjisi olarak depolamakta (ısınmakta) ve dönuő nedeniyle bu kısım soğuk hava kanalına geldiğinde de depoladığı ısı enerjisini bu kanaldan geöen soğuk havaya vermektedir (kendisi tekrar soğumaktadır). Şekil 8.1’de bir ısı tekerleği görölmektedir.



Şekil 8.1 Isı tekerleği (Ljungström döner ısı eşanjörü). (Tarakıoğlu, 1984)

Isı tekerleklerinin avantajları olarak şunlar sayılabilir:

- Yatırım ihtiyaçları çok yüksek değildir (özellikle 10.000 m<sup>3</sup>/h'ten fazla atık hava geçişlerinde)
- Yüksek atık hava sıcaklıklarında, ısı geri kazanma verimi yüksektir, dolayısıyla kendini geri ödeme süresi kısadır;
- Sıcaklık verim derecesi yüksektir.
- Hava akımına karşı oluşturduğu direnç fazla değildir.

Dezavantajları şunlardır:

- Atım ve temiz hava akımlarının birbirinden tamamen ayrılması sağlanamamaktadır. Atık havadan bir miktar pislik ve nemin, temiz havaya taşınması tehlikesi vardır.
- Atık hava sıcaklığının düşük olması halinde, ısı geri kazanma verimi de düşmektedir.
- Kurutucunun içerisine yerleştirilmesi mümkün değildir.
- Kolay kirlenmektedir.
- Temizlenmesi zordur. (Tarakçıoğlu, 1984)

## 8.2 Isı Enerjisi Geri Kazanmada Reküperatif Sistemler

Reküperatif sistemlerde ısı transferi sağlanacak maddeler (gaz/gaz, gaz/sıvı, sıvı/sıvı) en azından bir transfer yüzeyi ile birbirlerinden ayrılmış durumda olduklarından, burada yalnızca ısı transferi sözkonusu olup, kütle transferi (pislik ve nemin taşınması) söz konusu değildir. Isı transferinin, enerji geri kazanılacak ve ısınacak maddeleri birbirinden ayıran yüzeyde doğrudan meydana geldiği sistemlerin yanında, önce bir aracı maddenin ısı enerjisini depoladığı ve sonra bir transfer yüzeyi üzerinden ısıtılacak maddeye aktardığı sistemler de mevcuttur.

### 8.2.1 Isı transferinin aracısız olarak transfer yüzeyinde meydana geldiği reküperatif sistemler

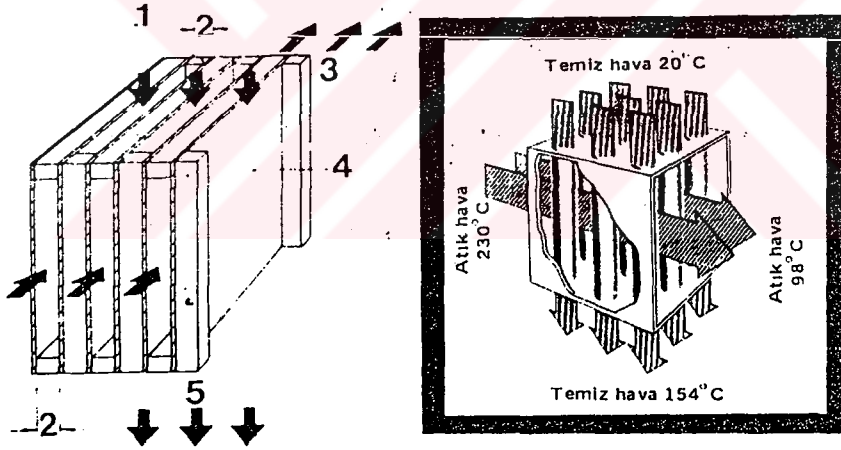
Terbiye dairelerinde en fazla kullanılan bu sistemde, ısı verecek atık hava veya flotte ile, ısınacak hava veya su, ters akım veya çapraz akım prensibine göre eşanjörden geçirilmekte ve bu esnada ısı alışverişi meydana gelecek maddeleri (gaz/gaz, gaz/sıvı, sıvı/sıvı) birbirinden ayıran yüzeyler üzerinden de ısı transferi meydana gelmektedir.

Bu sisteme göre çalışan ısı enerjisi geri kazanma sistemlerinde en yaygın eşanjör tipleri:

a) Levhalı eşanjörler ve

b) Borulu eşanjörlerdir.

Atık kurutma gazlarından ısı enerjisi geri kazanılmasında borulu (özellikle cam borulu) eşanjörler tercih edilirken, atık flottelerden ısı enerjisi geri kazanılmasında hem borulu, hem de levhalı eşanjörler kullanılmaktadır. Şekil 8.2'de levhalı ve borulu ısı eşanjörler görülmektedir.



Şekil 8.2 Levhalı ve borulu ısı eşanjörleri. (Tarakçioğlu, 1984)

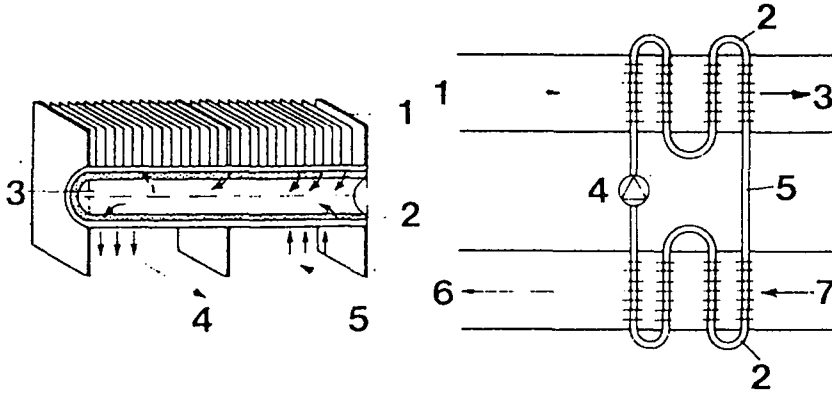
Bugün için tekstil terbiye dairelerinde ısı eşanjörü tipi seçerken en fazla üzerinde durulması gereken nokta, eşanjörün kirlenme ve temizlenebilme durumudur. Zira çabuk kirlenen ve zor temizlenen bir eşanjör, duruşlar ve el emeği ihtiyacının yüksek oluşu nedeniyle ekonomikliğinden çok şey kaybetmektedir.



### 8.2.2 Aracılı reküperatif (indirekt rejeneratif) sistemler

Bu sistemlerde ısı transferi bir aracı üzerinden meydana gelmektedir. Yani ısı kazanılacak madde önce aracıyı ısıtmakta ve ısı depo etmiş olan aracı da kendiliğinden veya bir pompa vasıtasıyla sağlanan hareketi sonucu, ısınacak maddenin bulunduğu bölgeye geldiğinde bu ısıyı o maddeye vermektedir.

Pompaya gerek olmayan, aracılı reküperatif sisteme örnek olarak “ısı borusu (heat-pipe)” denilen donatım gösterilebilir. Üzerinde lameller (1) bulunan tamamen kapalı bir borunun içerisinde, kolay buharlaşabilen bir sıvı (soğutma maddesi) bulunmaktadır. Boru sıcak atık hava veya flottenin geçtiği tarafa doğru hafif eğimlidir. Borunun yarısı atık hava veya flottenin (5), diğer yarısı da temiz hava veya flottenin (4) geçtiği kanalda kalmaktadır. Sıcak hava veya flotteden alınan ısıyla ısınıp buharlaşan soğutma maddesi, borunun içerisindeki geçirgen tabakadan (2) geçerek borunun diğer ucuna doğru gittiğinde soğuyarak yoğuşmakta ve yoğuşma enerjisini borunun dışından çapraz olarak geçmekte olan soğuk hava veya suya vermektedir. Yoğuşan soğutma maddesi kılcal emme ve borunun eğikliği nedeniyle tekrar sıcak hava veya flottenin geçtiği kısma geri dönmektedir. Isı boruları kısa olduklarından, genellikle bunlardan birkaç tanesi birlikte kullanılır. Şekil 8.4’te ısı borusu düzeni görülmektedir.



Şekil 8.4 Isı borusu (heat-pipe). (Tarakçıoğlu, 1984) Şekil 8.5 Pompalı, aracılı reküperatif sistem (Tarakçıoğlu, 1984)

Pompaalı aracılı reküperatif sistemde ise, atık sıcak havanın veya flottenin aktığı boruda (kanalda) ve temiz, soğuk havanın veya suyun aktığı boruda (kanalda) serpantinler bulunmaktadır. Bir pompa vasıtasıyla sirküle edilen sıvı, sıcak hava (veya flotte) borusundaki serpantinlerden geçerken ısınmakta ve soğuk hava (veya flotte) borusundaki serpantinlerden geçerken de ısınıp ısıyı vermektedir. (Tarakçıoğlu, 1984)

### 8.3 Atık Kurutma Havasından Isı Enerjisinin Geri Kazanılması

Sıcak ve nemli atık kurutma havasından geri kazanılan ısı enerjisinin ya kurutucuya giren soğuk ve temiz havanın ön ısıtılmasında veya su ısıtmada kullanılabileceği öğrenilmiştir.

Atık havayla kurutucuya giren temiz havanın ısıtılmasında en fazla kullanılan ısı eşanjörü tipleri: Isı tekerleği ve cam borulu reküperatif eşanjörlerdir. Özellikle atık hava sıcaklığının yüksek olduğu durumlarda ısı tekerleği çok iyi bir verim sağlamaktadır ve ucuz olduğu için de kendini geri ödeme süresi kısadır. Fakat atık havadaki pislik ve nemin bir kısmını temiz havaya taşıdığı ve kirlenme durumu nedeniyle her zaman tercih edilen bir sistem değildir.

Isı eşanjörlerinin yerleştiriliş yerleri bakımından da iki tip mevcuttur:

a)Ekstern (kurutucunun dışına yerleştirilen) ısı geri kazanma eşanjörleri:

Başlangıçta yaygın olan bu tip eşanjörler, bugün için de bir kurutucuya (ramöze) sonradan ısı geri kazanma donatımı eklenecek ise, tek uygulanabilecek sistemdir. Bunlarda, ısı eşanjörü ramözün çıkış tarafında soğutma bölmesinin üzerine kurulan iskelede yerleştirilir. Temiz hava giriş ve atık hava çıkış kanallarının yanyana pozisyonda bulunup, dışarıya karşı iyi bir şekilde izole edilmiş olması gerekmektedir. Hem kurutucuya temiz hava göndermek, hem de kurutucudan temiz hava emmek için iki ayrı vantilatöre gerek vardır.

b)Entegre (kurutucunun içine yerleştirilen) ısı geri kazanma eşanjörleri:

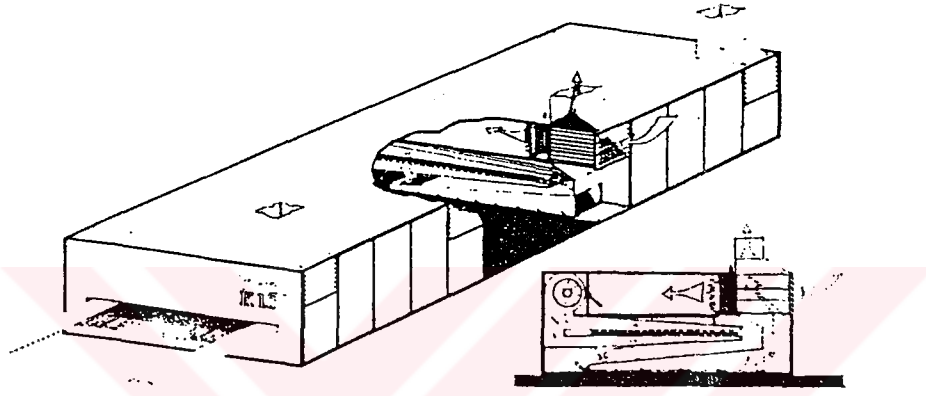
Bazı yeni tip ramözlerde uygulanan bu sistemde, eşanjörler kurutucunun içerisine, örneğin bölmelerin bitimindeki dikey atık hava kanalının başlangıcına yerleştirilmektedir.

Entegre tesisin avantajları olarak:

- İskele ve temiz hava kanalına gerek olmaması,

- Ek bir temiz hava vantilatörü gerektirmemesi,
- Ramözün üzerinde ek bir yüksekliğe gerek olmaması,
- Temizleme için eşanjörlerin çıkarılıp takılmasının kolay olması,
- Yatırım giderlerinin daha düşük, dolayısıyla kendini geri ödeme süresinin daha kısa olması sayılabilir.

Şekil 8.6'da entegre ısı geri kazanma tesisatı kesiti görülmektedir.



Şekil 8.6 Entegre ısı geri kazanma tesisatının yerleştiriliş şekli. (Tarakçıoğlu, 1984)

Atık havayla temiz havanın ısıtılması durumunda, atık havadaki su buharının yoğuşma enerjisinden faydalanılamamaktadır. Bu enerjinin de geri kazanılması isteniyorsa atık havanın 52°C'tan daha düşük sıcaklıklara kadar soğutulması gerekmektedir. Bu ise genellikle sözkonusu değildir.

Bu sistemlerle sağlanan enerji tasarrufu miktarı; ısıl verim derecesi ve atık havadaki nem miktarına (termofiksaj, kondensasyon gibi işlemlerde; atık hava kütesinin, tekstil mamulü kütesine oranına) bağlı olarak değişmektedir. Tesisin sıcaklık verim derecesi ise, tesisin yapısına (özelliklerine) ve bu tesiste ısıtılacak temiz hava kütesinin atık hava kütesine oranına bağlı olarak değişmekte olup,

$$\eta_t = \frac{t_{TÇ} - t_{TG}}{t_{AG} - t_{TG}} \quad (8.1)$$

$\eta_t$  = Isıl verim derecesi

$t_{TC}$  = Eşanjörden çıkan temiz havanın sıcaklığı (°C)

$t_{TG}$  = Eşanjöre giren temiz havanın sıcaklığı (°C)

$t_{AG}$  = Eşanjöre giren atık havanın sıcaklığı (°C)

formülüyle hesaplanmaktadır.  $\eta_t$  genellikle 0,6-0,75 arasında değişen bir değere sahiptir.

### Örnek:

Temiz hava kütlelerinin atık hava kütlelerine oranı  $n = 0,6$  olan bir ısı eşanjörüne giren atık havanın sıcaklığı 130°C, temiz havanın sıcaklığı 27°C, eşanjörden çıkan atık havanın sıcaklığı 88°C, temiz havanın sıcaklığı ise 93°C olduğuna göre, bu eşanjörün ısı verim derecesi kaçtır?

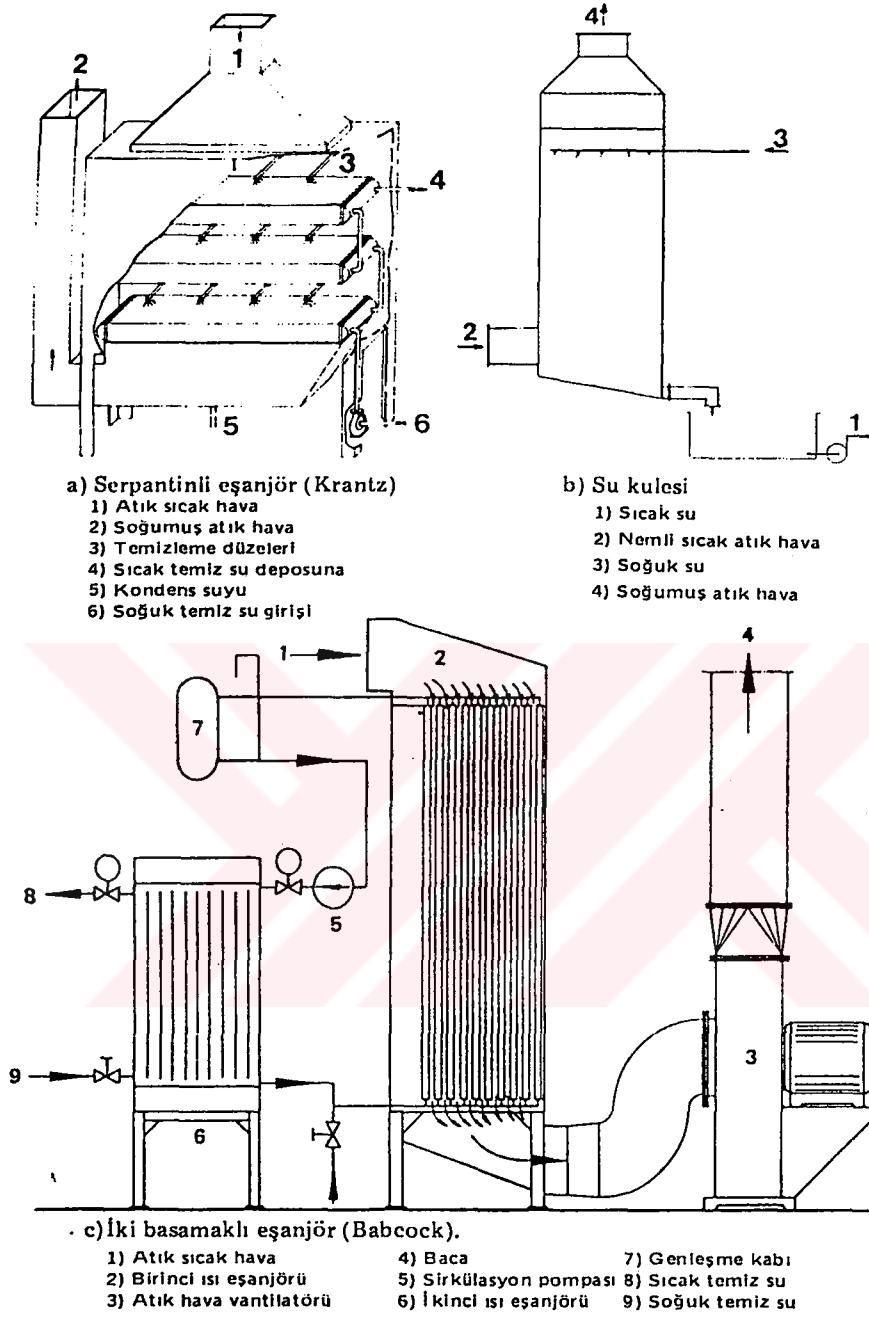
$$\eta_t = \frac{93 - 27}{130 - 27} = 0,64$$

Konveksiyon kurutucular anlatılırken üzerinde ısrarla durulduğu üzere, kurutucudan çıkan atık havadaki nem miktarı yüksek olursa (%10-15 kütle) 1 kg suyun buharlaştırılması için gerekli sıcak kurutma havası miktarı ve dolayısıyla atık havayla kayba uğrayan enerji miktarı önemli ölçüde azalmaktadır. Bu şekilde bir çalışmada atık havayla kayba uğrayan enerji miktarı zaten az olduğundan, bir ısı eşanjörü yardımıyla geri kazanılabilecek enerji miktarı da az olmaktadır.

En yüksek enerji geri kazanılması su kulesinde sağlanabilmekteyse de, burada elde edilen sıcak su temiz değildir. Bundan temiz sıcak su elde edilebilmesi için ikinci bir ısı eşanjörüne daha gerek vardır ki, bu taktirde de sağlanan verim düşmektedir.

Atık kurutma havasıyla su ısıtılmasının yaygın olmamasının nedeni, atık flottelerle de su ısıtıldığı taktirde, işletmede gerekenden fazla 50-55°C'deki suyun elde edilecek olmasıdır.

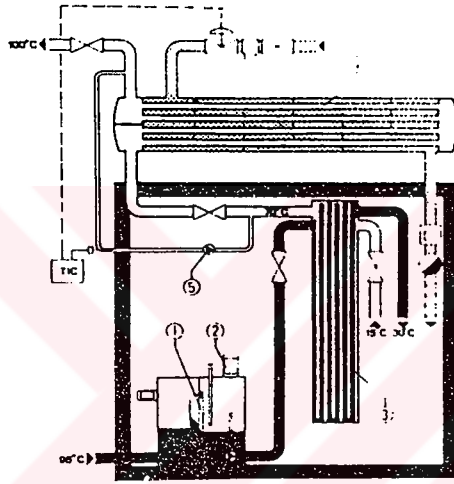
Şekil 8.7'de atık kurutma havasından su ısıtılması teçhizatları gösterilmiştir. (Tarakçıoğlu, 1984)



Şekil 8.7 Atık sıcak havayla su ısıtılması imkanları. (Tarakçıoğlu, 1984)

#### 8.4 Atık Flottelerden Isı Enerjisinin Geri Kazanılması

Atık flottelerden ısı enerjisi geri kazanarak su (flotte) ısıtılması, genellikle levhalı veya borulu reküperatif ısı eşanjörleri vasıtasıyla sağlanmaktadır. Bu sistemleri atık havadan ısı enerjisi geri kazanılması sistemlerinden (özellikle atık sıcak havayla temiz havanın ısıtılması sistemlerinden) ayıran en önemli husus, bunlarda enerji geri kazanma verim derecesinin kolaylıkla %75-80'e kadar çıkmasıdır. Isıtma enerjisinden sağlanacak tasarrufun, bu denli yüksek olabilmesi nedeniyle de bunların kendilerini geri ödeme süreleri de kısa olmaktadır.



Şekil 8.8 Enerji geri kazanma ve buharla su ısıtma donatımı (Babcock). (Tarakçıoğlu, 1984)

Şekil 8.8'de kesiksiz bir yıkama makinesi için enerji geri kazanma ve buharla su ısıtma donatımı görülmektedir. Yıkama makinesinden gelen sıcak su (95-98°C) bir döner diskli filtreden (1) geçirilerek temizlendikten sonra, otomatik seviye ayarına bağlı bir pompa (2) vasıtasıyla ısı eşanjörüne (3) gelmekte ve burada soğuyan atık su kanala akıtılmaktadır. Isı eşanjöründe 70-77°C'ye kadar ısınan temiz su ise, buharlı ısıtma donatımına (4) gelerek burada 100°C'a kadar ısıtıldıktan sonra kaynak su olarak yıkama makinesine gönderilmektedir. Yani yıkama makinesinde ayrıca bir ısıtma donatımına ihtiyaç yoktur. Böyle bir tesisin montaj dahil yatırım gideri 65.000 DM dır.

Bu tesisle sağlanabilecek enerji tasarrufu: 12 m<sup>3</sup>/h ve 98°C sıcaklıktaki atık su geldiğinde, ısı eşanjörü  $\eta = \%75$  ısı geri kazanma verimiyle çalışıyorsa;

12 m<sup>3</sup>/h atık su 98°C'tan 36°C'a soğur ve bu esnada

12 m<sup>3</sup>/h temiz suyu 15°C'tan 77°C'a ısıtır.

Sağlanan enerji tasarrufu 3,12.10<sup>6</sup> kJ/h'tir, bu da 1,49 t/h buhara eşdeğerdir. Buhar maliyetinin 27,6 DM/t olduğu kabul edilirse sağlanan tasarrufun maddi değeri 41,1 DM/h'tir.

$$\frac{65000}{41,1} = 1581 \text{ h}$$

Bu hesaplara göre, tesisin kendini geri ödeme süresi 1581 çalışma saatidir ki, bu da 3 vardiya çalışan bir işletmede 4-5 ayı geçmez. Verilen örnekte, su ısıtma donatımı da bulunan pahalı bir tesis seçilmiş olmasına rağmen, geri ödeme süresinin yine de çok kısa olduğu görülmektedir.

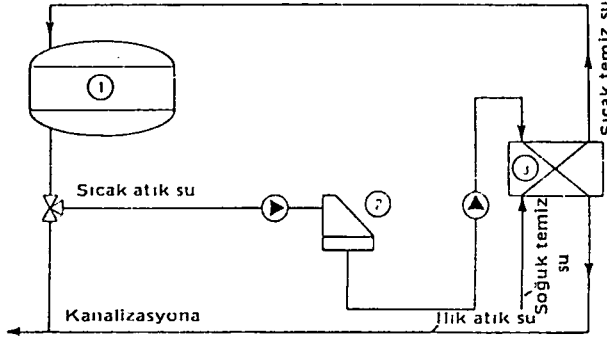
Atık flottelerden enerji geri kazanma tesislerini;

1. Merkezi olmayan, bireysel geri kazanma donatımları
  2. Merkezi geri kazanma tesisleri
- diye ikiye ayırmak mümkündür.

Merkezi olmayan, bireysel geri kazanma donatımları da kendi aralarında ikiye ayrılmaktadırlar:

a) Kesiksiz çalışan her makineye ayrı bir ısı eşanjörü takılması:

Biraz önce verilen örnekte de belirtildiği gibi, bu çalışma şeklinin en güzel ve en yaygın uygulama alanı kesiksiz çalışan yıkama makineleridir. Bu şekildeki çalışmanın avantajı, sıcak atık su gelişi ile sıcak temiz su ihtiyacının aynı zamana rastlaması ve miktarlarının aynı oluşudur. Dolayısıyla ne sıcak atık su, ne de eşanjörden çıkan sıcak temiz su için yalıtılmış depolara gerek vardır. Boru ve vana ihtiyacı da, ısı eşanjörü hemen makinenin girişine veya çıkışına yerleştirileceğinden asgariye inmektedir. Şekil 8.9'da böyle bir düzenek gösterilmektedir.



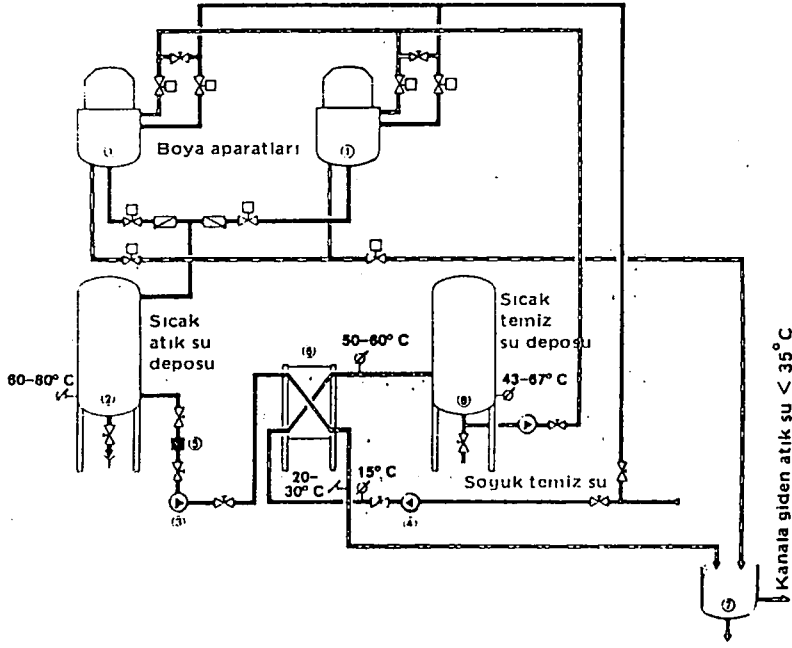
Şekil 8.9 Kesiksiz çalışan bir makineye ısı geri kazanma donatımı bağlanmasına örnek. 1)Kesiksiz çalışan makine, 2)Filtre, 3)Isı eşanjörü. (Tarakçıoğlu, 1984)

b)Kesikli çalışan tek veya bir grup makineye ısı eşanjörü bağlanması:

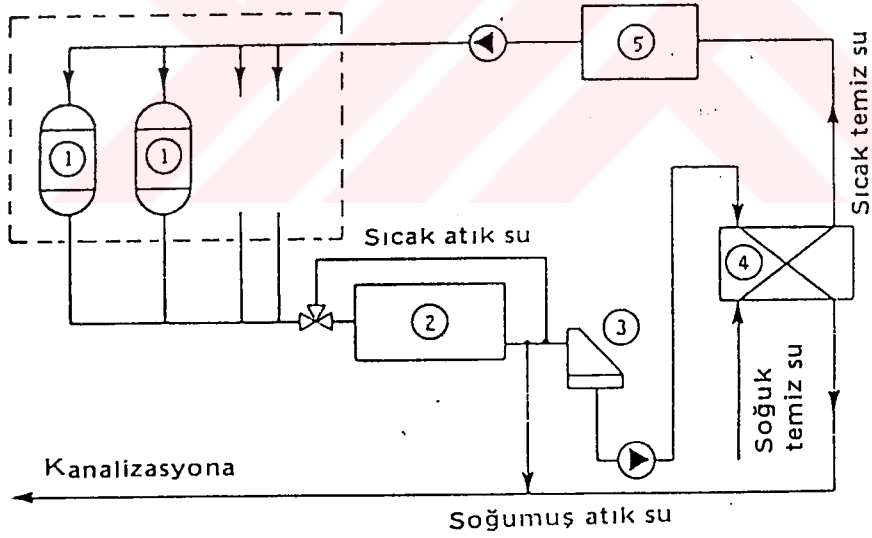
Kesikli çalışan makinelerde (aparatlarda), makine (aparat) boşaltılırken kısa bir sürede bol miktarda sıcak atık su çıkarırken, makine (aparat) doldurulurken de kısa bir sürede bol miktarda sıcak temiz suya ihtiyaç olmaktadır. Atık su gelişindeki ve sıcak temiz su tüketimindeki bu düzensizlik ve zaman bakımından birbirine uyumsuzluk nedeniyle, bunlarda hem sıcak atık su, hem de sıcak temiz su için birer tane yalıtılmış depoya ihtiyaç vardır. Ayrıca sisteme bir termostatlı vana konularak  $55^{\circ}\text{C}$ 'den daha soğuk atık suların doğrudan kanala gönderilmesinde de fayda vardır. Bu taktirde, özellikle HT-boyama veya pişirme yapılıyorsa ve kazanların basınç altındayken ( $100^{\circ}\text{C}$ 'un üzerindeki) boşaltılmasını sağlayan donatım da mevcutsa, temiz suyun ısı eşanjöründe  $80-90^{\circ}\text{C}$ 'a kadar ısıtılabilmesi bile mümkün olmaktadır. Şekil 8.10'da böyle bir grup görülmektedir.

2. Merkezi ısı geri kazanma tesisleri:

İstenildiği taktirde işletmenin veya bir dairenin bütün atık suları birleştirildikten ve bir depoda toplandıktan sonra ısı eşanjöründen geçirilebilir. Ek borulara, termostatlı vanalara ihtiyaç göstermeyen bu sistemin dezavantajı, soğuk ve sıcak atık suların birbiriyle karışması sonucu oluşan atık suyun sıcaklığının düşük ( $35-55^{\circ}\text{C}$ ) olmasıdır. Dolayısıyla ısı eşanjöründe bu suyla ısıtılacak temiz suyun sıcaklığı da  $30-40^{\circ}\text{C}$ 'u geçmemektedir.



Şekil 8.10 Kesikli çalışan bir grup makineye ısı eşanjörü bağlanması. (Tarakçıoğlu, 1984)



Şekil 8.11 Merkezi ısı geri kazanma tesisleri. (Tarakçıoğlu, 1984)

- 1) İşletmedeki yaş işlem makineleri, 2) Sıcak atık su deposu, 3) Filtre, 4) Isı eşanjörü, 5) Sıcak temiz su deposu.

Yukarıdaki kısa bilgiden de anlaşılacağı gibi, kesiksiz yıkama makinelerine ısı geri kazanma donatımı takılmaması affedilemeyecek bir enerji israfıdır. Başta boyama aparatları ve jet makineleri ile pişirme kazanları olmak üzere kesikli çalışan makine ve aparatlara da gruplar halinde ısı geri kazanma donatımları bağlanmasında büyük yarar vardır. Merkezi ısı geri kazanma tesisleri ise, o kadar ekonomik değildir. (Tarakçıoğlu, 1984)

### 8.5 Ekonomizörler

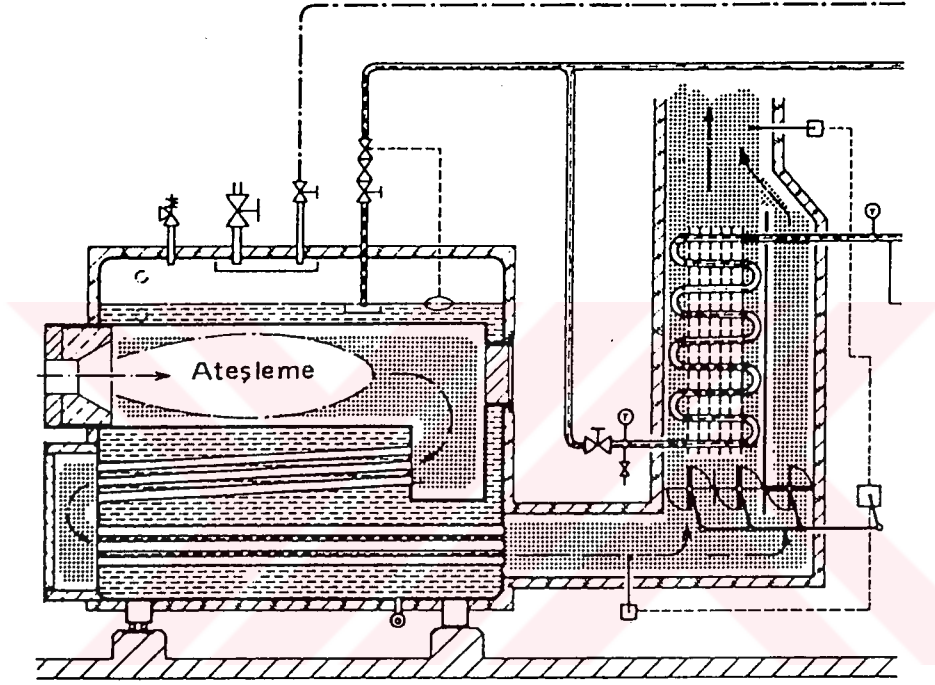
Aslında daha önce anlatılan konu başlıkları altında da incelenmesi mümkün olan ekonomizörler ayrı bir başlık altında burada anlatılacaktır. Çünkü, ekonomizörler çok yaygın bir kullanıma sahiptirler.

Kazan besleme suyu, kazanın asıl ısıtma yüzeylerine girmeden önce, ekonomizör adı verilen elemanlar içinde duman gazları ile ısıtılabilir. Bu şekilde, kazana gönderilen su ile buharlaşmakta olan su arasındaki sıcaklık farkı küçüldüğünden, kazandaki ısıl gerilmeler azalır, su içindeki gazların çıkışı kolaylaşır ve kazanın ısıl verimi artar.

Genel olarak, ekonomizör ve hava ısıtıcısı bulunmayan buhar kazanlarında bacadan atılan duman gazının sıcaklığı, buharlaşmakta olan su sıcaklığı (dolayısıyla basıncı) ile ilgilidir. Pratik açıdan buhar sıcaklığından yaklaşık 100°C daha büyük değere kadar duman gazlarından yararlanılabilir. Duman gazları ile buharlaşan su arasındaki sıcaklık farkı 100°C değerinden az olduğunda, kazanın asıl ısıtma yüzeyleri gereğinden fazla büyüdüğünden ve ilk yatırım masrafları arttığından ekonomik olmaz. Çeşitli basınçlarda çalışan buhar kazanlarının asıl ısıtma yüzeylerinden çıkan duman gazlarının sıcaklıkları 300 ile 550°C arasındadır. Duman gazları bu sıcaklıklarda bacadan dışarı atılır ise kazanda önemli bir ısı kaybı meydana gelir ve kazanın verimi çok düşer.

Normal halde yeterli bir baca yüksekliğinde, doğal çekişli buhar kazanındaki duman gazları 150-180°C, zorlanmış çekme halinde ise 140-150°C sıcaklık değerine kadar soğutulur, bunların ısısından yararlanmak mümkündür. Bu ısı düşük sıcaklıkta olan kazan besleme suyunu veya yakma havasını ısıtmakta kullanılır.

Bir yakıt ekonomisi kazandırması nedeniyle, kazan besleme suyunu ısıtan eşanjörlere, ekonomizör adı verilmiştir. Alt ısı değeri 30 000 kJ/kg olan kömür kullanan ve duman gazında %13 mertebesinde CO<sub>2</sub> bulunan bir buhar kazanında, duman gazının yaklaşık her 15°C değerinde fazladan soğutulması, yakıtta %1 ekonomi sağlar. Bu cihazlar kazan verimini artırmaktan ve ısıl gerilmeleri azaltmaktan başka, ocak yükü değişikçe verim eğrisinin oldukça sabit kalmasını da sağlarlar. Şekil 8.12’de bir buhar kazanı ile bağlantı halinde olan ekonomizör resmedilmiştir. (Genceli)



Şekil 8.12 Buhar kazanı ve ekonomizör. (Tarakçıoğlu, 1984)

Bütün tasarruf sağlayan cihazlarda olduğu gibi ekonomizörlerde de ilk yatırım masrafları ile işletme masrafları arasında optimum bir çözüm aramak gerekir. Bu nedenle, yakıt fiyatının çok düşük olduğu durumlarda, mevsimlik çalışan veya ara sıra devreye giren buhar kazanları için ekonomizörler uygun olmayabilir.

Bir buhar kazanında ekonomizör veya hava ısıtıcısı yakıt tasarrufu (veya ısıl verim) açısından aynı görevi yaparlar. Genellikle küçük buhar basınçlarında ve buhar debilerinde, ekonomizörler hava ısıtıcılarına göre daha ekonomiktir.

Ekonomizörler esas olarak integral veya ayrik tipten olmak üzere ikiye ayrilir. Genelde integral tipten olanlar düŕey borulardan, ayrik tipten olanlar ise yatay borulardan meydana gelir. (Genceli)



## **BÖLÜM 9. EKONOMİK ANALİZ**

Her türlü teknik donanımların kurulmadan önce ekonomik olup olmadığı araştırılmalıdır. Sadece verimli olması, teknik açıdan uygunluğu, o sistemin kurulması için gerek ve yeter koşul değildir. Ekonomiklik de çok önemli bir faktördür. İşte bu yüzden, ekonomiklik incelemesinde mühendislik ekonomisinin esaslarına başvurulur.

### **9.1 Mühendislik Ekonomisinin Esasları**

Endüstride üretim ve işletme tesislerinin seçiminde en önemli kriter ekonomikliktir. Endüstriyel bir sistemde mümkün olan teknik alternatifler arasında en ekonomik olanın seçilmesi istenir. Ekonomik analiz tekniklerinin kullanılarak bu seçimin gerçekleştirilmesi “Mühendislik Ekonomisi”nin konusudur.

Mühendislik proje ve yatırım alternatiflerinin ekonomik değerinin ölçümü için metodlar geliştirmek, bu metodların alternatif yatırımların ekonomik açıdan mukayesesi ve en uygun olanının belirlenmesi için kullanılması mühendislik ekonomisinin en yaygın alanını oluşturmaktadır. (Aybers ve Şahin, 1995)

### **9.2 Yatırımların Ekonomik Değerini Ölçme Metodları**

Yatırımların ekonomik değerinin ölçümü ve alternatif yatırımların mukayesesi için bir çok metod vardır. Bunlardan bazıları yaygın kullanım sırasına göre;

1. Şimdiki değer metodu,
2. Yıllık değer metodu,
3. Gelecek değer metodu,
4. Geri ödeme oranı metodu,
5. Kar/yatırım oranı metodudur.

Bu metodların hepsi eşdeğer metodlardır. Bu nedenle, yatırımların mukayesesinde hangisi kullanılırsa kullanılsın, sonuç aynı alternatifin tercihi şeklinde ortaya çıkacaktır. Ancak, amaca ve kişiye göre bu metodlardan birinin sonuçları daha anlamlı ve açıklayıcı olabilir.

Ekonomi, iktisat ya da işletme bölümlerinde hazırlanan bir çalışma olmadığı için, bu çalışmada bu yöntemler kısaca özetlenecektir.

### **9.2.1 Şimdiki değer metodu**

Mühendislik proje ve yatırımlarının ekonomik mukayesesinde en çok kullanılan bir metoddur. Bu metodla, gelecek zaman içindeki tüm para akışları şimdiki değere getirilir ve alternatif yatırımların şimdiki değerleri mukayese edilerek en ekonomik olan seçilir. Alternatiflerin maliyet mukayesesi yapılıyorsa, toplam masrafların şimdiki değerinin en düşük olduğu alternatif tercih edilmelidir.

### **9.2.2 Yıllık değer metodu**

Mühendislik alanında yaygın olarak kullanılan bir metoddur. Bu metodla, zaman içindeki tüm para akışları, eşdeğer ve üniform yıllık para akış serisine dönüştürülerek, alternatif yatırımlar yıllık değer bazında mukayese edilir. Alternatif yatırımlar maliyet yönünden mukayese ediliyorsa, yıllık eşdeğer maliyet değerinin minimum olduğu alternatif, net kar yönünden mukayese ediliyorsa, yıllık eşdeğer net karın maksimum olduğu alternatif tercih edilmelidir.

### **9.2.3 Gelecek değer metodu**

Gelecek değer metodu, yatırımın ömrü boyunca tüm para akışlarını gelecekteki bir referans tarihe getirir. Söz konusu bu referans tarih, genellikle yatırımın planlanan ömrünün sonudur. Bu metod, şimdiki değer metodu ve yıllık değer metodu ile eşdeğer olduğu ve kolay uygulanabildiği halde, alternatif yatırımların ekonomik analizinde pek sık kullanılmamaktadır. Alternatif yatırımları mukayese etmek için gelecek değer metodu kullanıldığında, gelecek değer maliyeti minimum olan alternatif veya net karı maksimum olan alternatif tercih edilmelidir.

#### **9.2.4 Geri ödeme oranı metodu (rate of return method)**

Geri ödeme oranı, net karın şimdiki değerini istenilen bir sürede sıfır yapan faiz oranı olarak tanımlanabilir. Yatırımın geri ödeme oranını belirleyen bu metod, alternatif yatırımların değerlendirilmesi ve mukayesesinde “Geri Ödeme Oranı Metodu (Rate of Return Method)” olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Kabul edilebilen bir geri ödeme oranı ile n yıllık bir süre içinde hesaplanan net karın şimdiki değeri sıfır oluyor ise, n yıllık süre içinde elde edilen gelirler, amortisman bedeli de dahil olmak üzere tüm masrafları karşılamış ve yatırım amorti edilmiş olur. Alternatif projelerden, aynı amortisman süresi için hesaplanmış geri ödeme oranı hangisinde büyük ise o alternatif daha avantajlıdır.

#### **9.2.5 Kazanç/maliyet oranı metodu (benefit/cost ratio method)**

Yatırımın ömrü boyunca, elde edilen kazancın şimdiki değerinin, ilk yatırım maliyeti de dahil olmak üzere yapılan tüm masrafların şimdiki değerine oranını belirleyen bu metod, özellikle kamu yatırım ve projelerinin ekonomik değerlendirilmesi ve mukayesesinde en çok kullanılan bir metoddur. Bu metod, Gelir/Maliyet oranı ve Net kar/Maliyet oranı olarak iki şekilde tanımlanabilir ve bu oranların değeri büyük olan alternatif tercih edilmelidir. (Aybers ve Şahin, 1995)

### **9.3 Enerji Üretim Maliyetinin Analizi**

Enerji üretim maliyeti yatırım veya sermaye, yakıt, işletme ve bakım maliyetleri olmak üzere üç ana kısımda toplanabilir. Belirli bir süre içinde yapılan bu masrafların tamamı aynı sürede üretilen elektrik enerjisi miktarına bölünerek, birim enerji başına üretim maliyeti hesaplanabilir. Ancak tesis inşaatının başından ömrünün sonuna kadar yapılan tüm masraflar farklı tarih ve miktarlarda yapılmaktadır. Ayrıca yıllık elektrik enerjisi üretimi de yıldan yıla değişebilir. Bu durumda birim enerji üretim maliyeti, Şimdiki Değer ve Yıllık Ortalama Değer metodu birlikte kullanılarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

Tesis inşaatı başlangıcından ömrünün sonuna kadar yapılan değişken yıllık yatırım, yakıt, işletme ve bakım masraflarının referans olarak kabul edilen tesisin güç üretimine başladığı tarihteki değeri,

$$C_{pw} = \sum_{t=-L}^n [C_k(t) + C_f(t) + C_m(t)](1+r)^{-t} \quad (9.1)$$

olmaktadır. Burada;  $C_k(t)$ ,  $C_f(t)$  ve  $C_m(t)$  sırasıyla zamana bağımlı yıllık sermaye, yakıt, işletme ve bakım masraflarını,  $r$ , iskonto oranını,  $n$ , tesis ömrünü,  $L$  ise inşaat süresini göstermektedir.

9.1 denklemi ile  $-L \leq t \leq n$  zaman aralığında yapılan tüm masrafların işletmeye başlama tarihindeki ( $t = 0$ ) değeri yani şimdiki değeri elde edilmiştir. Elde edilen  $C_{pw}$  değeri, tesisin ömrü boyunca eşdeğer ve üniform yıllık masraf serisine,

$$C_{aw} = \frac{C_{pw}}{\sum_{t=1}^n (1+r)^{-t}} = \frac{\sum_{t=-L}^n [C_k(t) + C_f(t) + C_m(t)](1+r)^{-t}}{\sum_{t=1}^n (1+r)^{-t}} \quad (9.2)$$

ifadesi ile dönüştürülür.

Tesiste her yıl aynı miktarda enerji üretiliyorsa 9.2 denklemi yıllık enerji üretimine bölünerek,

$$g = \frac{\sum_{t=-L}^n [C_k(t) + C_f(t) + C_m(t)](1+r)^{-t}}{E \sum_{t=1}^n (1+r)^{-t}} \quad (9.3)$$

şeklinde tesisin ömrü boyunca eşdeğer ve üniform birim enerji üretim maliyeti elde edilir. Yıllık enerji üretimi zamanın fonksiyonu ise, yani yıldan yıla değişiyorsa eşdeğer birim enerji üretim maliyeti,

$$g = \frac{\sum_{t=-L}^n [C_k(t) + C_f(t) + C_m(t)](1+r)^{-t}}{\sum_{t=1}^n E(t)(1+r)^{-t}} \quad (9.4)$$

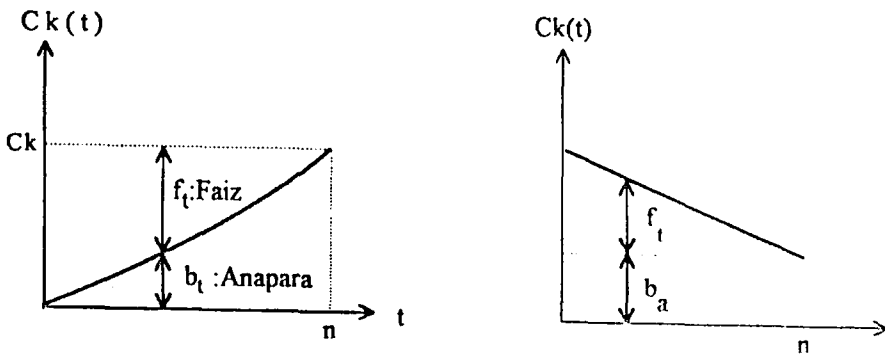
ifadesi kullanılarak hesaplanmalıdır.

9.3 veya 9.4 denklemleri kullanılarak yapılan enerji üretim maliyeti hesaplama metoduna, “Bir Değere Getirilmiş Maliyet (Levelised Cost) Metodu” adı verilir ve alternatif tesislerin enerji üretim maliyetlerini ulusal ve uluslararası düzeyde mukayese etmek için en yaygın kullanılan bir metoddur. Bu metodla paranın zaman değeri dikkate alınarak eşdeğer bir enerji üretim maliyeti elde edildiği için, üretilen enerji tesisin ömrü boyunca bu maliyet değerinden satılırsa, gelirlerin şimdiki değeri, üretim için yapılan tüm masrafların şimdiki değerine eşit olacaktır.

En genel formda 9.4 denklemleri ile ifade edilen Levelised Cost metodunu uygulayabilmek için inşaat süresince yapılan masraflar ile bu masrafların tesis ömrü boyunca herhangi bir yöntemle yıllık masraf serisine dönüştürülerek yıllık sermaye (amortisman) masrafları ile yıllık yakıt ve yıllık işletme-bakım masraflarının belirlenmesi gereklidir. (Şahin ve Bekdemir, 1994)

### 9.3.1 Yıllık sermaye masrafları

Enerji üretim maliyeti hesabında, tesisin inşaatı süresince yapılan masrafların yıllık masraflara intikalinde kullanılan yöntemler önemlidir. Bu maksatla seçilen yöntemlere göre elde edilen sonuçlar biraz farklı olabilmektedir. Yıllık sermaye masraflarının belirlenmesinde, yaygın olarak sabit ve lineer azalan yıllık sermaye masrafı yöntemleri kullanılmaktadır. (Şekil 9.1 ve 9.2)



Şekil 9.1 Sabit yıllık sermaye masrafı. Şekil 9.2 Lineer azalan yıllık sermaye masrafı.  
(Şahin ve Bekdemir, 1994) (Şahin ve Bekdemir, 1994)

Tesisin inşaatı süresince eskalasyon ve faiz yükleri de dahil olmak üzere yapılan toplam yatırımın üretime başlama tarihindeki değeri  $I_k$  ile gösterilirse, tesisin  $n$  yıllık ömrü boyunca sabit yıllık sermaye masrafı,

$$C_k = b_t + f_t = I_k \left[ \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad (9.5)$$

Lineer azalan sermaye masrafı ise,

$$C_k(t) = b_a + f_t = I_k \left[ \left( 1 - \frac{t-1}{n} \right) i + \frac{1}{n} \right] \quad (9.6)$$

şeklinde ifade edilir. Burada;  $i$ , yıllık nominal faiz oranını gösterir.

Yıllık sermaye masraflarının hesaplanabilmesi için, inşaatın bitiş tarihindeki toplam yatırım bedeli  $I_k$ 'nin belirlenmesi gereklidir. Bu yatırım bedeli ise, inşaatın başlangıcında bilinen direkt tesis bedeline inşaat eskalasyon (tesis inşaatı süresince kullanılan malzeme, teçhizat ve işçilik fiyatlarındaki artışlar) ve faiz yükü gibi indirekt masrafların ilavesi ile elde edilir. (Şahin ve Bekdemir, 1994)

#### 9.4 Değerlendirme

Değerlendirme yaparken, bu metodlardan duruma göre uygun olanı seçilir. Ancak, çalışmada yapılan uygulamalarda bu metodların dışında bir metod olan basit geri ödeme metodu kullanılmıştır.

$$\text{Basit geri ödeme} = \frac{\text{Yatırım maliyeti}}{\text{Yıllık tasarruf}} \quad (9.7)$$

(Toklu vd., 1995)

Sebebine gelince;

Yukarıda anlatılan tüm metodlarda zaman çok önemli bir husustur ve bizim gibi parası çok çabuk değer kaybeden ülkeler için çok değerli metodlardır. Ancak, ekipmanların maliyetleri ve yıllık tasarruf dolar bazında alındığında, dolar bazında enflasyon çok düşük olduğundan ve de ısı geri kazanım donatımlarının kuruluş süreleri elektrik üretimi yapan santrallerin kuruluş süreleri gibi yıllar almadığından bu basit metod tolere edilebilir

hatalarla doğru hesap yapılmasını sağlamaktadır. Uygulamalarda da bu basit metod kullanılmıştır.



## **BÖLÜM 10. UYGULAMA**

Ne yazık ki şimdiye kadar üzerinde çalışılan konuların uygulamasını yapmak için gittiğim tekstil fabrikalarının birçoğundan çok yoğun olduklarını söyleyerek ya kapıdan çevirildim ya da içeride yeterli bilgi alamadım. Ancak, uzun çabalar sonucunda, yine böyle bir girişimim sonucunda gittiğim Ormo Yün İplik San. ve Tic. A.Ş.'den oldukça doyurucu bilgiler elde ettim.

### **10.1 Fabrika Tanıtımı**

Ormo Yün İplik San. ve Tic.A.Ş. 20 Temmuz 1976 yılında Bursa Orhangazi Göl Yolu Harmansazı Mevkii'nde üretime başlamıştır. Kurulduğu günlerde 2,5 ton/gün olan Ormo'nun üretimi bu 20 ton/gün'lük üretimle yarı kamgarn el örgü ipliği üretiminde dünyanın önde gelen kuruluşları arasındadır. Yılda ortalama 300 gün 3 vardiya halinde 565 kişi çalışmaktadır.

Kullanılan hammadde insan yapısı fibre ve hayvansal kıllardır. Bunun yanında boyama prosesinde kullanılan boya ve kimyasallar da yarı hammadde olarak tanımlanabilir.

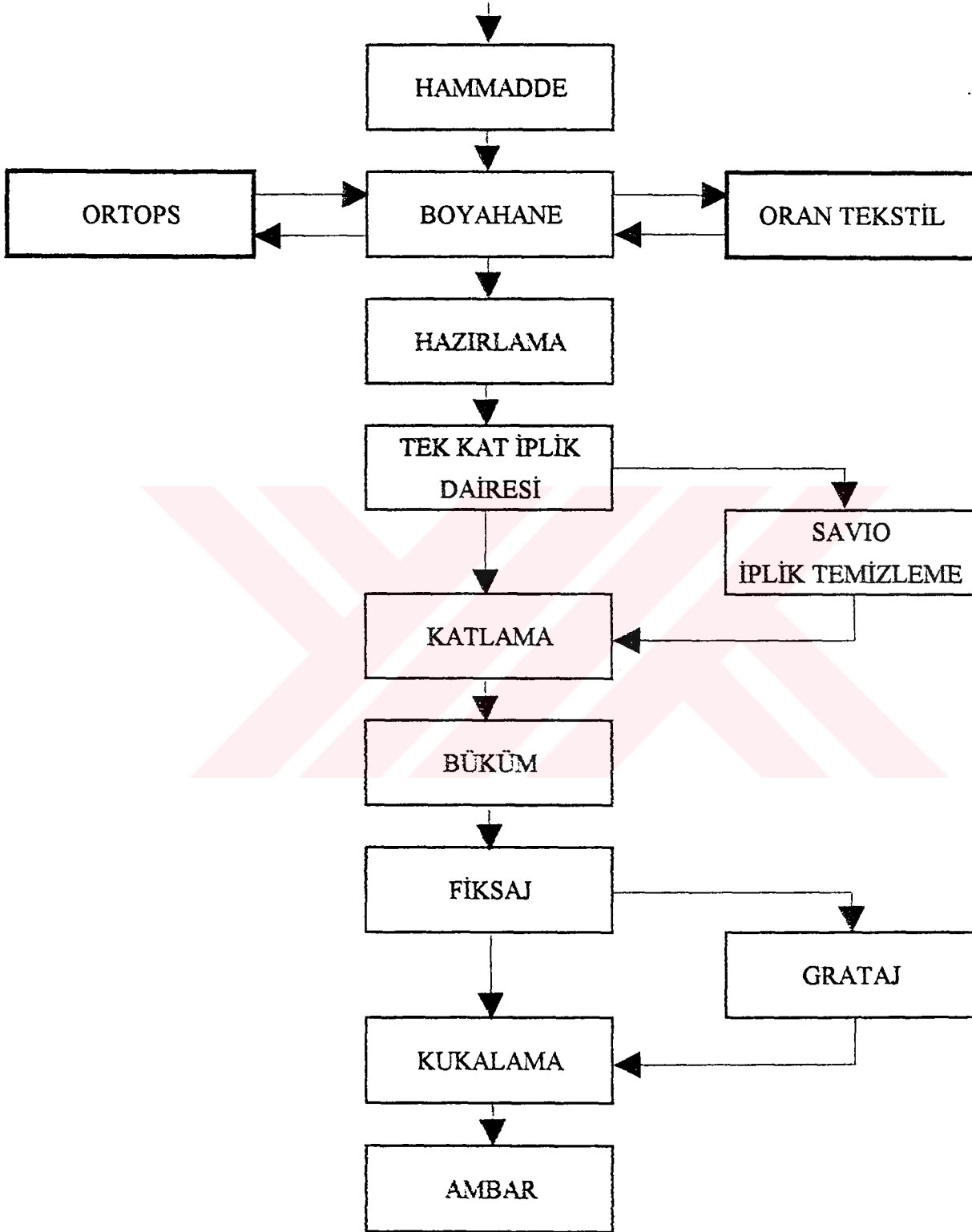
Ağırlıklı olarak kullanılan enerji kaynağı elektrik ve doğalgazdır. Fabrika 46 705 m<sup>2</sup> alan üzerine kurulu olup 23 352 m<sup>2</sup> kapalı alana sahiptir. Ayrıca 17 837 m<sup>2</sup> alanda kurulu 10 702 m<sup>2</sup> kapalı stok alanı mevcuttur.

### **10.2 Prosesin Tanımı**

Fabrikanın üretimini "yarı kamgarn el örgü yünü" olarak tanımlayabiliriz. Proses akış şeması Şekil 10.1'de verilmiştir. Görüldüğü gibi Ormo'ya dahil olan Ormo Boyahane ve Kazan dairesi Ormo'nun kardeş kuruluşları olan Oran Tekstil ve Ortops Yün Tarama A.Ş. ile ilişki içindedir.

Ormo; Boyahane, Tek kat iplik dairesi ve Çok kat iplik dairesi olarak üç ana kısımda incelenebilir. Bunlara ek olarak yardımcı işletmelerin de incelendiği ve enerji tüketim oranlarının makina bazında belirtildiği çizelge olan Çizelge 10.1'de verilmiştir. (Gürcü, 1998)

## ORMO GENEL İŞ AKIŞ ŞEMASI



Şekil 10.1 Proses akış şeması. (Gürcü, 1998)

Çizelge 10.1 Ormo'nun makina enerji tüketimleri. (Gürcü, 1998)

BÖLÜM	MAKİNA GRUPLARI	Kurulu Güç (W)	BUHAR (kg/h) (Kapasite)	Randiman	Etkin Elektrik Gücü (W)	Etkin Buhar Tüketimi (kg/h)	
BOYAHANE	BOYA KAZANLARI	85,891	2,026	0.8	68,713	1,621	
	ÇİLE BOYA KAZANLARI	27,129	299	0.7	18,990	209	
	NUMUNE BOYA KAZANLARI	21,680	80	0.8	17,344	64	
	LABORATUVAR	26,861	0	0.3	8,058	0	
	SANTRİFÜJLER	177,703	0	0.7	124,392	0	
	HİF KURUTUCU	110,000	0	0.85	93,500	0	
	ÇİLE KURUTUCU	20,644	500	0.5	10,322	250	
	DİĞER	55,869	0	0.5	27,935	0	
	<b>TOPLAM</b>	<b>525,777</b>	<b>2,905</b>		<b>369,254</b>	<b>2,144</b>	
	İŞLETME 1. KISIM	HAZIRLAMA	66,994	0	0.8	53,595	0
PRINT		10,924	200	0.7	7,647	140	
VARGEL		452,372	0	0.8	361,898	0	
FANTAZİ		39,332	0	0.8	31,466	0	
SAVİO - KATLAMA		58,641	0	0.8	46,913	0	
<b>TOPLAM</b>		<b>628,263</b>	<b>200</b>		<b>501,518</b>	<b>140</b>	
İŞLETME 2. KISIM		BÜKÜM	159,459	0	0.85	135,540	0
		FIKSAJ	137,068	175	0.8	109,654	140
		GRATAJ	68,117	0	0.6	40,870	0
		KUKALAMA	102,121	75	0.75	76,591	56
	ÇİLE AKTARMA	2,072	0	0.55	1,140	0	
	ELYAF TEMİZLEME	10,074	0	0.2	2,015	0	
	<b>TOPLAM</b>	<b>478,911</b>	<b>250</b>		<b>365,810</b>	<b>196</b>	
	YARDIMCI İŞLETMELER	KOMPRESÖRLER	268,924	0	0.5	134,462	0
		KLİMALAR	287,879	0	0.75	215,909	0
		BUHAR KAZANLARI	11,847	0	0.9	10,662	0
KAZAN DAİRESİ		100,164	331	0.9	90,148	298	
<b>TOPLAM</b>		<b>668,814</b>	<b>331</b>		<b>451,181</b>	<b>298</b>	
<b>GENEL TOPLAM</b>		<b>2,301,765</b>	<b>3,686</b>		<b>1,687,763</b>	<b>2,778</b>	

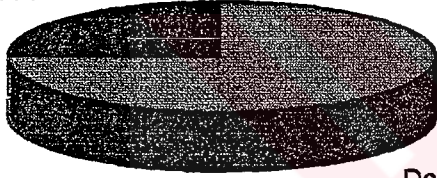
### 10.3 Yıllık Enerji Tüketimi Değerlendirmesi

1997 yılında tüketilen enerji tür ve miktarları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 10.2 Ormo 1997 yılı enerji-maliyet dağılımı. (Gürcü, 1998)

Enerji Türü	Miktar	Enerji		Maliyet	
		GCal	% Pay	TL	% Pay
Doğal Gaz	3,227,220 m <sup>3</sup> /yıl	26,624.57	75.23	99,185,735,674	49.51
Elektrik	10,195,440 kWh/yıl	8,768.08	24.77	101,157,055,674	50.49
TOPLAM		35,592.65	100	200,342,790,979	100.00

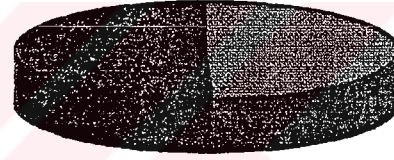
Elektrik  
24.77%



Doğal  
Gaz  
75.23%

ENERJİ DAĞILIMI

Elektrik  
50.49%



Doğal  
Gaz  
49.51%

MALİYET DAĞILIMI

Şekil 10.2 Ormo'nun 1997 yılı enerji-maliyet dağılımı. (Gürcü, 1998)

Grafiklerden de görülebildiği gibi fabrika genelinde enerji tüketimi olarak elektrik enerjisi tüketimi toplam enerji tüketiminin % 24.77'si gibi bir paya sahip olmasına rağmen maliyetler gözönüne alındığında bu oran % 50.49'a çıkmaktadır. Elektrik tüketiminde gerçekleştirilebilecek tasarruf miktarı çok az olsa dahi, maliyet söz konusu olduğunda elde edilecek tasarrufun parasal karşılığı önemli ölçüde olacaktır.

### 10.4 Tasarruf Sağlamaya Yönelik Bulgular ve Öneriler

Kazan dairesinde ve proses alanlarında yapılan çalışmalar sırasında tesbit edilen ve enerji tasarrufu sağlamaya yönelik genel bulgular şu şekilde sıralanabilir;

- Kazanlarda yanmanın daha da iyileştirilmesi ve gerekli müdahalelerin yapılması ile kazan veriminin artırılması
- Kondens geri dönüş oranının artırılması için kondens geri kazanım çalışmalarının yapılması,
- Fabrika genelinde ve özellikle açık buhar tüketiminin çok fazla olduğu çile kurutucusu ve otoklav makinalarına yönelik ısı geri kazanımı sistemlerinin tasarlanması
- Buhar hattında bulunan kondensstopların tam bir listesinin oluşturulup bunların sürekli kontrol altında tutulmasının sağlanması.
- İzolasyonsuz ya da kötü izole edilmiş tüm boru, vana, flanş veya sıcak yüzeylerin tespit edilmesi ve belirli bir program dahilinde izolasyonlarının yapılması
- Tesisteki buhar kaçaklarının asgariye indirilmesi
- Otomatik alt ve üst blöf sistemlerinin şu andaki çalışma şartları altında değerlendirilip sisteme olabilecek katkılarının tespit edilmesi ve uygun yatırımın yapılması.
- Kullanılan kazan kimyasalları ile alınan sonuçların altı ayda bir değerlendirilmesi.
- Baca gazı analizörünün üç yılda bir, kalibrasyonunun yaptırılması.
- Ayrıca baca gazı analizinin yılda bir kez yetkili bir kuruma yaptırılması.
- Alınan ve kaydedilen ölçümlere yönelik değerlendirmelerin yapılması ve herhangi bir aksaklığın göze çarpması halinde, anında gerekli müdahalenin yapılarak iyileştirmenin sağlanması.
- Yemek aralarında mümkün olduğu ölçüde çalışmayan makinaların olduğu bölgelerdeki lambaların söndürülmesine yönelik tasarruf çalışmasının yapılması.

Bu bulgular ve önerilerin firmalardan teklif alınan ve yapılması planlananları Çizelge 10.3'te verilmiştir.

Çizelge 10.3 Öneriler ve tasarruf potansiyeli. (Gürcü, 1998)

Öneriler	Enerji Türü	Yıllık Tasarruf Miktarı			Yatırım Mali.	Geri Ödeme Süresi
		Or. Birim	Mcal/Yıl	TL/Yıl		
Otomatik Üst Blöf Sistemi (İletkenlik Analizi Dahil)	Buhar	87,600 kg/yıl	57,816	1445 \$	1125 \$	9 ay
Boya Rezerv kazanlarının sıcak su yüzey izolasyonu	Buhar	336,873 kg/yıl	222,300	5558 \$	1500\$	0,26
175 m <sup>2</sup> 'lik buhar kazanının arka yüzeyinin izolasyonu	Buhar	193,366 kg/yıl	127,622	3190 \$	250 \$	0,07
Kazan üst blöfö ile besi suyunun ısıtılması	Buhar	56,413 kg/yıl	37,233	930 \$	1050 \$	1,12
Boya kazanları yüzey izolasyonunun yapılması	Buhar	362,878 kg/yıl	239,500	5987 \$	800 \$	0,13
Boyahane boya kazanları kondens hatlarının izolasyonu	Buhar	220,034 kg/yıl	145,223	3630 \$	540 \$	0,14
Boyahane boya kazanları kondens hatlarının izolasyonu	Buhar	99,646 kg/yıl	65,767	1643 \$	840 \$	0,51
Öğlen yemek tatillerinde çalıştırılmayan makinaların aydınlatmasının kesilmesi	Elektrik	19,440 kWh/yıl	16,718	1253 \$	yok	

Öneriler ve tasarruf potansiyeli çizelgesinin dışında fabrikada birçok noktada daha tasarruf imkanı vardır. Bu tasarruf alanlarını şöyle özetleyebiliriz.

- Fabrikalar arası buhar ve kondens hatları izolasyonundaki iyileştirmeler,
- İşletmelerin içerisindeki buhar ve kondens hatları izolasyonundaki iyileştirmeler,
- Basınçlı hava hatlarındaki kaçakların tamamen önlenmesi, basınçlı hava kullanımının denetim altında tutularak kullanıcının bilinçlendirilmesi.

Çizelge 10.3'te bahsedilen tasarruf kalemlerinin gerçekleşmesi halinde elde edilecek tasarruf oranlarına ait bilgiler Çizelge 10.4'te verilmiştir.

Çizelge 10.4 Sağlanan tasarruflar. (Gürcü, 1998)

Yakıtlar	Belirlenen Tasarruf			Enerji Tasarruf Oranı %
	Miktar (.../yıl)	Enerji (Mcal/yıl)	Maliyet (\$/yıl)	
Doğal Gaz	108 540 m <sup>3</sup> /yıl	895 461	22 383	%3.36
Elektrik	19 440 kWh/yıl	16 718	1,253.0	%0.2

Bu fabrikada bulunan kazanın ekonomizer için geri ödeme süresi ise basit geri ödeme süresi metodu ile bulunur.

Ekonomizör sayesinde sağlanan  $\Delta t = 12^\circ\text{C}$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t = 10\,000 \times 1 \times 12 = 120\,000 \text{ kcal/h}$$

$$\text{Yıllık tasarruf} = 120\,000 \times 24 \times 300 = 864 \times 10^6 \text{ kcal/yıl}$$

$$1 \text{ Mcal buhar} = 0.025 \$ \text{ (firma maliyeti)}$$

$$1 \text{ Mcal elektrik} = 0.075 \$ \text{ (firma maliyeti)}$$

olduğu düşünülürse

Yıllık tasarruf  $864 \times 10^3 \times 0,025 \$ = 21\ 600 \$$

Ekonomizer maliyeti = 31 500 \$

$$\text{Basit geri ödeme} = \frac{\text{Yatırım maliyeti}}{\text{Yıllık tasarruf}} = \frac{31500}{21600} = 1.45 \text{ yıl}$$

### 10.5 Fabrikanın Enerji Tüketiminin İncelenmesi

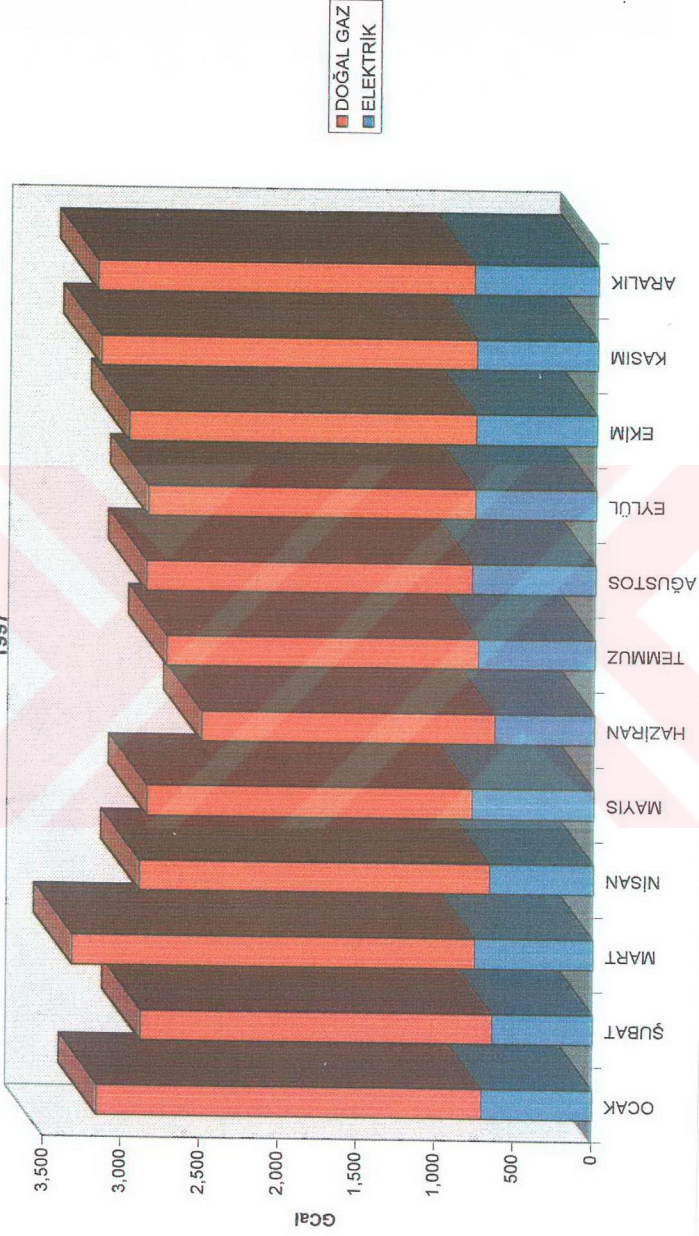
Fabrikada elektrik enerjisi üretilmemektedir. Bunun yanında Ak Enerji A.Ş. ile yapılan ortaklık anlaşması gereğince elektriğin kWh'i TEDAŞ'a göre %15 daha ucuza satın alınmaktadır.

Ormo'da toplam enerji tüketimi Şekil 10.3'te, Üretim/spesifik tüketim grafiği Şekil 10.4'te, Makinaların buhar Tüketim Oranları Şekil 10.5'te, Kısımların buhar tüketim oranları Şekil 10.6'da, Kısımların elektrik enerjisi tüketim oranları Şekil 10.7'de, Ormo grup buhar tüketim oranları Şekil 10.8'de verilmiştir.

Tüm fabrika için genel kütle-enerji balans şeması ise Şekil 10.9'da verilmektedir.

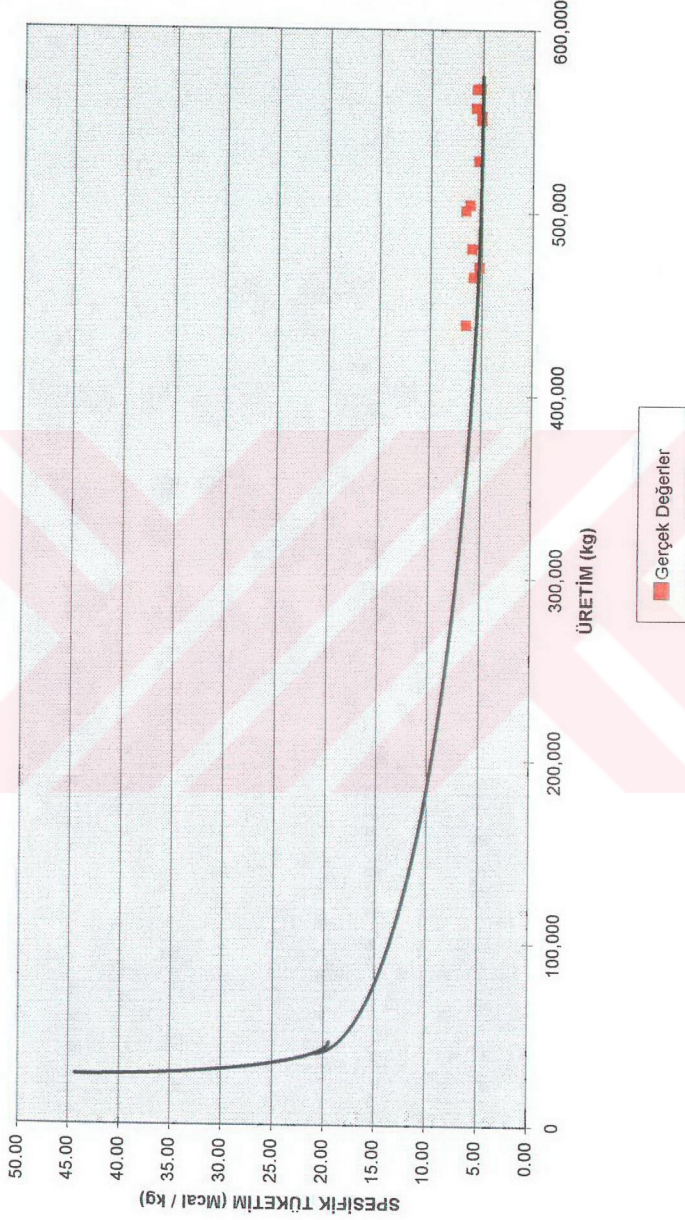
ORMO YÜN İPLİK A.Ş.  
TOPLAM ENERJİ TÜKETİMİ

1997

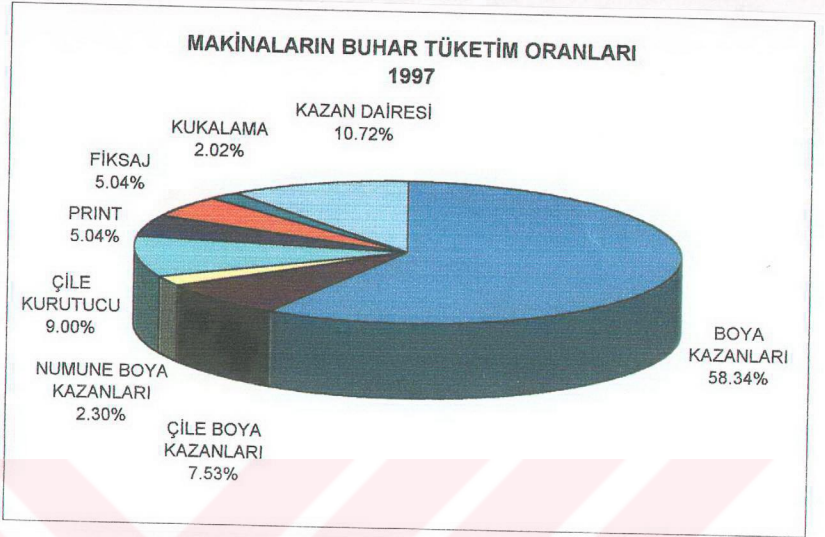


Şekil 10.3 Ormo'da toplam enerji tüketimi. (Gürcü, 1998)

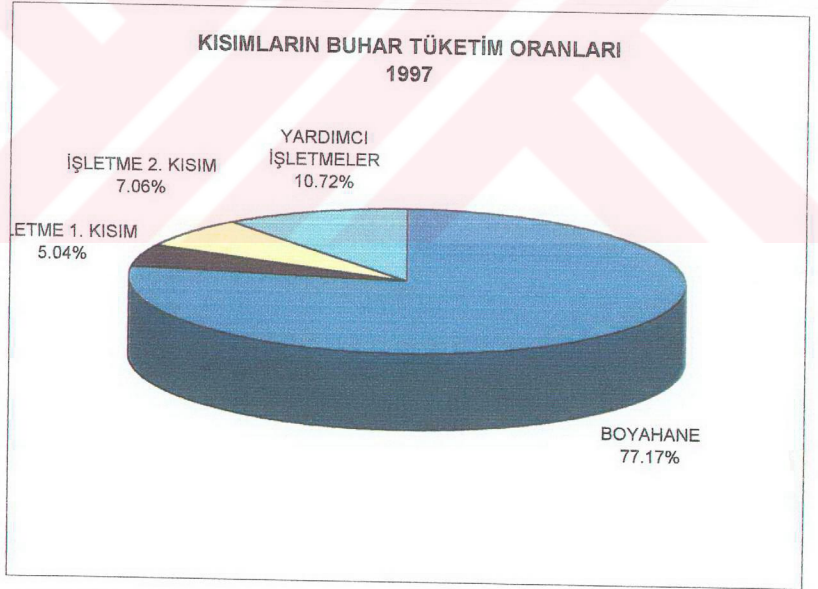
## ÜRETİM / SPESİFİK TÜKETİM GRAFİĞİ 1997



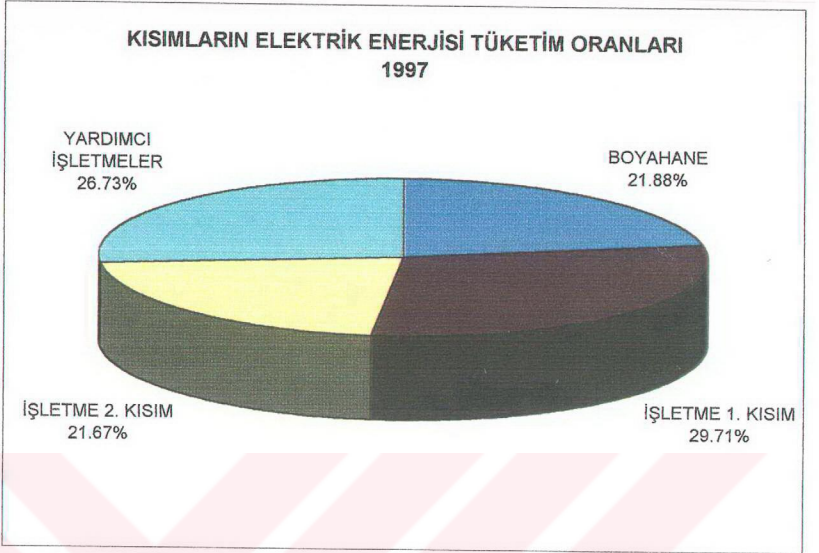
Şekil 10.4 Üretim/spesifik tüketim grafiği. (Gürcü, 1998)



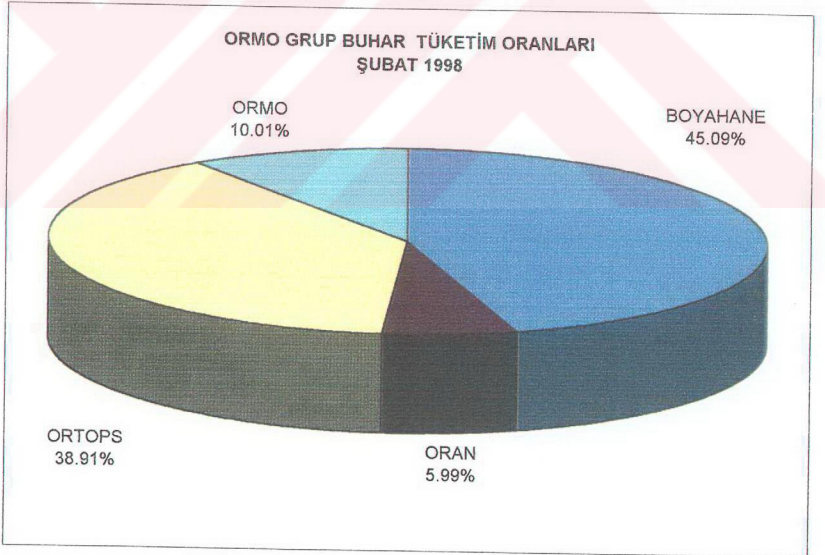
Şekil 10.5 Makinaların buhar tüketim oranları. (Gürcü, 1998)



Şekil 10.6 Kısımların buhar tüketim oranları. (Gürcü, 1998)

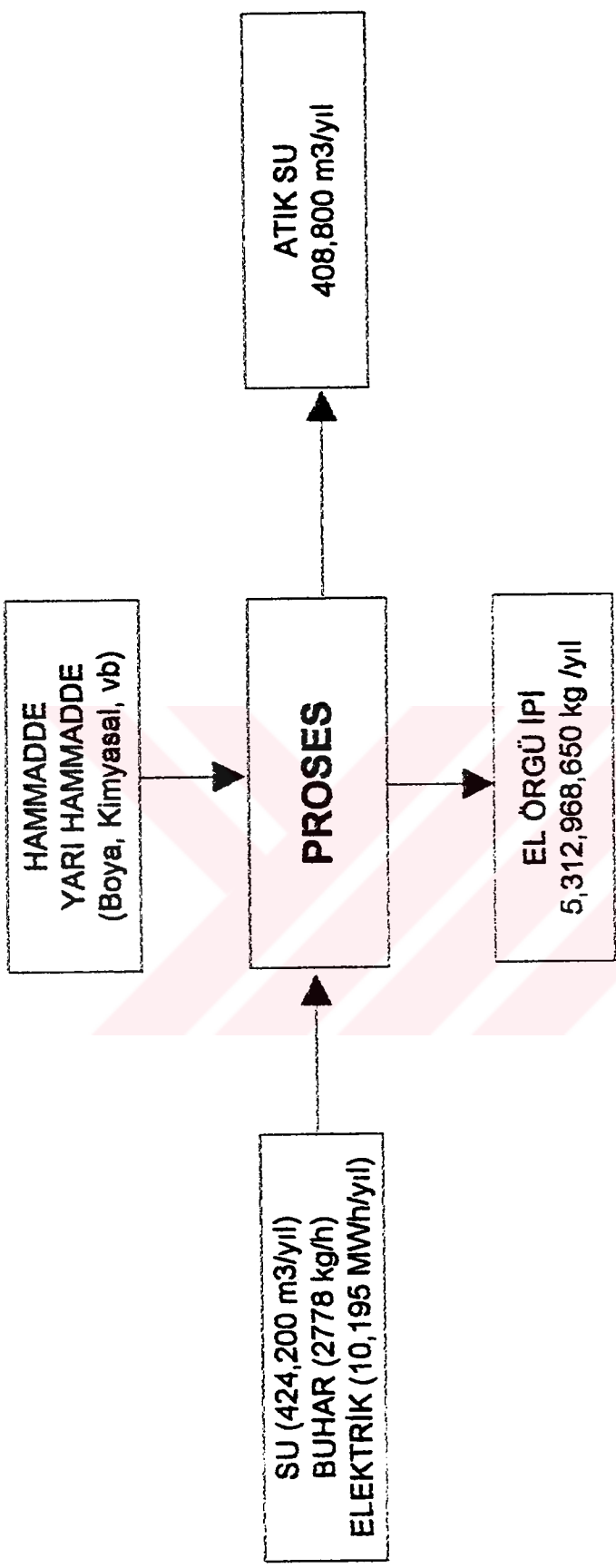


Şekil 10.7 Kısımların elektrik enerjisi tüketim oranları. (Gürcü, 1998)



Şekil 10.8 Ormo grup buhar tüketim oranları. (Gürcü, 1998)

## ORMO YÜN İPLİK FABRİKASI KÜTLE - ENERJİ BALANS ŞEMASI



Proses içindeki bölümlerin kütle - enerji - maliyet tabloları daha ayrıntılı olarak verilememektedir.

Şekil 10.9 Ormo'da kütle enerji balans şeması. (Gürücü, 1998)

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, tekstil fabrikalarında buhar üreten sistemlerin daha ekonomik bir şekilde çalışmaları için bugüne kadar öngörülen ve atık ısıdan yararlanma metodları incelenmiştir.

Süratle gelişen tekstil sektörünün ülkemizdeki payını hesaba kattığımızda çok büyük faydalar sağlayacak olan ısı geri kazanımının önemi ortaya çıkar. Gümrük Birliği'ne girdiğimiz ve Avrupa Birliği'ne geçiş sürecinde olduğumuz şu günlerde bu gelişime ayak uydurmak zorunda olan tekstil sektöründe her türlü Kalite Geliştirme çalışmaları son hızla yapılmaktadır. Bu arada harcanan enerjinin ülke ekonomisine mümkün mertebe az yük getirmesi ise işletmenin olduğu kadar aynı zamanda hepimizin sorunudur. Elbette ki enerji giderleri ilkönce işletme sahibinden çıkacaktır. Fakat, enerji darboğazının yaklaştığı söylemlerinin ayyuka çıktığı şu günlerde bunu sadece işletme perspektifi ile görmek ve ülke perspektifinden soyutlamak mümkün değildir. Yani mikro bazda değil de makro bazda düşünce esası ile fikir ve iş üretmek gerekmektedir.

Eğer makro bazda enerji olayına göz atacak olursak: Dünyanın gelecekteki enerji ihtiyacı hakkında çeşitli projeler yapılmakta ve araştırılan ihtimallere kesin çözümler bulunmaya çalışılmaktadır. Enerji modelleri ve enerji senaryoları üretilmektedir. Bunların hepsi teknolojik imkanlar ile demografik, ekonomik, çevresel, sosyal ve politik faktörlere bağlıdır.

Ülkemiz ekonomisinin tarımdan sanayiye hızlı bir şekilde kayması ve göçün oluşturmuş olduğu zorunlu şehirleşme sonucu elektrik enerjisi ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. O halde tüm ülkeler enerji kaynaklarını, özellikle coğrafi konumlarına en uygun türleri en iyi şekilde değerlendirmek ve bunları israf etmeden kullanmak zorundadır. Buradaki en önemli konu Türkiye'nin son dönemde düşmüş olduğu enerji darboğazıdır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'ndan yapılan açıklamalarda Türkiye'nin 3.500-4000 MW'lık kurulu güç eksiğine sahip olduğu ve bunun da enerji açığı yaratacağı söylenmektedir.

Yukarıda verilen bilgiler ışığında olaya baktığımızda, zaten kısıtlı imkanlara sahip olduğumuz enerji bahsinde tasarrufa sıcak bakmamak imkansızdır. Gerçi biz 1980'li yıllarda enerji tasarrufu adı altında enerji kısıtlamalarını da görmüş bir milletiz. Ancak

burada enerji tasarrufu ile ifade edilmek istenen kesinlikle bir kısıtlama olmayıp, salt teknolojik imkanlar kullanarak kayıptan kazanç elde etmektir.

Isı geri kazanımı konusu üzerinde ivedilikle durulması gerekmektedir. Ne yazık ki bu tür uygulamaların Türk sanayi sektörü içinde çok yaygın olduğunu söylemek zordur ve ısı geri kazanımı halen büyük bir potansiyel olarak önümüzde durmaktadır.

Demek oluyor ki, yeni enerji üretim santralleri kurulması yanında elde edilen enerjinin daha verimli bir şekilde kullanılması için tesiste ekonomizasyonu sağlayacak teknolojik cihazların kullanılması da büyük bir önem arz etmektedir. Bu sadece ekonomimize fayda sağlamakla kalmayıp uğrunda ülkelerin savaştığı ve insanların öldüğü belki de çağımızın en önemli silahı olan enerji konusunda dışa bağımlılığımızı azaltacaktır. Bunun yanında, ısı geri kazanımı ile sağlanan enerji tasarrufu sayesinde çevre kirliliği de bir oranda azaltılmış olacaktır ki bu da çağdaş bir yaklaşımdır.

Atık ısı geri kazanım donatılarının kuruluş maliyetlerini kısa vadede düşürmek mümkün olmadığından şöyle bir uygulamaya gidilmelidir. Her sektör ve bu sektörlerin alt kolları için ayrı ayrı spesifik tüketim ortalamaları çıkartılıp, bu ortalamaların altında kalan firmalara daha yüksek fiyattan doğalgaz ya da elektrik enerjisi verilmesini sağlayacak düzenlemelere gidilmelidir. Böylece, zorla olmuş da olsa enerjiyi daha verimli kullanma yarışı başlatılabilecektir.

**KAYNAKLAR**

Al-Rabghi, O.M. ve Beirutty, Akyuri, (1992), M. Y Najjar and College of Engineering, King Abdülaziz University, Saudi Arabia.

Ashrae, (1991), Textile Processing, 1991 Applications Handbook, Chapter 19.

Ashrae, (1980), Total Energy and Cogeneration Systems, 1980 Systems Handbook, Chapter 10.

Aybers N. ve Şahin B. (1995), Enerji Maliyeti, İstanbul.

Clarke, W., (1971), "An Introduction To Textile Printing", Butterworth and Co Ltd., 3 th Edition, 56-62, Bath.

Dağsöz, A.K., (1991), "Sanayide Enerji Tasarrufu", Alp Teknik Kitapları, İstanbul.

Genceli, O.F., Buhar Kazanları, İstanbul.

Güngör, A. ve Özbalta, N., (1988) "Değişik Isı Değiştirgeçleri İle Geri Kazanım Sistemleri", 6. Enerji Tasarrufu Semineri Tebliğleri.

Gürcü, G., (1998), Enerji Taraması Ön Bilgi Formu ve Kütle-Enerji Balansı Çalışmaları, Ormo Yün İplik San. ve Tic.A.Ş., Bursa.

Öztürk, R., (1989), Endüstride Gerekli Olan Güç ve Isının Karşılanmasında, Ülke Koşullarına Uygun Yöntemin Saptanması, Doktora Tezi, Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Şahin, B. ve Bekdemir, Ş., (1994), "Kombine Çevrim Güç Tesislerinin Mukayeseli Ekonomik Etüdü ve Ekonomik Çalışma Bölgelerinin Belirlenmesi", Türkiye 6.Enerji Kongresi, Teknik Oturum Tebliğleri 2, İzmir.

Tarakçıoğlu, I., (1984), Tekstil Terbiye İşletmelerinde Enerji Tüketimi ve Tasarrufu, Bursa

Tarakçıoğlu, I. (1988) "Pamuklu Kumaşların Ön Terbiyesi Konusundaki Bazı Gelişmeler", Tekstil&Teknik Dergisi, 114-115. Ağustos 1988

TBTSTP, (1998), “Enerji Teknolojileri Politikası Çalışma Grubu Raporu” Tübitak-TTGV Bilim-Teknoloji-Sanayi Tartışmaları Platformu.

TMMOB, (1994), Makina Mühendisleri Odası, Sanayi Kazanları ve Ek Donatım İşletme El Kitabı, Yayın No: 110.

Toklu, E., Kılıçaslan, İ., Yiğit, K.S. ve Korkmaz Y., (1995) “Tesisatlarda Ekonomizör ve Hava Önısıtıcılarının Seçimi”, II. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Bildiriler Kitabı II. Cilt, İzmir.

Tübitak, (1994), Türkiye Bilimsel Teknik Araştırma Kurumu Yayınları.

Wilkinson, B.W. (1980), “Cogeneration of Electricity and Useful Heat”, CRC Press, Florida.



**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	09.07.1971	
Doğum yeri	İznik	
Lise	1982-1987	İznik Lisesi
Lise	1987-1988	Şehremini Lisesi
Lisans	1988-1993	Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	1996-1998	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Çalıştığı kurum	1993-1994	Alnatin Sos.Hiz.Tic.Ltd.Şti.