



# TEKSTİL TERBİYE İŞLETMELERİNDE ENERJİ KULLANIMI-Genel Değerlendirme

Erdem KOÇ, Emel KAPLAN  
Çukurova Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi  
Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana/Türkiye

## ÖZET

Enerjinin yoğun şekilde kullanıldığı terbiye işletmelerinde ürün maliyetini etkileyen önemli unsurlardan biri enerji olmaktadır. Maliyeti azaltmak ve kar elde edebilmek amacıyla üretim maliyetlerinin düşürülmesi, dolayısıyla enerjinin akılcı ve verimli şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada; terbiye işletmelerinde enerji kullanım araştırılmaktadır. Bu amaçla; söz konusu işletmelerde enerji kullanım yerleri ve enerji kullanım düzeyi hakkında genel bilgi verilmiş, seçilmiş iki işletmenin enerji kullanımı aylar bazında ve birim mamul miktarı için karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** terbiye işlemleri, enerji, enerji kullanımı, özgül enerji kullanımı

## THE ENERGY CONSUMPTION OF TEXTILE FINISHING MILLS General Utilization

### ABSTRACT

Since it is used intensively, energy is one of the important factors affecting product cost in finishing mills. It should be used efficiently and wisely to decrease product costs and gain more benefit. In this study energy consumption of textile finishing mills was examined. For this aim; general information about energy consumption places and energy consumption level of finishing mills was given. Also, monthly and specific energy consumption of two chosen finishing mills were utilized by comparing each other.

**Key words:** textile finishing, energy, energy consumption, specific energy consumption

## 1. GİRİŞ

Tekstil ve konfeksiyon sanayinin üretim basamaklarından biri olan terbiye işlemleri; kullanım yerinde mamul kumaştan beklenen özellikleri (tutum, görünüş, dayanım vb.) ham haldeki iplik, kumaş gibi tekstil materyallerine kazandırmak amacıyla uygulanan bir dizi yaş ve kuru işlemleri kapsamaktadır. Bu işlemler; yapıları ve amaçları bakımından ön terbiye (kasar), renklendirme (boya-baskı) ve bitim (apre) işlemleri olmak üzere üç bölümde incelenmektedir (Tarakçıoğlu, 2000).

Ön terbiye işlemleri; ipliği ya da kumaşı sonraki terbiye işlemlerine hazırlayan, mamul özelliklerini doğrudan etkilemeyen işlemler olurken, renklendirme işlemi, renk veren boyar maddelerin materyale bağlanışına göre boyama ve baskı olarak iki şekilde gerçekleştirilmektedir. Yaş ve kuru olmak üzere iki başlık altında değerlendirilen bitim işlemleriyle; materyalin tutum, görünüş gibi yönleri iyileştirilirken, yapıda var olan özelliklerin geliştirilmesi, olmayanların ise bünyeye katılması söz konusudur (Yakartepe ve Yakartepe, 1995; Kaplan, 2004).

Mamule kullanım özelliklerini kazandırmak amacıyla üretim yapan terbiye işletmelerinde üretim sırasında oluşan maliyet; oldukça yüksek miktarlara ulaşmaktadır. Günümüzde pazar koşulları; işletmelerin ürettikleri mamullerin satış fiyatlarını, işletme isteklerinden bağımsız olarak belirlemekte, bu nedenle kar edebilme mamul üretim maliyetlerinin düşük tutulmasıyla sağlanabilmektedir. Bu noktada; terbiye işlemleri için maliyet ve mamul maliyetini oluşturan unsurlar önem kazanmaktadır. Çizelge 1; terbiye işlemleri gören mamulün maliyet yapısını ortaya koymak bakımından verilmektedir. Çizelgede, hammadde hariç tutulduğunda; terbiye işlemlerinde maliyet unsurlarının toplam üretim maliyetinde aldıkları paylar (%), Avrupa topluluğundaki ülkeler ve Türkiye için değerlendirilmektedir. Türkiye için verilen değerler dikkate alındığında; toplam üretim maliyetinde en fazla payı enerji (%35) ve boyar/kimyasal maddenin (%34) aldığı görülmektedir. Bu iki tür maliyet unsurunun da Avrupa Birliği ülkelerinde toplam üretim maliyetinde daha az oranda pay aldığı dikkat çekmektedir.

Çizelge 1. Terbiye işlemlerinde maliyet unsurlarının toplam maliyetteki payı (Erel, 1988)

Maliyet Unsurları	Avrupa Topluluğu Ülkeleri	Türkiye
İşçilik Ücretleri	33	8
Boyar ve Kimyasal Maddeler	29,5	34
Sabit Giderler	18	21
Enerji	13,5	35
Su	5,5	2
<b>TOPLAM</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Terbiye dairelerinde enerji; hem makinaların çalıştırılması hem de proseslerin yürütülmesi için gerekmektedir. Terbiye işlemleri daha çok yaş işlemleri içerdiği için kumaşların kurutulması ve renklendirme işlemlerinden sonra boyarmaddenin kumaşa sabitlenmesi yüksek sıcaklıklarda gerçekleşmekte, bu işlemler sırasında yüksek miktarlarda ısı enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır (Kaplan, 2004). Ülkemizde, sanayide kullanılan enerjinin birim fiyatının yüksek olması nedeniyle, mamul kumaş maliyetlerinin minimize edilebilmesi için enerjinin etkin ve verimli şekilde kullanımını gündeme getirmektedir. Bu nedenle; enerji kullanımı ve tasarrufu çalışmalarında hedeflerin belirlenmesi ve uygulamaların sağlıklı bir biçimde yönlendirilmesi için terbiye işletmelerinde enerji kullanımının değerlendirilmesi gerekmektedir. Konuyla ilgili yapılan literatür taraması sonucunda terbiye işlemlerinde enerji kullanımı ile ilgili sınırlı sayıda çalışma yapıldığı belirlenmiş, burada ulaşılabilen çalışmalardan kısaca bahsedilmiştir.

Bartsch, (1975) çalışmasında; tipik bir boyama prosesinde enerji tasarrufu sağlayabilmek için yapılabilecekleri değerlendirmiş, proseslerin kısaltılması ya da birleştirilmesi, proses sıcaklığının, kullanılan kimyasalların değiştirilmesi gibi metodların uygulamalı olarak enerji maliyetine etkisini belirlemeye çalışmıştır. Benzer şekilde (Houser, 1980) polyester/pamuk karışimli kumaşların reaktif ve direk boyarmadde ile tek banyoda boyanmasıyla elde edilen tasarrufu değerlendirmiştir.

Tarakçıoğlu (1984), yürüttüğü çalışmada, terbiye işletmelerinde enerji kullanımını değerlendirmiş, söz konusu işletmelerde enerji kullanımını belirlemek için kullanılabilecek bir formül belirtmiş, bu formülden yola çıkarak terbiye işletmelerinde enerji tasarrufu için alınabilecek önlemleri ayrıntılı olarak incelemiştir.

Özlu (1996), yaptığı çalışmada tekstil sektöründe maliyet analizlerini irdeleyip, enerjinin birim maliyet içindeki yeri ve önemini göstermiştir. Ayrıca tekstil fabrikalarında, özellikle terbiye işlemlerinde kullanılan buharın üretiminde önemli olan kazan ve brülör sistemleri hakkında geniş çaplı bilgi vermiştir.

Visvanathan ve Ark. (1999), Tayland'da yürüttükleri çalışmada; Tayland tekstil sanayinin su, enerji kullanımı ile çevreye etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla çeşitli tekstil işletmelerinde anketler yapmışlar, tekstilin temel üretim aşamalarından olan sentetik lif üretimi, iplik, dokuma, terbiye işletmelerinde ve entegre tekstil işletmelerinde birim üretim miktarı için kullanılan su, yakıt, elektrik enerjisi miktarlarını ve maliyetlerini belirlemeye çalışmışlardır.

Kalliala ve Talvenmaa (2000), yaptıkları çalışmada öncelikle tekstil yaş işlemlerini anlatmışlar, daha sonra, kullanılan enerji kaynakları farklı, arıtma sistemi bulunmayan, tasarruf çalışmaları yapılmayan seçilmiş altı terbiye işletmesinde tüketilen su, kimyasal madde ve enerji miktarlarını analiz etmişler, terbiye işletmelerinde enerji ve su tasarrufu için alınabilecek tedbirleri, bunun sonucunda sağlanabilecek kazancı belirtmişlerdir.

Abdel Dayem ve Mohamad (2001), tekstil sanayinde terbiye dairelerinde kullanılan kazanların ısıtmasında ve proseslerde gerekli sıcak suyun sağlanmasında güneş enerjisinin kullanımı ile ilgili yürüttükleri çalışmada; verimli olarak kullanılacak optimum sistemi belirlenmeye çalışmışlardır. Kullanılan sıcak suyun doğrudan güneş enerjisi yoluyla elde edilmesinin hem ekonomiklik hem de çevreye etkisi bakımından daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Priambada ve Kumar (2001), yaptıkları çalışmada Endonezya'da bulunan, aralarında tekstil sanayinin de yer aldığı, küçük ölçekli 7 sanayi dalında toplam elektrik enerjisi ve yakıttan sağlanan enerji tüketimi miktarını belirlemiş, söz konusu sanayi dallarının çevreye etkilerini göstermek amacıyla atmosfere yaydıkları karbondioksit miktarını istatistiksel olarak ortaya koymuşlardır. Çalışmada; Endonezya'da yer alan küçük ölçekli işletmeler dikkate alındığında özgül yakıt tüketiminin en çok tekstil işletmelerinde olduğu belirlenmiştir.

Özgür ve Ark. (2002), tekstil proseslerinin elektrik ve ısı ihtiyaçlarını belirleyen; bunlara bağlı birden fazla birleşik elektrik ve ısı sistem türünün teknik ve ticari uygulanabilirliğini hesaplayan, elde edilen sonuçları grafikler halinde vererek uygun birleşik elektrik ve ısı sisteminin seçilmesini sağlayan bir bilgisayar programı yapmışlardır.

Bu çalışmada; tekstil terbiye işletmelerinde enerji

kullanımının genel değerlendirmesi yapılmıştır. Bu amaçla; terbiye işletmelerinde enerji kullanım yerleri ve birim mamul miktarı için tüketilen enerji düzeyi araştırılmıştır. Ayrıca seçilmiş iki terbiye işletmesinde yerinde incelemeler yapılarak, kullanılan enerji kaynakları tespit edilmiş, her iki işletmenin aylık enerji tüketimi ile birim mamul kumaş üretimi için harcanan enerji miktarları ayrı ayrı ve karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir.

## 2. TERBİYE İŞLETMELERİNDE ENERJİ KULLANIMI

### 2.1. Kullanılan Enerji Türleri

Terbiye bölümlerinde, uygulanan yaş ve kuru işlemlerle, mamule kullanım yerinde gerekli olan çeşitli özellikler kazandırılmaya çalışılmakta, işlemler genellikle yüksek sıcaklıklarda tatbik edilmektedir. Gerek ipliğin, gerekse kumaşın terbiye edilmesindeki işlemler, 15-150°C sıcaklık aralıklarında gerçekleştirilmektedir. Pamuk ipliğinin ve pamuklu kumaşın boyanması genelde en fazla 100°C'de civarında sağlanırken; sentetik kumaşların boyanması en fazla 150°C'de yapılmaktadır. Proses şartlarının sağlanabilmesi için ısı enerjisi kullanılmaktadır (Tarakçıoğlu, 1984). Terbiye işlemleri için gerekli olan ısı enerjisi yaygın olarak; kömür, mazot, fuel-oil, doğal gaz ve buhardan elde edilmektedir (DİE, 2001).

Yaş işlemlerin uygulanmasının ardından kimyasalların ya da boyarmaddelerin mamule daha iyi etki edebilmeleri, sabitlenmeleri ve mamulün kurutulması için kurutma işlemleri uygulanmaktadır. Mamul yapısından suyun uzaklaştırılması için uygulanan kurutma işlemleri için de ısı enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca; terbiye işlemlerinin yürütüldüğü makina ile teçhizatın çalıştırılması ve ortamın aydınlatılması için ise elektrik enerjisi tüketilmektedir(Tarakçıoğlu, 1984).

Terbiye işletmelerinde kullanılan enerjinin neredeyse tamamı uygulanan işlemler sırasında tüketilmekte, geriye kalan küçük bir oran da işletmenin aydınlatılmasında kullanılmaktadır. Terbiye işlemleri her prosese göre özel şartlarda gerçekleştirildiğinden, terbiye makinaları genelde kapalı aksamı olmakta, ortamın iklimlendirilmesi için klimalara ihtiyaç bulunmamaktadır. Ayrıca, ortamın aydınlatılmasının da çok iyi biçimde yapılması, enerji maliyetlerini arttırıcı bir faktör olabilmektedir.

## 2.2. Özgül Enerji Kullanımı

Birim mamul üretimi için gerekli olan enerji miktarı özgül enerji miktarı olarak tanımlanmakta olup genellikle özgül ısı enerjisi MJ/kg, özgül elektrik enerjisi kW/kg olarak ifade edilmektedir. Genelde terbiye işlemlerinde, kumaş özelliklerine bağlı olarak 1.5-3 kWh/kg aralığında değişen miktarlarda özgül elektrik enerjisi, 40 MJ/kg ile 80 MJ/kg arasında özgül ısı enerjisi tüketimi söz konusu olmaktadır. Terbiye işletmelerinde kullanılan ısı enerjisinin genellikle %45-75'i yaş işlemlerde (Kasar-Boyama-Baskı-Yıkama), %15-40'ı kurutma ve fiksaj işlemlerinde, %8-18'i ise diğer işlemler ve havalandırmada kullanılmaktadır (Özgür ve Diğerleri, 2002).

Çizelge 2'de terbiye işletmelerinde tüketilen ısı enerjisinin değişik yapıdaki tekstil materyallerinin terbiyesindeki kullanımının dağılımı görülmektedir. Çizelgede ayrıca; birim materyal için terbiye işlemlerinde kullanılan ortalama ısı enerjisi miktarları da belirtilmektedir. Çizelgeden değişik türdeki kumaş terbiyesi için 43-65.4 MJ/kg aralığında yer alan ısı enerjisi kullanıldığı görülebilmektedir. Isı enerjisinin büyük çoğunluğunun yaş işlemlerde kullanıldığı, pamuklu kumaşların terbiyesinde daha çok ısı enerjisine gerek duyulduğu da dikkat çeken diğer hususlar olmaktadır. Bu değerler; işletme şartlarına, kullanılan makina-teçhizat durumuna ve tekstil materyaline uygulanan işlemlere göre farklılık gösterebilmektedir.

Çizelge 2. Terbiye işlemleri sırasında tüketilen ısı enerjisi (Tarakçioğlu, 1984)

Terbiye İşlemleri Sırasında Tüketilen Isı Enerjisinin Dağılımı (%)			
Üretim Cinsi	Enerji Tüketiminin Dağılımı		Ortalama Enerji Tüketimi (MJ/kg)
	Enerji Tüketim Yeri	Dağılım (%)	
Kumaş Terbiyesi (Pamuklu)	Yaş İşlemler	53	65.4
	Kuru İşlemler	38	
	Havalandırma	10	
Kumaş Terbiyesi (Sentetik)	Yaş İşlemler + Havalandırma	53	56
	Kuru İşlemler + Havalandırma	47	
Kumaş Terbiyesi (Yünlü, Reyon, Sentetik)	Yaş İşlemler	48	50.7
	Kuru İşlemler	36	
	Havalandırma	16	
Trikotaj Terbiyesi (Sentetik) (Yardımcı İşlemlerin Tüketimi Dahil)	Yaş İşlemler	40	43
	Kuru İşlemler	19	
	Havalandırma	15	
	Buhar Hattında Kayıplar	10	
	Kullanılmayan Buhar	8	
İplik Terbiyesi	Yaş İşlemler	87	24.4
	Kuru İşlemler	13	

Ham haldeki bir kumaşın mamul hale dönüştürülmesi sırasında gerekli olan enerji miktarı için örnek teşkil etmesi açısından; 150g/m<sup>2</sup> gramajlı pamuklu bir ham dokuma kumaşın ön terbiye, baskı ve apre işlemleri için

harcanan ısı enerji miktarları Çizelge 3'te verilmektedir. Mamulün 1 kg'ının ön terbiyesi, renklendirilmesi, apre işlemlerinin tamamında toplam 61.2 MJ enerji tüketildiği görülmektedir. Tüketilen enerjinin yarıdan fazlasının ön terbiye işlemlerinde harcandığı çizelgeden takip edilebilmektedir. Bunun yanında; yapıları itibarıyla çok daha az yabancı madde içeren ve beyaz olan sentetik yapıli materyallerde ise ön terbiye için tüketilen enerji miktarı daha az olmaktadır. Ayrıca; sentetik lifler hidrofob karakterli olduklarından, bunların kurutulması için gerekli enerji miktarı da selüloz ve yün liflerinin kurutulması için sarf edilenden daha az olabilmektedir.

Çizelge 3. Pamuklu dokuma bir kumaşın terbiyesinde ısı enerjisi tüketimi (Tarakçioğlu, 1984)

İşlemler	Kullanılan Enerji Miktarı (MJ/kg)
Yıkama-Hağıl Sökme-Durulama-Kurutma	7.2
Boya-Durulama	15.2
Menfeziyasıyon-Durulama	4.8
Ağartma-Durulama-Kurutma	7.2
Basma-Kurutma	4.8
Buharla Fiksaj	6.0
Yıkama-Kurutma	6.4
Apre-Kurutma-Kondensasyon	9.6
<b>TOPLAM</b>	<b>61.2</b>

Çizelge 4'te ise pamuklu bir örme kumaşa uygulanan değişik işlemlerde birim mamul üretimi için enerji tüketim aralıkları belirtilmektedir. Söz konusu kumaşın terbiyesinde kaynatma ve yıkama işlemlerinin uygulanması halinde; 1.4 ile 3.6 kWh/kg arasında değişen değerlerde enerji tüketimi olmaktadır. Görüldüğü gibi; ağartma, boyama, yıkama ve kurutmayı kapsayan terbiye işlemlerinde yüksek miktarda enerji tüketimi gerçekleşmektedir.

Çizelge 4. Pamuklu örme bir kumaş terbiyesinde enerji tüketimi (kWh/kg) (Kıran, 2003)

Uygulanan İşlemler	Enerji Tüketimi (kWh/kg)
Kaynatma/yıkama	1.4-3.6
Ağartma/yıkama/kurutma	2.2-9.2
Ağartma/Boyama/Yıkama/ Kurutma	2.8-9.8
Boyama/Yıkama/Kurutma	2.2-5
Apre	1.7-3.4

Terbiye işlemleri sırasındaki enerji tüketimini belirlemede faydalanılabilecek bir formül aşağıda belirtilmektedir (Tarakçioğlu, 1997).

$$H = \left[ \left( \sum_{i=1}^n R * \Delta T * F_1 \right) + (N * m_{ms} * Q_k) \right] * F_2 + (F_3 * W)$$

## Burada

- $H$  : 1 kg mamulün terbiyesi için gerekli toplam enerji (kJ)  
 $R$  : Bir kilogram mamul için yaş işlemlerde flotte miktarı (kg)  
 $\Delta T$  : Yaş işlemler sırasında flotte sıcaklığındaki artış miktarı ( $^{\circ}C$ )  
 $F_1$  : İşlem sırasında terbiye cihazında ve mamulde meydana gelen ısı enerjisi kayıpları faktörü (genelde 1.2-1.3 civarında)  
 $n$  : Yaş işlem sayısı  
 $N$  : Materyalin terbiye dairesindeki işlemler sırasında kurutulma sayısı  
 $m_{su}$  : Esas kurutulma (ısı enerjisiyle) sırasında 1 kg mamulden uzaklaştırılacak su miktarı (kg)  
 $Q_k$  : Kurutucuda 1 kg suyun buharlaştırılarak uzaklaştırılması için fiilen sarfedilen enerji miktarı (kJ)  
 $F_2$  : Isıtma sistemindeki enerji kayıpları faktörü (Buharla ısıtmada 2 civarında alınabilir.)  
 $W$  : 1 kg mamulün terbiyesi için gerekli elektrik enerjisi miktarı (kJ)  
 $F_3$  : Elektrik Enerjisi kayıpları faktörü (2.5-3 olarak kabul edilmektedir.)

olarak ifade edilmektedir. Formül dikkate alındığında; yaş işlemlerin sayısının artması, işlemler sırasında kullanılan flotte oranının fazla olması, kurutma işlemlerinin artması mamul terbiyesi için kullanılan enerji miktarını arttırmaktadır. Bunların yanında; kullanılan kurutucu tipi, mamul yapısında bulunan ve uzaklaştırılması gereken su miktarı ile tüm işlemler sırasında meydana gelen enerji kayıpları da terbiye işlemlerinde enerji tüketimini etkilemektedir.

## 3. MATERYAL ve METOD

### 3.1. Materyal

Terbiye işletmelerinde enerji tüketiminin değerlendirilmesi için iki farklı işletmede yerinde incelemeler yapılmış, her iki işletme için enerji kullanım miktarları verileri materyal olarak kullanılmıştır. Bu işletmelerden biri Denizli'de yer alan terbiye işletmesi iken, diğeri Mersin'de bulunan entegre bir tekstil işletmesinin alt birimidir. Söz konusu işletmelerde yer alan makina teçhizat türleri ve sayıları Çizelge 5'te belirtilmektedir.

Çizelge 5. İnceleme yapılan işletmelerdeki makina-teçhizat durumu

Makina Türü	Denizli'deki İşletme	Mersin'deki İşletme
Hambaz Ağma Makinası	4	3
Yakma Makinası	2	2
Fırça Makinası	4	-
Kasar Makinası	3	2
Mersertasyon Makinası	3	1
Yıkama Makinası	2	4
Boyama Makinası*	5	4
HT Boyama Makinası	3	9
Baskı Makinası	4	2
Kurutma (Ramöz) Makinası	8	5
Gergisiz Kurutma Makinası	1	1
Buharlaştırma Makinası	3	2
Sanfor Makinası	2	2
Kalandır Makinası	2	1
Şardon Makinası	2	1
Zımpara Makinası	2	1

\* Thermasol, jet, padsteam ve pad-batch makinelerini içermektedir.

## 3.2. Metod

### 3.2.1. Mersin'de Bulunan Terbiye İşletmesinde Enerji Kullanımı

İncelemeler yapılan Mersin'deki terbiye işletmesinde; kullanılan enerji miktarlarını değerlendirmek amacıyla, terbiye bölümünde bir yılda tüketilen enerji kaynaklarının değerleri aylar bazında incelenmiştir. İşletmenin bir yıllık üretim miktarı ve enerji kaynaklarının tüketim değerleri toplu halde Çizelge 6'da verilmiştir.

Söz konusu işletmenin terbiye bölümünde; elektrik enerjisinin yanında ısı enerjisi sağlamak amacıyla fuel oil kullanılmakta, çizelgede kullanılan fuel-oil miktarı kilogram olarak belirtilmektedir. Dikkate alınan yılın ocak ayında işletmede 1.749.534m kumaş üretimi gerçekleştiği, üretim sırasında 1.152.296 kWh elektrik enerjisi ile 940.525 kg fuel oil tüketildiği çizelgeden takip edilebilmektedir. Esas alınan 12 aylık süre boyunca; işletmede toplam 15.751.054 kWh elektrik enerjisi, 12.667.376kg fuel oil tüketimi olmuştur.

Yıllık enerji tüketiminde kaynakların aldıkları payların mukayesesinde birimlerin aynı olması kolaylık sağlamaktadır. Bu nedenle çizelgede yer alan elektrik enerjisi ve fuel oilden elde edilen enerjinin birimleri Gigajoule'e (GJ: 109 Joule) dönüştürülmüş, dönüştürmede birim fuel oil miktarının ısı değeri 2355kJ/kg, birim elektrik enerjisi miktarının ısı değeri 205.4 kJ/kWh olarak alınmıştır (DİE, 2001). Yapılan matematiksel işlemler sonucunda Çizelge 7 elde edilmiştir. Çizelgeden, inceleme yapılan ocak ayında işletmede 236.7 GJ elektrik enerjisi, 2214.9 GJ ısı enerjisi olmak üzere toplam 2451.6GJ enerji tüketimi söz konusu olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. Mersin'deki terbiye işletmesinde kumaş üretimi ve enerji tüketimi (Fabrika Verileri)

Aylar	Üretim (m <sup>2</sup> ay)	Elektrik Enerjisi Kullanımı (kWh/ay)	Fuel-Oil Kullanımı (kg/ay)
Ocak	1.749.534	1.152.296	940.525
Şubat	1.851.559	1.283.762	1.023.267
Mart	2.342.574	1.449.950	1.321.729
Nisan	2.372.843	1.423.004	1.100.650
Mayıs	2.378.861	1.306.708	1.231.561
Haziran	2.128.941	1.292.836	955.165
Temmuz	1.946.664	1.292.960	905.174
Ağustos	1.726.347	1.293.392	991.026
Eylül	1.657.884	1.273.976	1.000.059
Ekim	2.374.516	1.387.370	1.146.091
Kasım	2.696.842	1.395.542	1.089.603
Aralık	2.320.866	1.199.276	962.526
TOPLAM	25.547.536	15.751.054	12.667.376

Çizelge 7. Mersin'deki terbiye işletmesinde kumaş üretimi ve enerji tüketimi (GJ/ay)

Aylar	Üretim (m <sup>2</sup> /ay)	Elektrik Enerjisi Kullanımı (GJ/ay)	Fuel-Olden Bde Edilen Isı Enerjisi Kullanımı (GJ/ay)	TOPLAM (GJ/ay)
Ocak	1.749.534	236,7	2214,9	2451,6
Şubat	1.851.559	263,7	2409,8	2673,5
Mart	2.342.574	297,8	3112,7	3410,5
Nisan	2.372.843	292,3	2592	2884,3
Mayıs	2.378.861	268,4	2900,3	3168,7
Haziran	2.128.941	265,5	2249,4	2514,9
Temmuz	1.946.664	265,6	2131,7	2397,3
Ağustos	1.726.347	265,7	2333,9	2599,6
Eylül	1.657.884	261,7	2355,1	2616,8
Ekim	2.374.516	284,9	2699	2983,9
Kasım	2.696.842	286,6	2566	2852,6
Aralık	2.320.866	246,3	2266,7	2513
Toplam	25.547.536	3235,2	29831,5	33066,7

Bahsedilen işletmede incelenen yıl boyunca toplam 33066.7 GJ enerji tüketimi gerçekleşmiş, işletmede ağırlıklı olarak fuel oil (%90.2) kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Mersin'deki terbiye işletmesinde yıllık enerji tüketiminde kaynakların payı

Araştırmanın yapıldığı işletmede; birim kumaş uzunluğu için tüketilen enerji miktarlarını belirlemek amacıyla; Çizelge 7'de yer alan aylık elektrik enerjisi ve fuel oil kullanımı aylık üretim miktarına bölünmüştür. Birim kumaş miktarı üretimi için kullanılan elektrik enerjisi fuel oil miktarının toplanmasıyla birim kumaş miktarına tekabül eden toplam enerji tüketimi (özgül enerji) elde edilmiştir. Yapılan bir dizi işlemler sonucu Çizelge 8 oluşturulmuştur. Çizelgede birim kumaş miktarı için kullanılan elektrik enerjisi, ısı enerjisi ve toplam enerji miktarları ayrı ayrı yer almaktadır. İncelenen yılın ocak ayında bir metre kumaş için 135.3 kJ elektrik enerjisi kullanılırken 1266 kJ ısı enerjisi kullanılmaktadır. Aynı ay, birim kumaş uzunluğu için toplam 1401.3kJ enerji tüketimi söz konusu olmuştur.Çizelgede yer alan değerler; işletme için ortalama değerler olup, işletmede üretilen kumaş cinsine ve uygulanan terbiye proseslerine göre farklılık gösterebilmektedir.

Çizelge 8. Mersin'deki terbiye işletmesinde birim kumaş için enerji kullanımı

Aylar	Elektrik Enerjisi (kJ/m)	Isı Enerjisi (kJ/m)	Toplam Enerji (kJ/m)
Ocak	135.3	1266	1401.3
Şubat	142.4	1301.5	1443.9
Mart	127.1	1328.8	1455.9
Nisan	123.2	1092.4	1215.6
Mayıs	112.8	1219.2	1332
Haziran	124.7	1056.6	1181.3
Temmuz	136.4	1095	1231.4
Ağustos	153.9	1351.9	1505.8
Eylül	157.9	1420.5	1578.4
Ekim	120	1136.6	1256.6
Kasım	106.3	951.5	1057.8
Aralık	106.1	976.7	1082,8

Görüldüğü gibi; incelenen bir yıllık süreçte, üretilen bir metre kumaş için 106.1-157.9 kJ aralığında yer alan değerlerde elektrik enerjisi, 951.5-1420.5 kJ aralığında değişen miktarlarda ısı enerjisi kullanılmıştır. Birim uzunluktaki kumaş üretiminde ise toplam ortalama 1312 kJ enerji tüketildiği belirlenmiştir.

### 3.2.2. Denizli'deki Terbiye İşletmesinde Enerji Kullanımı

Kojenerasyon sistemi bulunan ve enerji tasarrufu için gerekli tedbirlerin alındığı Denizli'de kurulu bulunan terbiye işletmesi için bir yıllık sürede üretimi yapılan kumaş uzunluğu ile enerji kaynaklarının tüketimi aylar bazında Çizelge 9'da verilmektedir.

Söz konusu işletmede; makinelerin çalıştırılması ve aydınlatma için elektrik enerjisi kullanılmakta, proseslerin yürütülmesi için gerekli olan ısı enerjisi ise fuel-oil, LPG ve mazot kullanılarak elde edilmektedir. Dikkate alınan yılın ocak ayında 968 872m kumaş üretimi gerçekleşmiş, bu üretim için 548.440 kWh elektrik enerjisi, 476.040kg fuel oil, 10.320kg LPG ve 840kg mazot kullanımı söz konusu olmuştur.

Çizelge 9. Denizli'de bulunan terbiye işletmesinde kumaş üretimi ve enerji kullanımı (Fabrika Verileri)

Aylar	Üretim (m <sup>2</sup> /ay)	Elektrik Enerjisi Tüketimi (kWh/ay)	Fuel Oil Kullanımı (kg/ay)	LPG Kullanımı (kg/ay)	Mazot Kullanımı (kg/ay)
Ocak	968.872	548.440	476.040	10.320	840
Şubat	1.903.694	787.880	624.800	9.560	1.150
Mart	1.339.914	740.760	613.420	10.530	0
Nisan	1.860.000	874.720	705.940	13.770	850
Mayıs	1.886.597	868.760	678.680	17.750	0
Haziran	2.003.988	809.020	671.480	12.810	1.290
Temmuz	1.766.064	796.160	666.460	14.110	0
Ağustos	1.444.551	764.140	594.780	9.000	2.230
Eylül	2.203.458	904.300	820.800	30.100	0
Ekim	1.740.078	775.660	708.540	13.250	1.450
Kasım	2.044.424	853.880	839.770	16.850	0
Aralık	2.159.665	918.440	821.050	25.110	2.150
TOPLAM	21.321.305	9.642.160	8.221.740	183.180	9.960

Kullanılan enerji kaynaklarının toplam yıllık tüketimde aldıkları payları belirlemek için, Mersin'deki işletmenin tüketim değerlerine uygulanan benzer işlemler bu işletmenin değerlerine de uygulanmıştır. Yapılan dönüştürmelerde fuel oilin ısı değeri 2355 kJ/kg, elektrik enerjisinin ısı değeri 205.4kJ/kWh, LPG'nin ısı değeri 2603kJ/kg ve mazotun değeri 2436kJ/kg olarak alınmıştır (DİE, 2001). Bir dizi işlemler sonucu Çizelge 10 elde edilmiştir. İncelenen yılın ocak ayında; 112.6 GJ elektrik enerjisi tüketimi olurken, 1121GJ fuel oilden, 26.9GJ LPG'den, ve 2GJ mazottan elde edilen ısı enerjisi tüketimi gerçekleşmiştir.

Çizelge 10. Denizli'de bulunan terbiye işletmesinde kumaş üretimi ve enerji kullanımı

Ay	Üretim (m/ay)	Elektrik Enerjisi Tüketimi (GJ/ay)	Fuel Oil Kullanımı (GJ/ay)	LPG Kullanımı (GJ/ay)	Mazot Kullanımı (GJ/ay)	TOPLAM (GJ/ay)
Ocak	968.872	112.6	1121	26.9	2	1262.5
Şubat	1.903.694	161.8	1471.4	24.9	2.8	1660.9
Mart	1.339.914	152.2	1444.6	27.4	0	1624.2
Nisan	1.860.000	179.6	1662.5	35.8	2	1879.9
Mayıs	1.886.597	178.4	1598.3	46.2	0	1822.9
Haziran	2.003.988	166.2	1581.3	33.3	3.1	1783.9
Temmuz	1.766.064	163.5	1569.5	36.7	0	1769.7
Ağustos	1.444.551	156.9	1400.6	23.4	5.4	1586.3
Eylül	2.203.458	185.7	1933	78.4	0	2197.1
Ekim	1.740.078	159.3	1668.6	34.5	3.5	1865.9
Kasım	2.044.424	175.4	1977.7	43.9	0	2197
Aralık	2.159.665	188.6	1933.6	65.4	5.2	2192.8
Toplam	21.321.305	1980.2	19362.1	477.7	24	21844

On iki ayı kapsayan periyot dikkate alındığında; işletmede toplam 21.844GJ enerji tüketimi yapılmış olup, toplam tüketimde fuel oilden elde edilen ısı enerjisi %88.6 pay alırken, elektrik enerjisinin kullandığı payı %9 olmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Denizli'deki terbiye işletmesinin yıllık enerji tüketiminde kaynakların payı(%)

Denizli'de bulunan söz konusu işletmede birim kumaş uzunluğu üretiminde kullanılan enerji miktarlarını belirlemek için kullanılan enerji kaynaklarının değerleri üretim miktarına bölünmüş, Çizelge 11 elde edilmiştir. Çizelgede birim kumaş uzunluğu için

kullanılan elektrik enerjisi, fuel oilden, LPG'den ve mazottan sağlanan ısı enerjisi miktarları ile toplam enerji miktarları toplu halde verilmektedir. Esas alınan yılın ocak ayında bir metre kumaş üretimi için 1162.2 kJ elektrik enerjisi; 1157kJ'si fuel oilden, 27.7kJ'si LPG'den ve 2kJ'si mazottan elde edilmek üzere toplam 1186.7 kJ ısı enerjisi tüketimi gerçekleşmiştir. Aynı ay birim kumaş miktarı üretiminde toplam 1302.9kJ enerji tüketimi söz konusu olmuştur. İnceleme yapılan yıl boyunca birim kumaş terbiyesinde 900.7 kJ ile 1299 kJ arasında değişen miktarlarda toplam enerji kullanılmıştır. Bu değerler; üretimi gerçekleştirilen kumaşın cinsine, gramajına, uygulanan terbiye işlemlerine göre farklılık göstermektedir.

Çizelge 11. Denizli'deki terbiye işletmesinde birim kumaş miktarı için enerji tüketimi

Ay	Elektrik Enerjisi Tüketimi (kJ/m)	Fuel Oil Kullanımı (kJ/m)	LPG Kullanımı (kJ/m)	Mazot Kullanımı (kJ/m)	Toplam Isı Enerjisi Kullanımı (kJ/m)	Toplam Enerji Kullanımı (kJ/m)
Ocak	116.2	1157.8	27.7	2	1187.7	1302.9
Şubat	84.9	773	13	1.5	787.5	872.4
Mart	113.6	1078	20.4	0	1098.4	1212
Nisan	96.6	893.8	19.3	1	914.1	1010.7
Mayıs	94.6	847	24.5	0	871.5	966.1
Haziran	82.9	789	16.6	1.6	807.2	890.1
Temmuz	92.6	888.7	20.8	0	909.5	1002.1
Ağustos	108.6	969.5	16.2	3.7	989.4	1098
Eylül	84.3	877.3	35.6	0	912.9	997.2
Ekim	91.5	959	19.8	2	980.8	1072.3
Kasım	85.8	967.4	21.5	0	988.9	1074.7
Aralık	87.3	895.3	30.3	2.4	928	1015.3

### 3.2.3 Seçilmiş İşletmelerde Özgül Enerji Kullanımının Karşılaştırılması

Yerinde incelemeler yapılarak enerji tüketim miktarları değerlendirilen işletmelerde yer alan makina-teçhizat durumu ve işletme yapıları farklılık gösterdiğinden; iki işletmenin aylık tüketilen enerji miktarlarının karşılaştırmasını yapmak uygun olmamaktadır. Bunun yanında; aylık enerji tüketim miktarlarının aylık üretim miktarına bölünmesi ile elde edilen özgül enerji miktarları karşılaştırılabilmektedir.

Çizelge 12'de her iki işletme için bir seri işlemle elde edilen özgül enerji miktarları; elektrik, ısı enerjisi ve bunların toplamı topluca belirtilmektedir.

Çizelge 12. Karşılaştırma yapılan işletmelerin özgül enerji miktarları

Ay	Elektrik Enerjisi Tüketimi (kJ/m)		Isı Enerjisi Tüketimi (kJ/m)		Toplam Enerji Kullanımı (kJ/m)	
	Mersin	Denizli	Mersin	Denizli	Mersin	Denizli
Ocak	135.3	116.2	1266	1187.7	1401.3	1302.9
Şubat	142.4	84.9	1301.5	787.5	1443.9	872.4
Mart	127.1	113.6	1328.8	1098.4	1455.9	1212
Nisan	123.2	96.6	1092.4	914.1	1215.6	1010.7
Mayıs	112.8	94.6	1219.2	871.5	1332	966.1
Haziran	124.7	82.9	1056.6	807.2	1181.3	890.1
Temmuz	136.4	92.6	1095	909.5	1231.4	1002.1
Ağustos	153.9	108.6	1351.9	989.4	1505.8	1098
Eylül	157.9	84.3	1420.5	912.9	1578.4	997.2
Ekim	120	91.5	1136.6	980.8	1256.6	1072.3
Kasım	106.3	85.8	951.5	988.9	1057.8	1074.7
Aralık	106.1	87.3	976.7	928	1082.8	1015.3

Özgül enerji kullanımı dikkate alındığında; gerek elektrik gerekse ısı enerjisi bakımından 12 aylık süreçte genelde Mersin'deki işletmenin enerji kullanımının Denizli'deki işletmeye göre daha fazla olduğu görülmektedir.

Özgül enerji tüketiminde işletme türü ve tüketim zamanının (ayların) etkisinin olup olmadığını belirlemek için istatistiksel yöntemler kullanılmıştır. Bu amaçla, yukarıdaki tabloda yer alan elektrik, ısı ve toplam enerji miktarları Design Expert 6.0 paket programında varyans analizi yapılarak değerlendirilmiştir. Yapılan analiz sonuçları Çizelge 13'te belirtilmiştir.

Çizelge 13. Elektrik, Isı ve Toplam Enerji Değerleri İçin Varyans Analizi

Özgül Elektrik Enerjisi Tüketimi (MJ/m)			
Faktörler	F Değeri	p Değeri	Anlamlılık
Model	4.68	0.0078	Anlamlı
A (Zaman)	1.46	0.2689	Anlamlı Değil
B (İşletme Tipi)	40.05	0.001	Anlamlı
Özgül Isı Enerjisi Tüketimi (MJ/m)			
Faktörler	F Değeri	p Değeri	Anlamlılık
Model	3.18	0.0324	Anlamlı
A (Zaman)	1.44	0.2771	Anlamlı Değil
B (İşletme Tipi)	22.32	0.0006	Anlamlı
Toplam Özgül Enerji Tüketimi (MJ/m)			
Faktörler	F Değeri	p Değeri	Anlamlılık
Model	3.42	0.0251	Anlamlı
A (Zaman)	1.47	0.2666	Anlamlı Değil
B (İşletme Tipi)	24.91	0.0004	Anlamlı

Çizelgede yer alan değerlerin yorumlanmasında önem arz eden değerler F ve p değerleri olmaktadır. Burada yer alan F değerinin büyümesi, p değerinin küçülmesi ile; incelenen faktörün sonuç üzerindeki etkisi artmaktadır. p değeri 0.05 değerinin üzerinde bir değer aldığı; incelenen faktörün sonuç üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamsız olduğu, aksi durumda ise anlamlı olduğu yorumu yapılabilmektedir.

Çizelge dikkate alındığında; özgül elektrik enerjisi için kurulan modelin p değerinin 0.0078 olduğu ve bu değer 0.05'ten küçük olduğu görülmekte ve modelin anlamlı olduğu söylenebilmektedir. Özgül elektrik enerjisi tüketiminde zamanın (A faktörü) etkisi anlamlı olmazken ( $p=0.2689>0.05$ ); işletme tipinin (B faktörü) etkisinin anlamlı olduğu ( $p=0.001<0.05$ ) görülmektedir.

Benzer yorumlar özgül ısı enerjisi tüketimi ve toplam özgül enerji tüketimi değerleri için de yapılabilmektedir. Özetlemek gerekirse; tüm enerji türleri için (ısı, elektrik ve toplam) birim kumaş

üretiminde gerekli enerji miktarları üzerinde; tüketimin gerçekleştiği ayın etkisi yokken, işletme türünün (Denizli ya da Mersin) etkisi bulunmaktadır.

#### 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bu çalışmada; terbiye işletmelerinde üretimi gerçekleştirilen mamul kumaş maliyetlerine etki eden önemli faktörlerden enerjinin tüketimi araştırılmıştır. Bu amaçla; terbiye işletmelerinde enerji kullanımı hakkında genel bilgi verilmiş, seçilmiş iki terbiye işletmesinin enerji kullanımı karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda aşağıdaki noktalar belirlenmiştir.

1) Terbiye bölümlerinde; üretimde kullanılan makinelerin çalıştırılması ile ortamın aydınlatılması için elektrik enerjisine ihtiyaç duyulurken, işlemlerin yürütülmesi için ısı enerjisi gerekmektedir. Isı enerjisi hem proses şartlarını sağlamak hem de kurutma işlemini gerçekleştirmek amacıyla kullanılmaktadır.

2) Tekstil ve konfeksiyon işletmelerinin diğer alt birimleri ile karşılaştırıldığında yoğun şekilde enerji tüketen terbiye işletmelerinde genelde bir kg mamul üretimi için 1.5-3 kWh aralığında elektrik enerjisi kullanılırken, 40-80 MJ arasında değişen değerlerde ısı enerjisi tüketilmektedir. Bu değerler; kumaş özellikleri, uygulanan işlemler ve işletme şartlarına göre farklılık gösterebilmektedir.

3) Seçilmiş iki terbiye işletmesi için enerji kullanımının değerlendirilmesi yapıldığında; her iki işletmede elektrik enerjisinin yanında ısı enerjisi elde etmek amacıyla fuel oil kullanılmakta, Denizli'deki işletmede ise; ayrıca LPG ve mazot tüketilmektedir. Her iki işletme için kullanılan elektrik enerjisi ve yakıt miktarları üretimin artmasıyla artış göstermektedir.

4) Her iki işletmenin yıllık toplam enerji tüketiminde fuel oil (%90.2 ve %88.6) en büyük payı alırken, fuel oili elektrik enerjisi tüketimi izlemektedir. Denizli'deki işletmede ayrıca LPG toplam tüketimde %2.2 oranında, mazot % 0.2 oranında pay almaktadır.

5) Birim kumaş miktarı için, Mersin'de kurulu işletmede 106.1-157.9 kJ/m arasında yer alan değerlerde elektrik enerjisi, 951.5-1420.5kJ/m değer aralığında değişen miktarlarda ısı enerjisi kullanılmakta, ortalama toplam 1312kJ/m enerji tüketilmektedir.

6) Denizli'deki işletmede ise; incelenen bir yıllık süreçte, bir metre kumaş üretiminde 82.9-116.2kJ elektrik enerjisi, 787.5-1186.7 kJ/m aralığında ısı enerjisi tüketimi gerçekleşmektedir.



7) Birim kumaş üretimi için gerekli elektrik, ısı enerjisi ve bunların toplamları için ayrı ayrı yapılan varyans analizi sonuçlarına göre; üç tür enerji tüketiminde; tüketimin gerçekleştiği ayın etkisinin olmadığı, tüketimin yapıldığı işletme türünün etkili olduğu belirlenmiştir.

8) Söz konusu iki işletme için birim kumaş üretiminde kullanılan enerji miktarları karşılaştırıldığında; Denizli'deki işletmede daha az miktarda enerji kullanıldığı görülmektedir. Bunun; Denizli'de yer alan işletmede kojenerasyon sisteminin bulunmasından, işletmede enerji tasarruf çalışmalarının yapılmasından ve makine teçhizat durumunun farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, bu işletmede, ısı enerjisi eldesinde değişik türde kaynaklar kullanılmakta, bu da enerji kullanım düzeyini etkileyebilmektedir.

## 5. KAYNAKLAR

- Bartsch, F., Reducing Dyeing Costs with Textile Chemicals, American Dyestuff Reporter, Volume 6, No 9, p21-23, 1975.
- Erel, Z., Pamuklu Tekstil Endüstrisinde Maliyet Analizleri ve Bilgisayara Dayalı Uygulama Örnekleri, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 167s, 1988.
- Houser, N. E., Energy Saving Aspects in Dyeing of Polyester/Cotton with Disperse&Direct Dyes, Book of Papers, National Technical Conference-AATCC (American Association of Textile Chemists and Colorists), p61-71, 1980.
- Kaplan, E., Tekstil Sektöründe Maliyet Unsurları-Enerji Maliyetlerinin Genel Değerlendirilmesi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 2004.
- Kiran C. N., Reduction in Resource Consumption By Process Modifications in Cotton Wet Processes, Journal of Cleaner Production, Volume 11, Issue 4, Page 481-486, 2003.
- Özgür, D., Temir, G., Turna, T., Entegre Tekstil Prosesleri İçin Uygun Bileşik Elektrik ve Isı Sistemlerinin Belirlenmesi-1, Termodinamik Dergisi, Sayı 123, 107-110, 2002.
- Tarakçıoğlu, I., Tekstil Terbiyesi ve Makinaları, Ege Üniversitesi Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma-Uygulama Merkezi Yayını, Yayın No 5, 1. baskı, İzmir, 2000.
- Tarakçıoğlu, I., Tekstil Terbiye İşletmelerinde enerjinin Akılcı ve Verimli Kullanımı, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, Yıl 7, Sayı 6, 356-359, Kasım Aralık 1997.

- Tarakçıoğlu, I., Tekstil Terbiye İşletmelerinde Enerji Tüketimi ve Tasarrufu, Uludağ Üniversitesi Basımevi, 244s, 1984.

- Yakartepe M. ve Yakartepe Z., Tekstil Terbiye Teknolojisi Kasar'dan Apreye, TKAM Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi, Cilt 4, Yayın No 51, 1995.

- DİE, İmalat Sanayiinde Enerji Tüketimi (500 Ton Eşdeğer Petrol ve Daha Fazla Enerji Tüketen İşyerleri) 1999-2001, Devlet İstatistik Enstitüsü Yayınları, Yayın No 2916, Ankara, 2004.