

BUHAR ENERJİ MALİYETİNİN YILLIK GİDERLERDEN HESAPLANMASI

Erol BALI

Makina Yüksek Mühendisi, APS Ambalaj Paketleme Sanayi

ÖZET

Genelde buhar enerjisinden yapılacak tasarrufun belirlenmesi sırasında sadece yakıttan yapılacak tasarruf hesaplanmaktadır. Sanayi kuruluşlarında kullanılan yakıtın yanı sıra ilk yatırım tutarından kaynaklanan amortisman payının, yumuşak su ve kimyasal maddeler için yapılan masrafların, elektrik tüketiminin ve işletme-bakım giderlerinin de göz önüne alınması gerekmektedir. Bu makalede bir sanayi kuruluşunda buhar üretimi için yapılan yıllık masraflarının aylık ortalamaları ve finansman kredi faizi dikkate alınarak buhar enerji maliyetini belirlemek üzere pratik bir hesap yöntemi anlatılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Buhar maliyeti, enerji tasarrufu, yatırım, amortisman, faiz oranı, sanayi

ABSTRACT

Fuel cost is only calculated generally during the estimating of the energy saving from the steam. In industrial plants the amortization of the investment, softened water and chemical agents expenses, electricity consumption and maintenance expenses also should have been considered in addition used fuel. In this article a practical calculation method is explained to estimate the steam energy supply cost from monthly average of annual expenses to generate the steam and rate interest of the finance in an industrial plant.

Keywords: Steam cost, energy saving, amortization, investment, rate interest, industry.

Giriş

Bugün ülke olarak enerji ihtiyacımızın büyük bir kısmını ithal etmek zorundayız. Dış ülkelerden satın almak zorunda olduğumuz fuel-oil fiyatı sürekli artmaktadır. 2005 yılında %1 kükürtü fuel-oil'in fiyatı ortalama olarak 440 €/ton olarak hesaplanmıştır. 2006 yılı ortalama fiyatının ise 680 €/ton olacağı hesaplanmaktadır. Çoğu sanayi mali üretiminde rekabet ve yeni iş olanaklarının sağlanabilmesi için en önemli girdi olan buhar enerjisinin maliyetinin azaltılması gerekmektedir. Bu amaçla enerjinin tasarrufu ve doğru kullanımı ülkemiz açısından en iyi çözüm olarak görülmektedir. Bir buhar enerji sisteminde yatırım ve doğru kullanım sonucunda tasarruf edilecek enerji miktarının belirlenmesi insanları enerji tasarrufu yatırımına inandırmaya yetmeyebilmektedir. Bu nedenle elde edilecek tasarrufun parasal tutarının belirlenmesi, yapılacak yatırımların amorti süresinin hesaplanması istenebilmektedir. Bu hesaplama için de buhar enerjisi maliyetinin bilinmesine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada bir buhar üretim tesisinde 2005 yılında

yaşanan tüketimler ve elde edilen buhar miktarı incelenmektedir. Girdilerdeki fiyat artışlarının 2005 yılı ile aynı olacağı kabul edilerek 2006 yılı tahmini buhar maliyetleri belirlenmiştir. Bu maliyetlere KDV tutarları dahil edilmemiştir. Anılan excel hesaplama tablosu ile ilk yatırım, yakıt, elektrik, su ve kimyasal madde masrafları bilinen herhangi bir işletmedeki buhar enerji maliyetlerinin hesaplanması da mümkün olmaktadır.

Kabuller ve Tespitler

Tesis yılda 350 gün 24 saat çalışmakta olup yaklaşık 2580 ton %1 kükürtü fuel-oil yakmaktadır. Fuel-oil'in iltisıl değeri 39360 kJ/kg (9400 kcal/kg) olup kg fiyatı 0,68 €'dir. Isı santrali çalıştığı sürece bir teknisyen devamlı olarak tesisin bakım, kontrol ve işletimini gerçekleştirmektedir. Tesisin işletilmesini sağlayan mühendis ve teknisyenlerin toplam ücretlerinden hesaplanan ortalama saat ücreti 7,85 €'dir. Yılda 34155 ton su kullanılmakta olup yumuşatma işlemi dahil suyun m³ fiyatı 1,23 €'dir. Kazana alınan taze suyun

Yıllık ortalama sıcaklığı 20°C kabul edilmiştir. Tesisin kurulu kapasitesi 14 ton buhar/saattir. Ekonomizerli 2 adet buhar kazanı ve tandem su yumuşatma ünitesi bulunan tesisin ilk yatırım tutarı 220 000 €, yıllık finansman kredi faizi 4,15%, tesis yararlı ömrü 16 yıl (192 ay) kabul edilmiştir. Tesis işletim sırasında saatte 20 kW elektrik kullanmakta olup elektriğin kWh fiyatı 0,08 €'dir. Kazanlarda günde 3,125 kg kimyasal madde kullanılmakta olup kimyasalların ortalama kg fiyatı 3,70 €'dir. Kazan suyunun kalitesinin korunması ve dolayısıyla kazan ısıtma yüzeylerinde kireç tabakası oluşumunu önlemek için tesiste otomatik yüzey blöf sistemi mevcuttur. Bu sistem ile kazan devrede iken her 3 saatte bir 1"çapındaki kesitten 15 saniye süre ile kazan suyu dışarı atılmaktadır. Blöf işleminin ortalama basınçta ve sabit kesitte gerçekleştiği kabul edilmiştir. Üretilen buharın tamamı kullanıldıktan sonra dışarı atılmakta olup kazanlara kondens suyu dönüşü bulunmamaktadır. Bu nedenle kullanılan sudan blöf edilen kazan suyu miktarı çıkarılarak üretilen buhar miktarı hesaplanmaktadır. Buhar kazanı 13x10⁵ Pa (13 bar) basınçta devreye girmekte 15x10⁵ Pa (15 bar) basınca ulaştığında durmaktadır. Ortalama basınç 14x10⁵ Pa (14bar), mutlak basınç değeri 15x10⁵ Pa (15bar) alınmıştır. Bu mutlak basınç değerine karşılık gelen doymuş buharın sıcaklığı 198,3°C, özgül entalpisi 2792 kJ/kg olarak buhar tablolarında verilmektedir. Hesap tablosunda yaklaşık formüller kullanıldığından buhar sıcaklığı ile özgül entalpi miktarı çok az fark etmektedir. Hesap tablosunun kullanımı pratik olduğundan tercih edilebilir. Hesaplamalarda para birimi olarak avro(euro) kullanılmıştır.

HESAP YÖNTEMİ

1.Yıllık yakıt maliyeti:

Yıllık olarak tüketilen yakıt miktarı, ortalama fiyatı ile çarpılmakta ve 12'ye bölünerek aylık yakıt payı bulunmaktadır. Bu pay aylık sabit finansman faiz oranı (0,346%) kullanılarak 12 aylık bileşik faiz ile nemalandırılmakta ve yıllık yakıt maliyeti hesaplanmaktadır.

$$\text{Yıllık yakıt maliyeti } Y = (y_{xo}/12) \times [(1+f)^{12}/f]$$

y: yıllık yakıt tüketimi (kg), o: yakıtın ortalama fiyatı (€/kg), f: aylık faiz oranı

$$Y = (2\ 578\ 090 \times 0,68/12) \times [(1,00346^{12}-1)/0,00346] = 1.786.292 \text{ €}$$

2.Yıllık bakım maliyeti:

Bir yılda kullanılan işletme-bakım saatlerinin toplamı fiyatı ile çarpılmakta ve 12'ye bölünerek aylık işletme-bakım payı bulunmaktadır. Bu pay aylık sabit finansman faiz oranı(0,346%) kullanılarak 12 aylık bileşik faiz ile nemalandırılmakta ve yıllık işletme-bakım maliyeti hesaplanmaktadır.

$$\text{Yıllık işletme-bakım maliyeti } \dot{I} = (g \times s \times u/12) \times [(1+f)^{12}/f]$$

g: yılda çalışılan gün sayısı, s: günlük çalışma süresi (h), u: bakım-işletme saat ücreti(€/h),

f: aylık faiz oranı

$$\dot{I} = (350 \times 24 \times 7,85/12) \times [(1,00346^{12}-1)/0,00346] = 67.242 \text{ €}$$

3.Yıllık su maliyeti:

Bir yılda kullanılan su miktarı, ortalama su fiyatı ile çarpılmakta ve 12'ye bölünerek aylık su payı bulunmaktadır. Bu pay aylık sabit finansman faiz oranı(0,346%) kullanılarak 12 aylık bileşik faiz ile nemalandırılmakta ve yıllık su maliyeti hesaplanmaktadır.

$$\text{Yıllık su maliyeti } S = (p \times n/12) \times [(1+f)^{12}/f]$$

p: yılda kullanılan su miktarı(m³), n: suyun ortalama fiyatı (€/m³), f: aylık faiz oranı

$$S = (34155 \times 1,23/12) \times [(1,00346^{12}-1)/0,00346] = 42.894 \text{ €}$$

4.Yıllık amortisman maliyeti:

İlk yatırım tutarı tesisin yararlı ömrü süresince(192 ay) aylık sabit finansman faiz oranı(0,346%) kullanılarak bileşik faiz ile nemalandırılmakta ve tesisin yararlı ömrüne bölünerek bir aylık amortisman payı bulunmaktadır. Bu pay 12 ile çarpılarak bir yıllık amortisman maliyeti hesaplanmaktadır. Yıllık amortisman maliyeti A={[(1+f)¹²]/L}x12

t: sabit yatırım tutarı(€), L: tesisin yararlı ömrü (ay), f: aylık faiz oranı

$$A = \{[220000x(1+0,00346)^{192}]/192\}x12 = 26.671 \text{ €}$$

5.Yıllık elektrik maliyeti

Yıllık olarak tüketilen elektrik miktarı, ortalama fiyatı ile çarpılmakta ve 12'ye bölünerek aylık elektrik payı bulunmaktadır. Bu pay aylık sabit finansman faiz oranı(0,346%) kullanılarak 12 aylık bileşik faiz ile nemalandırılmakta ve yıllık elektrik maliyeti hesaplanmaktadır.

$$\text{Yıllık elektrik maliyeti } E = (zgxgsxi/12)x\{[(1+f)^{12}-1]/f\}$$

z: elektrikli cihazların gücü(kW), g: yılda çalışılan gün sayısı, s:günlük çalışma süresi (h), i: ortalama elektrik fiyatı(€/kWh), f: aylık faiz oranı

$$E = (20x350x24x0,08/12)x\{[(1,00346)^{12}-1]/0,00346\} = 14.002 \text{ €}$$

6.Yıllık kimyasal madde maliyeti

Yıllık olarak tüketilen kimyasal madde miktarı, kimyasalların ortalama fiyatı ile çarpılmakta ve 12'ye bölünerek aylık kimyasal madde payı bulunmaktadır. Bu pay aylık sabit finansman faiz oranı(0,346%) kullanılarak 12 aylık bileşik faiz ile nemalandırılmakta ve yıllık kimyasal madde maliyeti hesaplanmaktadır.

$$\text{Yıllık kimyasal madde maliyeti } K = (cxgxj/12)x\{[(1+f)^{12}-1]/f\}$$

c: günlük kimyasal tüketimi(kg), g: yılda çalışılan gün sayısı, j: kimyasalların ortalama fiyatı (€/kg),

f: aylık faiz oranı

$$K = (3,125x350x3,70/12)x\{[(1,00346)^{12}-1]/0,00346\} = 4.121 \text{ €}$$

7.Yıllık blöf edilen kazan suyu ve üretilen buhar miktarı

Blöf sırasında ortalama basıncın oluşturduğu hız belirlenip kesit ile çarpılarak debi bulunmaktadır. Debi miktarı süreler ile çarpılarak yıllık blöf edilen kazan suyu miktarı hesaplanmaktadır.

Ortalama basınç 14 bar = ~140 mss, Çıkış noktasındaki basınç 0,5 bar = ~5 mss

$$\text{Blöf esnasında su çıkış hızı } V = \sqrt{2x9,81x(140-5)}$$

$$= \sim 51,4 \text{ m/s}$$

Blöf edilen kazan suyunun debisi $Q = VxF = Vx\pi x d^2/4 = 51,4x\pi x 0,025^2/4 = 0,025 \text{ m}^3/\text{s}$

3 saatte bir 15 saniye süre ile blöf yaptığına göre saatlik blöf miktarı

$$b = Qx15/3 = 0,025x5 \text{ m}^3/\text{h} = 0,125 \text{ m}^3/\text{h} \text{ olur.}$$

Tesisin yıllık çalışma süresi olan 350 gün 24 saat ile saatlik blöf edilen kazan suyu miktarı çarpıldığında yıllık blöf edilen kazan suyu miktarı hesaplanır. $B = b x 350 x 24 = 0,125 x 350 x 24 = 1050 \text{ m}^3$

Üretilen buhar miktarı, kullanılan suyun miktarından blöf edilen suyun miktarının çıkarılması ile bulunmaktadır. Yıllık üretilen buhar miktarı $M = 34155 - 1050 = \underline{33105 \text{ ton buhar}}$

Sonuç

2005 yılı ortalama fiyat ve kurları ile belirlenen yıllık maliyetlerinin toplamının üretilen toplam buhar miktarına bölünmesi sonucu 1 ton buharın maliyetinin 39,60 € olduğu belinmiştir. Bu tesisin aynı tarzda doymuş buhar üretmesi durumunda 2006 yılı için 1 ton buharın ortalama fiyatının 58,64 € olacağı hesaplanmaktadır. Aynı koşullarda 2006 yılı için buharın ortalama enerji birim fiyatları

$21x10^{-6} \text{ €/kj}$ ve $86x10^{-6} \text{ €/kcal}$ olmaktadır. Fuel-oil kullanılarak buhar elde etmenin maliyetinin aşırı yükselmekte olduğu anlaşılmaktadır. Sadece yakıt tüketimi dikkate alındığında 1 ton buharın ortalama fiyatı 52,94 € olacağından bu fiyat buhar enerji maliyetinde %11 hataya neden olmaktadır. Sisteme giren taze suyun 20°C deki entalpisi buharın entalpisinden çıkarılarak bulunan sayının yakıtın alt ısı değerine bölünmesi sonucu termik verim %88 olarak belirlenmektedir. 3 Vardiya çalışma düzenine uygun olarak sürekli buhar sağlayan böyle bir tesiste yıllık ortalama kapasite kullanım oranı %28 olmasına karşılık tek kazan ile pik yükler karşılanamamaktadır. Bu durum pik yüklerin ortalama yükten çok fazla olduğunu göstermektedir.

Kaynakça

1. **Parmaksızoğlu Cem.**, Konutlarda ve Sanayide Isı Yalıtımı ve Enerji Tasarrufu seminer notları İYEM 2004
2. **Smith Edward H.**, Mechanical Engineer's Reference Book twelfth Edition 1998
3. **Narter Fikret.**, Buhar Kazanları Ders Notları 1981
4. **Kakaç Sadık.**, Örneklerle Isı Transferi Beşinci Baskı Orta Doğu Teknik Üniversitesi 1980

BUHAR MALİYETLERİ HESAP TABLOSU	
Girdilerin 2005 yılı ortalama fiyatları ve ortalama fiyat artışları aynı kabul edildi. Taze su giriş sıcaklığı ortalaması 20 °C alınmıştır.	
Ortalama Buhar basıncı (bar)	Buhar sıcaklığı (°C)
14,0	196,8
İlk yatırım Tutarı €	Yıllık kredi faiz oranı (%)
220.000	4,15
Çalışılan ay sayısı	Ömür(ay)
12	192
Yıllık yakıt tüketimi(kg)	Yakıt fiyatı (€/kg)
2.578.090	0,68
İşletme-Bakım saati (h/yıl)	Bakım fiyatı(€/h)
8400	7,85
Yıllık su tüketimi (m ³)	Yumuşak su fiyatı (€/m ³)
34.155	1,23
Yıllık blöf miktarı (m ³)	Blöf oranı
1050	0,03
Yıllık elektrik tüketimi(kW)	Elektrik fiyatı (€/kWh)
168.000	0,08
Kimyasal sarfiyatı (kg/gün)	Kimyasal fiyatı (€/kg)
3,1	3,70
Buharın entalpisi (kj/kg)	Buhar birim fiyatı (€/ton)
2789	58,64
Termik Verim	Buhar enerji fiyatı (€/kj)
0,88	0,000021
Buharın entalpisi (kcal/kg)	Buhar enerji fiyatı (€/kcal)
666	0,000086
Sadece yakıt dikkate alındığında üretilen 1 ton buharın fiyatı	
	78
	Özgül yakıt tüketimi(kg yakıt/ton buhar)
	28
	Yıllık kapasite kullanım Oranı(%)
	33.105
	Yıllık üretilen buhar miktarı (ton/yıl)
	4.121
	Yıllık kimyasal madde maliyeti (€/yıl)
	14.002
	Yıllık elektrik maliyeti (€/yıl)
	26.671
	Yıllık amortisman maliyeti (€/yıl)
	42.894
	Yıllık su maliyeti (€/yıl)
	67.242
	Yıllık işletme-bakım maliyeti (€/yıl)
	1.786.292
	Yıllık yakıt maliyeti (€/yıl)
	350
	Yıllık çalışılan gün sayısı
	0,00346
	Aylık faiz oranı (%)
	14
	Kurulu buhar kapasitesi (8+6) ton/h