

# DENİZLİ İÇİN OPTİMUM YALITIM KALINLIĞININ ENERJİ TASARRUFUNA ETKİSİ VE SONUÇLARI

**Mustafa GÖLCÜ, Ö. Altan DOMBAYCI\* ve Semra ABALI\*\***

Makine Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fak., Pamukkale Üniv., Çamlık, Denizli, [mgolcu@pamukkale.edu.tr](mailto:mgolcu@pamukkale.edu.tr)

\* Denizli Meslek Yüksek Okulu, Pamukkale Üniversitesi, Uluçarşı, Denizli, [adombayci@pamukkale.edu.tr](mailto:adombayci@pamukkale.edu.tr)

\*\* Alis Tekstil, Çamlaraltı Mah. Fakülte Cad. No.6, Denizli, [semraabali@yahoo.com](mailto:semraabali@yahoo.com)

(Geliş/Received: 07.07.2005; Kabul/Accepted: 30.01.2006)

## ÖZET

Kullandığı enerjinin önemli bir kısmını dışarıdan sağlayan ülkelerde enerjinin verimli olarak kullanılması ve böylece enerjiden tasarruf sağlanması gitgide daha önemli hale gelmektedir. Bu çalışmada; Denizli'deki binalarda ısıtma için farklı enerji kaynakları (ithal kömür ve fuel oil) kullanıldığında, dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufları ile geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Dış duvarlarda yalıtım malzemesi olarak taş yünü kullanılmıştır. Optimum yalıtım kalınlığı, faiz ve enflasyon oranları dikkate alınarak hesaplanmış olup hesaplar ömür maliyet analizine (life cycle cost analysis) göre yapılmıştır. Enerji kaynağı olarak kömür kullanıldığında; optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.048 m, % 42 ve 2.4 yıl olarak elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yalıtım kalınlığı; ömür maliyet analizi; enerji tasarrufu.

## THE EFFECT AND RESULTS OF THE OPTIMUM INSULATION THICKNESS ON ENERGY SAVING FOR DENİZLİ

### ABSTRACT

In the countries provide a major amount of their energy from abroad, using of the energy effectively and so obtaining of energy saving become more and more important. In this study, when the different energy sources (coal and fuel oil) were used for heating in the buildings in Denizli, optimum insulation thicknesses, energy savings and payback periods were calculated. Rock wool was used as the insulation material for the external walls. The optimum insulation thickness was calculated according to interest and inflation rates. The calculations were based on a life-cycle cost analysis (LCCA). When coal was used as an energy source, the optimum insulation thickness, the energy saving, and payback period were obtained 0.048 m, 42%, and 2.4 years, respectively.

**Keywords:** Insulation thickness; life-cycle cost analysis; energy saving.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Isı, sıcaklık farkından kaynaklanan bir enerji geçişidir. Isınma döneminde, sıcaklığın yüksek olduğu iç ortamdan dış ortama doğru bir ısı kaybı meydana gelir. Yalıtım, yapı elemanlarından gerçekleşen ısı kaybını azaltır. Kullanılan yalıtım malzemesinin kalınlığı ısı konfor ve enerji tasarrufu açısından oldukça önemlidir. Çünkü düşük yalıtım kalınlığı ısının içeriden dışarıya yada dışarıdan içeriye daha fazla geçmesine neden olur ve sonuçta ısı konfor ve enerji tasarrufu üzerinde olumsuz bir etki oluşturur. Yalıtım kalınlığının artması; kış aylarında

iletimle ısı kaybını, yaz aylarında ise iletimle ısı kazancını azaltır.

Ancak yalıtım kalınlığının artmasının bir maliyeti vardır ve yalıtım kalınlığı arttıkça ısı iletimindeki azalma belli bir değerden sonra küçük kalmaktadır. Dolayısıyla yalıtım kalınlığı için optimum bir değer söz konusudur. Daha önce yapılan çalışmalarda; yalıtım malzemesi olarak taşyünü ve polistiren kullanımının enerji tasarrufunu 21 \$/m<sup>2</sup> ye kadar çıkardığı ve geri ödeme sürelerinin sırasıyla 1-1.7 ve 1.3-2.3 yıl olduğu görülmüştür [1].

Isparta için yapılan bir çalışmada ise dış duvarlarda yalıtım malzemesi olarak polistiren kullanıldığında optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmış ve % 60.2 oranında enerji tasarrufu sağladığı belirtilmiştir [2]. Türkiye'nin en soğuk şehirlerinden olan Erzurum, Kars ve Erzincan için yapılan çalışmalarda da optimum yalıtım kalınlıkları, enerji tasarrufları ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Erzurum, Kars ve Erzincan için optimum yalıtım kalınlıkları sırasıyla 0.1048 m, 0.1073 m ve 0.085 m elde edilmiştir [3].

Binalarda enerji tasarrufu elde edebilmek için farklı yalıtım maddeleri kullanılarak yapılan bir çalışmada; duvar ve çatı yalıtımında polistiren kullanıldığında %76.8'e varan enerji tasarrufu elde edilebildiği gösterilmiştir [4].

Türkiye'de ısınma enerjisinin maliyeti, binalarda yalıtımın önemini daha da arttırmaktadır. Çalışmada kullanılan yakıtların fiyatları Tablo 1'de gösterilmiştir [5].

**Tablo 1.** Türkiye'deki enerji fiyatları, Şubat 2005 (Energy prices in Turkey, Feb. 2005)

Yakıt türleri	Fiyat
İthal kömür	0.28 YTL/kg
Fuel oil	1.05 YTL/kg

Binalarda hemen hemen hiç yalıtım olmadığından Türkiye'de ısınma için kullanılan enerji tüketimi çok yüksektir. Konutlarda ısınma için ortalama tüketim yılda 200 KWh/m<sup>2</sup> den fazladır [6].

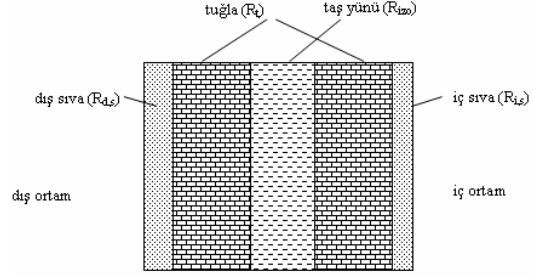
Türkiye'de dört iklim bölgesi mevcut olup Denizli 3. bölgede yer almaktadır [7]. Bu bölgede yılın beş ayında ısıtma yapılmaktadır. İç ortam sıcaklığı ortalama  $t_i=20$  °C ve dış ortam sıcaklığı da ortalama  $t_e \leq 15$  °C alındığında Denizli için derece gün sayısı DD=2055 °C-gün'dür [8].

Bu çalışmada; Denizli'deki binalarda ısıtma için ithal kömür ve fuel oil kullanıldığında, dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlıkları ve buna bağlı olarak elde edilecek yıllık tasarruflar ile geri ödeme süreleri hesaplanmıştır. Optimum yalıtım kalınlığı, faiz ve enflasyon oranları dikkate alınarak hesaplanmış olup, hesaplar ömür maliyet analizine (LCCA) göre yapılmıştır.

## 2. DIŞ DUVARLAR SEBEBİYLE ISITMA İÇİN GEREKLİ YILLIK ENERJİ MİKTARI (THE QUANTITY OF ANNUAL ENERGY FOR HEATING OWING TO EXTERNAL WALLS)

Denizli'de dış duvarlarda genellikle 2 cm kalınlığında iç sıva, 2 adet 8,5 cm kalınlığında yatay delikli tuğla ve 3 cm kalınlığında dış sıvadan oluşan sandviç duvar kullanılmaktadır. Dış duvarın tipik bir gösterimi Şekil 1'de gösterilmiştir.

Binaların ısıtma enerjisi ihtiyacını etkileyen faktörler arasında bina özellikleri (iletim ve havalandırma yolu



**Şekil 1.** Tipik bir dış duvar kesiti (A typical external wall section)

ile gerçekleşen ısı kayıpları), ısıtma sisteminin karakteristikleri, iklim koşulları, dış hava sıcaklığı, ışınım şiddeti ve iç ısı kazançları yer alır. Çalışmada, yalnızca dış duvarlarda oluşan kayıplar göz önüne alınarak optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır, ısı köprüleri ihmal edilmiştir. Dış duvarın birim yüzeyinden oluşan ısı kaybı:

$$q = U \cdot \Delta T \quad (1)$$

şeklinde. Burada U elemanın ısı geçirgenliğidir. DG ve U kullanılarak, birim yüzeyden yıllık ısı kaybı  $q_A$  şöyle hesaplanabilir [3].

$$q_A = 86400 \cdot DG \cdot U \quad (2)$$

Burada DG derece gün sayısıdır. Dış duvarın birim yüzeyinden oluşan ısı kaybı sebebiyle, ısıtma için gerekli yıllık enerji miktarı  $E_A$ , yıllık ısı kaybının yakma sisteminin verimine bölünmesi ile yaklaşık olarak elde edilir. Yıllık enerji miktarı üzerinde yakma sisteminin verimin yanında boru vb dağıtma sisteminin verimi de etkili olur.

$$E_A = 86400 \cdot DG \cdot U / \eta \quad (3)$$

Tipik bir duvar için toplam ısı geçirgenliği U,

$$U = \frac{1}{R_i + R_w + R_{izo} + R_d} \quad (4)$$

şeklinde. Burada  $R_i$  ve  $R_d$  sırası ile iç ve dış yüzeyin ısı dirençleridir.  $R_w$  yalıtımsız duvar tabakalarının ısı direncidir. Yalıtım malzemesinin ısı direnci  $R_{izo}$

$$R_{izo} = \frac{x}{\lambda} \quad (5)$$

olarak yazılabilir. Burada x ve  $\lambda$  sırası ile yalıtım malzemesinin kalınlığı ve ısı iletim katsayısıdır. Yalıtımsız duvar tabakasının toplam ısı direnci,

$$R_{wt} = R_i + R_w + R_d \quad (6)$$

ve buna bağlı olarak toplam ısı geçirgenliği

$$U = \frac{1}{R_{wt} + R_{izo}} \quad (7)$$

şeklinde yazılır. Sonuç olarak ısıtma için gerekli yıllık enerji miktarı  $E_A$ ,

$$E_A = \frac{86400 \cdot DG}{(R_{wt} + R_{izo}) \cdot \eta} \quad (8)$$

yazılabilir.

### 3. YILLIK ENERJİ MALİYETİ VE OPTİMUM YALITIM KALINLIĞININ HESAPLANMASI (ANNUAL ENERGY COST AND CALCULATION OF THE OPTIMUM INSULATION THICKNESS)

Her bir birim yüzey için ısıtmanın yıllık enerji maliyeti  $C_A$ ,

$$C_A = \frac{86400 \cdot DG \cdot C_f}{(R_{wt} + R_{izo}) \cdot H_u \cdot \eta} \quad (9)$$

olarak tanımlanabilir. Burada  $C_f$  (YTL/kg) yakıt maliyeti,  $H_u$  (J/kg) ise yakıtın ısısal değeridir.

Optimum yalıtım kalınlığı hesaplanırken ömür maliyet analizi (LCCA) kullanılması gerekir. Toplam ısıtma maliyetinin, ömür süresi (N) ve şimdiki değer faktörü (PWF) ile birlikte değerlendirilmesi gerekir. PWF, enflasyon oranı (g) ve faiz oranı (i)'ye bağlıdır. Faiz ve enflasyon oranları göz önüne alındığında, gerçek faiz oranı (r) ve PWF değeri aşağıdaki gibi hesaplanır [1, 3, 9-12].

$$r = \frac{i - g}{1 + g} \quad (10)$$

$$PWF = \frac{(1+r)^N - 1}{r \cdot (1+r)^N} \quad (11)$$

Burada N ömür süresidir ve 10 yıl olarak kabul edilmiştir.

Yalıtım maliyeti  $C_{izo}$  (YTL/m<sup>2</sup>); yalıtım malzemesinin YTL/m<sup>3</sup> olarak maliyeti  $C_i$ , ve x yalıtım kalınlığını göstermek üzere

$$C_{izo} = C_i \cdot x \quad (12)$$

şeklinde yazılabilir.

Sonuç olarak, yalıtılmış bir binanın toplam ısıtma maliyeti; sistemle ilgili tüm harcamaların toplamından oluşan ömür maliyet analizi (LCCA) dikkate alınarak hesaplanmış [1,3] ve

$$C_{t,izo} = C_A \cdot PWF + C_i \cdot x \quad (13)$$

veya

$$C_{t,izo} = \frac{86400 \cdot DG \cdot C_f \cdot PWF}{(R_{wt} + R_{izo}) \cdot H_u \cdot \eta} + C_i \cdot x \quad (14)$$

olarak yazılabilir.

Optimum yalıtım kalınlığı, toplam ısıtma maliyetini minimuma indirmekle veya yıllık kazancı maximize etmekle hesaplanır. Toplam ısıtma maliyetinin yani (14) nolu denklemin yalıtım kalınlığına (x) göre türevi alındığında optimum yalıtım kalınlığı elde edilir.

$$x_{op} = 293.94 \cdot \left( \frac{DG \cdot C_f \cdot PWF \cdot \lambda}{H_u \cdot C_i \cdot \eta} \right)^{1/2} - \lambda \cdot R_{wt} \quad (15)$$

15 nolu denklemden görüldüğü üzere optimum yalıtım kalınlığı; yakıt fiyatı, yalıtım malzemesinin fiyatı, duvar ve yalıtım malzemesinin özellikleri ve PWF gibi parametrelere göre değişkenlik göstermektedir. Optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme sürelerinin hesaplamalarında kullanılan parametreler ve değerleri Tablo 2'de verilmiştir [13, 14].

**Tablo 2.** Optimum yalıtım kalınlığının hesaplanmasında kullanılan parametreler (Parameters used in the calculation of optimum insulation thickness)

Yalıtım	$\lambda$ (W/mK)	$C_i$ (YTL/m <sup>3</sup> )
Taş yünü	0.040	136
Yakıt	$H_u \cdot 10^6$	$\eta$
Kömür	29.302 J/kg	0.65
Fuel oil	40.614 J/kg	0.80
N	i (%)	g (%)
10	17.86	9.32
		PWF
		6.76

### 3.1. Enerji Tasarrufu ve Geri Ödeme Süresi (Energy Saving and Payback Period)

14 nolu denkleme göre yakıt olarak ithal kömür kullanıldığında, yalıtılmış binanın toplam yıllık ısıtma maliyeti  $C_{t,izo}$ ,

$$C_{t,izo} = \frac{86400 \cdot 2055 \cdot 0.28 \cdot 6.76}{(0.636 + 1.25) \cdot 29.302 \cdot 10^6 \cdot 0.65} + 136 \cdot 0.05 \quad (16)$$

$$C_{t,izo} = 16.15 \text{ YTL} / m^2$$

elde edilir.

Yalıtılmamış bir binanın yıllık toplam ısıtma maliyeti ise  $C_t$ ,

$$C_t = \frac{86400 \cdot 2055 \cdot 0.28 \cdot 6.76}{0.636 \cdot 29.302 \times 10^6 \cdot 0.65} = 27.74 \text{ YTL/m}^2 \quad (17)$$

Yıllık toplam maliyet farkı  $A_s$ ,

$$A_s = 27.74 - 16.15 = 11.59 \text{ YTL/m}^2 \quad (18)$$

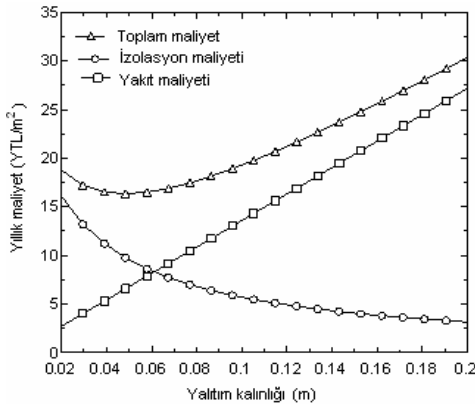
Geri ödeme süresi (pp) ise,

$$pp = \frac{C_t}{A_s} = \frac{27.74}{11.59} = 2.4 \text{ yıl} \quad (19)$$

olarak hesaplanmıştır.

#### 4. HESAP SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ (EVALUATION OF CALCULATION RESULTS)

Binalarda artan yalıtım kalınlığı ile ısı kaybı dolayısıyla, ısıtma yükü ve yakıt maliyeti azalır. Ancak kalınlığın artması yalıtım maliyetinin artması demektir. Yakıt ve yalıtım maliyetinin toplamından oluşan toplam maliyet, belirli bir değerine kadar azalır; bu seviyeden sonra artar. Toplam maliyetin minimum olduğu değer optimum yalıtım kalınlığını verecektir. Denizli için yalıtım kalınlığına göre yıllık maliyetin değişimi Şekil 2’de gösterilmiştir.



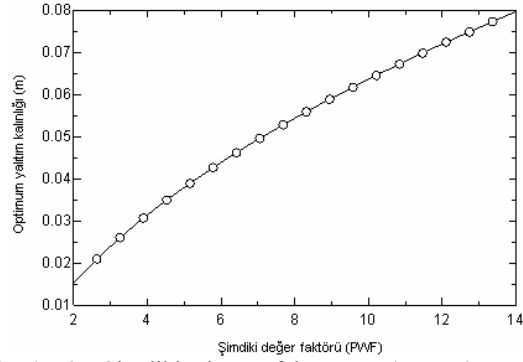
Şekil 2. Denizli için yalıtım kalınlığının toplam maliyete etkisi (Effect of insulation thickness on total cost for Denizli)

Farklı yakıt tipleri için optimum yalıtım kalınlığı, (15) nolu denklem kullanılarak hesaplanmıştır. Farklı yakıt türleri için yalıtım malzemesi olarak taş yünü kullanıldığında elde edilen sonuçlar Tablo 3’te gösterilmiştir.

Ömür süresi ile faiz ve enflasyon oranları PWF’yi etkilemekte olup, optimum yalıtım kalınlığı da

Tablo 3. Farklı yakıt tipleri için optimum yalıtım kalınlığı (Optimum insulation thickness for different energy sources)

Yakıt tipi	Optimum yalıtım kalınlığı(m)
İthal kömür	0.048
Fuel oil	0.082

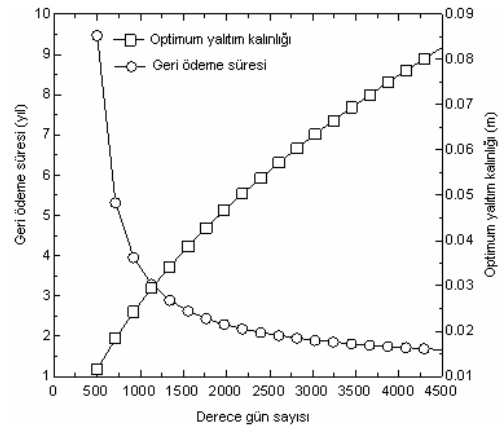


Şekil 3. Şimdiki değer faktörüne ( PWF) göre optimum yalıtım kalınlığının değişimi (Variation of optimum insulation thickness versus present worth factor)

PWF’den etkilenir. Çünkü faiz ve enflasyon oranları sabit değildir. Faiz ve enflasyon oranlarının değişmesi ile birlikte PWF ve dolayısıyla optimum yalıtım kalınlığı da değişmektedir. PWF’ nin optimum yalıtım kalınlığı üzerindeki etkisinin sonuçları Şekil 3’te gösterilmiştir.

Şekil 4, derece gün sayılarının geri ödeme süresi ve optimum yalıtım kalınlığı üzerindeki etkisini göstermektedir. Geri ödeme süresi, yalıtımsız binanın toplam ısıtma maliyetinin ( $C_t$ ) yıllık toplam maliyet farkına ( $A_s$ ) bölünmesi ile elde edilir. DG sayısının artması ile geri ödeme süresi azalır, optimum yalıtım kalınlığı ise artar. DG sayısı düşük olan sıcak iklimlerde daha az yalıtım kalınlığına ihtiyaç duyulur. Bu yüzden Denizli daha sıcak bir iklim bölgesinde bulunduğundan optimum yalıtım kalınlığı Erzurum, Kars ve Erzincan için bulunan değerlerden daha düşük elde edilmiştir [3].

Birim metrekare duvar yüzeyinden yıllık tasarruf, yalıtımlı ve yalıtımsız binaların ısıtma maliyetleri arasındaki farktan hesaplanabilir. Farklı yakıt türleri temel alınarak 10 yıllık bir ömür süresi için geri ödeme süresi ve yıllık tasarruflar Tablo 4’te gösterilmiştir.

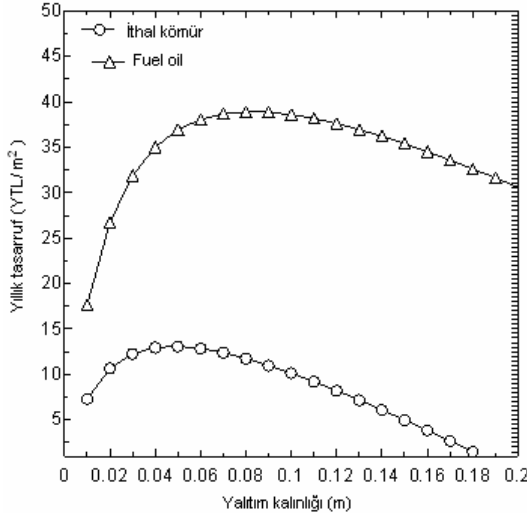


Şekil 4. DG sayısının geri ödeme süresi ve optimum yalıtım kalınlığına etkisi (Effect of degree days on optimum insulation thickness and payback period)

**Tablo 4.** Denizli’de yalıtılmış binalar için geri ödeme süresi ve yıllık tasarrufu (Payback period and annual saving for insulated buildings in Denizli)

Yalıtım malzemesi	Taş yünü	
Yakıt türü	Geri ödeme süresi (yıl)	Yıllık tasarrufu (YTL/m <sup>2</sup> )
İthal kömür	2.4	12
Fuel oil	1.6	38.91

Yıllık tasarruf, yakıt maliyeti ve PWF ile doğru orantılıdır; yakıt maliyetindeki herhangi bir artış tasarrufu arttıracaktır. Farklı yakıt türleri için yalıtım kalınlığının yıllık tasarrufa etkisi Şekil 5’te gösterilmiştir.

**Şekil 5.** Farklı yakıt türleri için yalıtım kalınlığının yıllık tasarrufa etkisi (Effect of insulation thickness on annual saving for different energy sources)

Dış duvarlarda optimum yalıtım kalınlığı uygulandığında, önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanmıştır. Sonuç olarak yüksek maliyetli yakıt kullanılan bölgelerde enerji tasarrufu daha da önemli hale gelmektedir. İki farklı enerji tipi kullanılarak yapılan çalışmanın sonucu olarak elde edilen yıllık tasarruflar ve geri ödeme süreleri Tablo 4’te verilmiştir. Optimum sonuç, enerji kaynağı olarak ithal kömür kullanıldığında elde edilmiştir. Optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi sırasıyla 0.048 m, % 42 ve 2.4 yıl olarak hesaplanmıştır.

## 5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Denizli için; binaların ısıtılmasında iki farklı enerji kaynağı ve yalıtım malzemesi taş yünü kullanarak dış duvarlarda optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır. Hesaplamalarda ömür maliyet analizi (LCCA) kullanıldı. İthal kömür ve fuel-oil kullanıldığında; 10 yıllık ömür süresi için optimum yalıtım kalınlıkları sırasıyla 0.048m ve 0.082m elde edilmiştir. Benzer şekilde yıllık tasarruf ise sırasıyla 12 YTL/m<sup>2</sup> ve 38.91 YTL/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

## SEMBOLLER (NOMENCLATURE)

- $A_s$  : Yıllık toplam maliyet farkı (YTL/m<sup>2</sup>)  
 $C_A$  : Isıtma için yıllık enerji maliyeti (YTL/m<sup>2</sup>-yıl)  
 $C_f$  : Yakıt maliyeti (YTL/kg)  
 $C_{izo}$  : Yalıtım malzemesinin maliyeti (YTL/m<sup>2</sup>)  
 $C_t$  : Yalıtılmamış binanın toplam ısıtma maliyeti (YTL/m<sup>2</sup>-yıl)  
 $C_{t, izo}$  : Yalıtılmış binanın toplam ısıtma maliyeti (YTL/m<sup>2</sup>-yıl)  
 $DG$  : Derece gün sayısı (°C gün)  
 $E_A$  : Isıtma için gerekli yıllık enerji miktarı (J/m<sup>2</sup> -yıl)  
 $g$  : Enflasyon oranı  
 $H_u$  : Isıl değer (J/kg)  
 $i$  : Faiz oranı  
 $U$  : Toplam ısı iletim katsayısı (W/m<sup>2</sup>K)  
**LCCA** : Ömür maliyet analizi  
 $N$  : Ömür süresi (yıl)  
 $pp$  : Geri ödeme süresi (yıl)  
**PWF** : Şimdiki değer faktörü  
 $q_A$  : Yıllık ısı kaybı (W/m<sup>2</sup>)  
 $r$  : Gerçek faiz oranı  
 $R_d$  : Dış ortam havasının ısı direnç katsayısı (m<sup>2</sup>K/W)  
 $R_i$  : İç ortam havasının ısı direnç katsayısı (m<sup>2</sup>K/W)  
 $R_{izo}$  : Yalıtım malzemesinin ısı direnç katsayısı (m<sup>2</sup>K/W)  
 $R_t$  : Tuğla malzemesinin ısı direnç katsayısı (m<sup>2</sup>K/W)  
 $R_w$  : Yalıtımsız duvar tabakasının ısı direnç katsayısı (m<sup>2</sup>K/W)  
 $R_{wt}$  : Yalıtımsız duvar tabakasının toplam ısı direnç katsayısı ( $R_i + R_w + R_d$  m<sup>2</sup>K/W)  
 $R_{wt, izo}$  : Yalıtımlı duvar tabakasının toplam ısı direnç katsayısı  
 $x$  : Yalıtım kalınlığı (m)  
 $x_{op}$  : Optimum yalıtım kalınlığı (m)  
 $\lambda$  : Yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı (W/mK)  
 $\eta$  : Yakma sisteminin verimi

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Hasan A., “Optimizing Insulation Thickness for Buildings Using Life Cycle Cost”, **Applied Energy**, 63:115-124, 1999.
- Bolattürk A., “Binalarda Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Hesabı ve Enerji Tasarrufundaki Rolü”, **14. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi**, Isparta, 41-47, 3-5 Eylül 2003.
- Çomaklı K, Yüksel B. “Optimum Insulation Thickness of External Walls for Energy Saving”, **Applied Thermal Engineering**, 23:473-479, 2003.
- Mohsen M. S., Akash B. A., “Some Prospects of Energy Savings in Buildings”, **Energy Conversion and Management**, 42:1307-1315, 2001.

5. <http://www.odiser.org>
6. Dilmac S., Kesen N. "A Comparison of New Turkish Thermal Insulation Standard (TS 825), ISO 9164, EN 832 and German Regulation", **Energy and Buildings**, 35:161-174, 2003.
7. "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 1998.
8. Dagsöz A K., "Türkiye'de Derece-Gün Sayıları", **İzocam Yayınları**, 1995; A-6.
9. Ozkahraman, H. T., Bolatturk, A., "The Use of Tuff Stone Cladding in Buildings for Energy Conservation", **Construction and Building Materials**; 2005 (in press).
10. De Almeida, A. T., Lopes, A., Carvalla, A., Mariano, J., Nunes, C., "Evaluation of Fuel-Switching Opportunities in the Residential Sector", **Energy and Buildings**, 36:195-203, 2004.
11. Elsafty, A., Al-Daini, A.J., "Economical Comparison between A Solar-Powered Vapour Absorption Air-Conditioning System and A Vapour Compression System in the Middle East", **Renewable Energy** 25 :569-583, 2002.
12. Siqueiros, J., Holland, F.A., "Water Desalination Using Heat Pumps", **Energy**, 25: 717-729, 2000.
13. Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB), <http://www.tcmb.gov.tr>
14. <http://www.izocam.com.tr>