



Araştırma Makalesi / Research Article
DETERMINATION OF OPTIMUM INSULATION THICKNESS BY USING HEATING AND COOLING DEGREE-DAY VALUES

Meral ÖZEL^{*}, Kazım PIHTILI

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, ELAZIĞ

Geliş/Received: 31.03.2008 Kabul/Accepted: 11.08.2008

ABSTRACT

In this study, optimum thickness of insulation applying to external walls was determined by considering heating and cooling degree day values. Calculations were done for Adana, Elazığ, Erzurum, İstanbul ve İzmir cities. In this case, optimum insulation thickness, energy saving and pay back period was calculated by applying Extruded polystyrene as insulation material on the external walls. As result, it was showed that optimum insulation thicknesses vary between 0.04 and 0.084 m, energy savings between 21.94 and 97.12 YTL/m², and payback periods between 1.45 and 2.05 years to the city investigated

Keywords: Insulation thickness, heating and cooling degree-day values, energy saving, payback period.

ISITMA VE SOĞUTMA DERECE-GÜN DEĞERLERİNİ KULLANARAK OPTİMUM YALITIM KALINLIĞININ BELİRLENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, dış duvarlara uygulanan yalıtımın optimum kalınlığı ısıtma ve soğutma derece gün değerleri birlikte ele alınarak belirlenmiştir. Hesaplamalar Adana, Elazığ, Erzurum, İstanbul ve İzmir illeri için yapılmıştır. Bu durumda dış duvarlara Ekstrüde polistren yalıtımı uygulanarak, artan yalıtım kalınlıklarına göre optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Sonuç olarak, incelenen illere göre optimum yalıtım kalınlığının 0.04 ile 0.084 m arasında değiştiği, yıllık tasarrufun 21.94 ile 97.12 YTL/m² arasında değiştiği ve geri ödeme süresinin ise 1.45 ile 2.05 yıl arasında değiştiği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Yalıtım kalınlığı, ısıtma ve soğutma derece gün değerleri, yıllık tasarruf, geri ödeme süresi.

1. GİRİŞ

Binalarda tüketilen enerjinin çoğunluğu ısı konforu sağlamak amacıyla binaların ısıtılması ve soğutulması için harcanmaktadır. Bu yüzden, kış aylarında ısı kayıplarını yaz aylarında da ısı kazançlarını azaltmak için en etkin yol bina dış kabuk elemanlarının yalıtılmasıdır. Bilindiği gibi yalıtım kalınlığı arttıkça ısı kazanç ve kayıpları önemli ölçüde azalırken, yalıtım maliyeti ise artacaktır. Bu durumda yalıtım kalınlığının optimum değeri maliyet analizi yapılarak belirlenmelidir. Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde Gölcü vd. [1], Denizli' deki binalarda, ısıtma için farklı enerji kaynaklarının kullanılması halinde dış duvarlar için optimum

*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: e-mail/e-ileti: mozel@firat.edu.tr, tel: (424) 237 00 00 / 5338

yalıtım kalınlığını Derece-Gün sayısını esas alarak hesaplamışlar. Bolattürk [2], Isparta bölgesindeki binaların duvar ve çatı döşemeleri için optimum yalıtım kalınlıkları ve enerji tasarruflarını araştırmıştır. Bunun için yine Derece-Gün sayısı esas alınmıştır. Bolattürk' ün başka bir çalışmasında, Türkiye'nin 4 iklim bölgesinden seçilen 16 şehir için ısıtma derece-gün fikrini kullanarak optimum yalıtım kalınlıkları ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır [3]. Yine aynı yazarın bir diğer çalışmasında, binaların dış duvarlarındaki optimum yalıtım kalınlığı yıllık ısıtma ve soğutma yüklerine dayandırılarak analiz edilmiştir. Bunun için yıllık ısıtma ve soğutma derece saatleri hesaplanarak , ekonomik model P1-P2 metoduna göre belirlenmiştir [4].

Kaynaklı [5], Bursa' daki binaların dış duvarları için 1992' den 2005' e kadar dış hava sıcaklık değerleri dikkate alınarak ısıtma mevsimi için derece-saat değerleri hesaplanmış ve optimum yalıtım kalınlığı belirlenmiştir. Hasan [6], duvarların optimum kalınlığını bulmak için ömür maliyet analizini ve derece gün fikrini kullanmıştır. Sonuç olarak duvar yapısının tiplerine bağlı olarak geri ödeme periyodunun polistiren yalıtımı için 1 ile 1.7 yılları arasında değiştiğini ve taş yünü yalıtımı için ise 1.3 ile 2.3 yılları arasında değiştiğini göstermiştir. Çomaklı ve Yüksel [7], Erzurum, Kars ve Erzincan gibi Türkiye'nin en soğuk üç şehri için optimum yalıtım kalınlığını derece gün sayılarını esas alarak araştırmışlar. Sisman vd. [8], dört farklı derece gün değerlerine sahip olan İzmir, Bursa, Eskişehir ve Erzurum illeri için dış duvarlar ve çatının optimum yalıtım kalınlıklarını belirlemişler. Aksoy ve Keleşoğlu [9], bina kabuğu yüzey alanı ve yalıtım kalınlığının ısıtma enerjisi üzerindeki etkisini görmek amacıyla, dar cepheleri kuzey-güney, uzun cepheleri doğu-batı yönünde konumlandırılmış penceresiz bir yapıdaki ısıtma enerjisi miktarı, geri dönüşüm süresi ve tasarruf oranlarını hesaplamışlar ve yalıtım kalınlığına bağlı olarak %19 ile %77 arasında değişen enerji tasarrufu elde etmişlerdir.

Literatürde görüldüğü gibi genellikle optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesinde ısıtma derece-gün sayısı göz önüne alınmıştır. Bu çalışmada ise hem ısıtma derece-gün sayısı hem de soğutma derece-gün sayısı esas alınarak gerekli hesaplamalar yapılmış ve optimum yalıtım kalınlığı beş farklı il için belirlenmiştir.

2. DIŞ DUVARLARIN ISI KAZANÇ VE KAYBI

Binalardaki ısı kazanç ve kayıpları genel olarak dış duvarlardan, pencerelerden, tavan ve döşemeler ile hava infiltrasyonu sonucu gerçekleşmektedir. Ancak bu çalışmada sadece dış duvarlarda oluşan ısı kazanç ve kayıpları göz önüne alınarak optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır. Dış duvarın birim yüzeyinden oluşan ısı kazanç ve kaybı aşağıdaki şekildedir:

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

Burada U toplam ısı transfer katsayısı ΔT ise gün boyunca değişen dış ortam sıcaklığı ile sabit iç ortam sıcaklığının farkıdır. Bu durumda derece-gün sayılarına bağlı olarak birim yüzeyden gerçekleşen yıllık ısı kazanç ve kaybı

$$q_A = 86400 \cdot D \cdot G \cdot U \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir. Duvarın toplam ısı transfer katsayısı ise aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$U = \frac{1}{R_i + R_w + R_y + R_o} \quad (3)$$

Burada R_i ve R_o iç ve dış ortamın ısı dirençleri, R_w yalıtımsız duvar tabakalarının ısı direncidir. R_y ise yalıtım malzemesinin ısı direnci olup aşağıdaki şekilde yazılmaktadır.

$$R_y = \frac{x}{k} \quad (4)$$

Burada x yalıtım malzemesinin kalınlığı, k ise ısı iletkenliğidir. R_{wt} yalıtım malzemesi hariç duvarın toplam ısı direnci olmak üzere toplam ısı transfer katsayısı aşağıdaki gibidir:

$$U = \frac{1}{R_{wt} + \frac{x}{k}} \quad (5)$$

3. OPTİMUM YALITIM KALINLIĞI İÇİN MALİYET ANALİZİ

Binaların dış duvarlarına yalıtım uygulanarak ısı kazanç ve kaybı önemli ölçüde azaltılmış olur. Bu durumda enerji tasarrufu açısından yalıtımın optimum kalınlığının bilinmesi gerekmektedir. Bu yüzden maliyet analizi yapılarak optimum yalıtım kalınlığı tespit edilmelidir. Isıtma ve soğutmanın yıllık enerji maliyeti sırasıyla aşağıdaki gibidir

$$C_{A,I} = \frac{86400.U.IDG.C_f}{H_u.\eta} \quad (6)$$

$$C_{A,S} = \frac{86400.U.SDG.C_e}{COP} \quad (7)$$

Burada, IDG ve SDG sırasıyla ısıtma derece-gün ve soğutma derece-gün sayılarıdır. C_f , C_e , H_u , η ve COP ise sırasıyla yakıt fiyatı (YTL/kg), elektriğin fiyatı (YTL/kWh), yakıtın alt ısı değeri (J/kg), ısıtma sisteminin verimi ve soğutma performans katsayısıdır. Bu durumda toplam yıllık enerji maliyeti aşağıdaki şekilde yazılır.

$$C_A = C_{A,I} + C_{A,S} \quad (8)$$

Yalıtılmış bir binanın toplam maliyeti aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$C_t = C_A.PWF + C_y.x \quad (9)$$

burada C_y ve x sırasıyla, yalıtımın fiyatı (YTL/m³) ve kalınlığıdır. C_A birim yüzey için yıllık ısıtma ve soğutma maliyetinin toplamıdır. Optimum yalıtım kalınlığı belirlenirken, N yıllık ömür üzerinden toplam ısıtma maliyeti şimdiki değer faktörü (PWF) ile birlikte değerlendirilmelidir. PWF , faiz oranı (i) ve enflasyon oranı (g)'ye bağlı olarak aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$PWF = \left(\frac{1+g}{i-g} \right) \left[1 - \left(\frac{1+g}{1+i} \right)^N \right] \quad (10)$$

Toplam maliyeti minimum yapacak yalıtım kalınlığı bize optimum yalıtım kalınlığını vermektedir. Buna göre optimum yalıtım kalınlığı, toplam maliyeti veren (9) nolu denklemin yalıtım kalınlığına (x) göre türevi alınarak aşağıdaki gibi elde edilir

$$x_{op} = 293.94 \left(\frac{IDG.C_f.PWF.k}{C_y.H_u.\eta} + \frac{SDG.C_e.PWF.k}{C_y.COP} \right)^{1/2} - k.R_{wt} \quad (11)$$

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada dış duvarlara uygulanan yalıtımın optimum kalınlığı, ısıtma ve soğutma derece gün değerleri birlikte ele alınarak belirlenmiştir. Hesaplamalar Adana, Elazığ, Erzurum, İstanbul ve

Determination of Optimum Insulation Thickness by Using ...

İzmir illeri için yapılmıştır. Bu illerin ısıtma ve soğutma derece gün değerleri Çizelge 1' de verilmiştir.

Çizelge 1. İllere göre ısıtma ve soğutma derece gün değerleri [10]

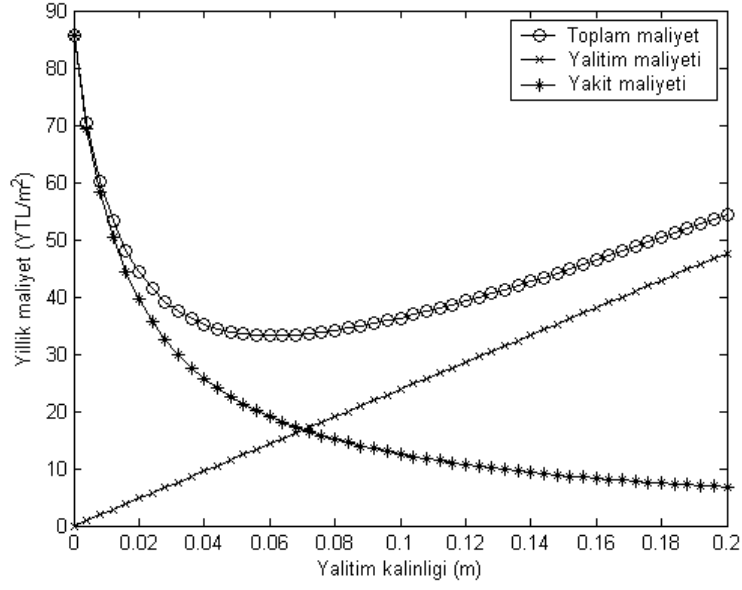
İl	Isıtma Derece-Gün sayısı, (°C.gün)	Soğutma Derece-Gün sayısı, (°C.gün)
Adana	874	796
Elazığ	2653	337
Erzurum	4827	7
İstanbul	1865	159
İzmir	1188	559

Dış duvarlara Ekstrüde polistren yalıtımı uygulanarak, artan yalıtım kalınlıklarına göre optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan parametreler ve değerleri ise Çizelge 2' de verilmiştir.

Çizelge 2. Hesaplamalarda kullanılan parametreler [12, 13]

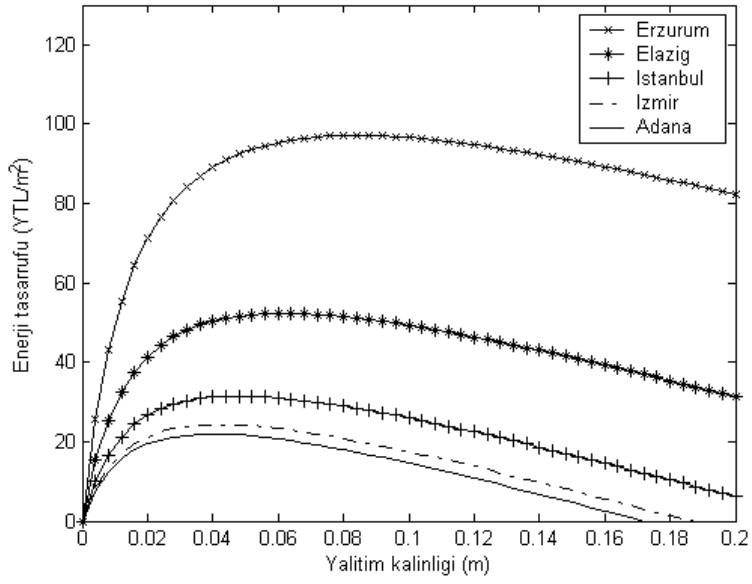
Parametre	Değeri
Yakıt İthal kömür (Isıtma için) Fiyatı, C_f H_u η Elektrik (Soğutma için) Fiyatı, (C_e) COP	0.4000 YTL/kg 29.307*10 ⁶ J/kg % 65 0.158089 YTL/kWh 2.5
Yalıtım (Ekstrüde polistren) Fiyatı, (C_y) k R_{wt}	238 YTL/m ³ 0.029 W/mK 0.59 m ² K/W
Faiz oranı, (i)	% 5
Enflasyon oranı, (g)	% 4
N	10 yıl

Şekil 1 yalıtım kalınlığına göre maliyetlerin değişimini göstermektedir. Şekilden görüldüğü gibi artan yalıtım kalınlığı ile yakıt maliyeti azalırken yalıtım maliyeti ise lineer olarak artmaktadır. Toplam maliyet ise belirli bir değere kadar azalmakta ve bu değerden sonra artmaktadır. Dolayısıyla toplam maliyetin minimum olduğu değer optimum yalıtım kalınlığını vermektedir. Burada Elazığ ili için optimum yalıtım kalınlığı 0.056 m olarak elde edilmiştir.



Şekil 1. Elazığ ili için yalıtım kalınlığına göre maliyetlerin değişimi

Farklı derece gün değerlerine sahip iller için yalıtım kalınlığının yıllık tasarrufa etkisi ise Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Farklı derece gün değerlerine sahip iller için yalıtım kalınlığının yıllık tasarrufa etkisi

Determination of Optimum Insulation Thickness by Using ...

İncelenen iller arasında en büyük ısıtma derece gün sayısına sahip Erzurum ilinde, yıllık tasarruf maksimum olurken en düşük ısıtma derece gün sayısına sahip Adana ilinde ise minimum yıllık tasarruf elde edilmiştir.

Sadece ısıtma derece gün değerleri dikkate alınarak ve hem ısıtma hem de soğutma derece gün sayıları dikkate alınarak optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süreleri illere göre hesaplanarak sonuçları Çizelge 3' te verilmiştir. Çizelgedeki değerler incelenecek olursa, Erzurum ilinin soğutma derece gün sayısı oldukça düşük olduğundan hem ısıtma ve hem de soğutma derece gün sayıları göz önünde bulundurularak yapılan hesaplamalarda elde edilen sonuçların sadece ısıtma olması durumunda elde edilen sonuçlarla hemen hemen aynı olduğu görülmüştür. Ancak soğutma derece gün sayısı oldukça büyük olan Adana ilinde sadece ısıtma derece gün değerleri göz önünde bulundurulduğunda optimum yalıtım kalınlığı 0.024 m, yıllık tasarruf 9.17 YTL/m² ve geri ödeme süresi ise 2.78 yıl olarak elde edilirken Hem ısıtma hem de soğutma değerleri dikkate alındığında optimum yalıtım kalınlığı 0.04 m, yıllık tasarruf 21.94 YTL/m² ve geri ödeme süresi ise 2.05 yıl olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak soğutma derece gün değerleri yüksek olan illerin hem ısıtma hem de soğutma derece gün değerleri birlikte ele alınarak hesaplanmalıdır.

Çizelge 3. İllere göre optimum yalıtım kalınlığı, yıllık tasarruf ve geri ödeme süresi

İl	Sadece Isıtma			Toplam (Isıtma+Soğutma)		
	Opt. yalıtım kalınlığı (m)	Yıllık tasarruf (YTL/m ²)	Geri ödeme süresi (yıl)	Opt. yalıtım kalınlığı (m)	Yıllık tasarruf (YTL/m ²)	Geri ödeme süresi (yıl)
Adana	0.024	9.17	2.78	0.04	21.94	2.05
Elazığ	0.056	45.95	1.68	0.06	52.33	1.64
Erzurum	0.084	96.98	1.45	0.084	97.12	1.45
İstanbul	0.044	28.70	1.90	0.048	31.54	1.85
İzmir	0.032	14.96	2.32	0.04	24.30	1.99

SEMBOLLER

$C_{A,I}$:Isıtma için yıllık ısıtma maliyeti, (YTL/m ² yıl)
$C_{A,S}$:Soğutma için yıllık soğutma maliyeti, (YTL/m ² yıl)
C_A	:Toplam yıllık enerji maliyeti, (YTL/m ² yıl)
C_e	:Elektriğin fiyatı (YTL/kWh)
C_f	:Yakıt fiyatı, (YTL/kg)
C_y	:Yalıtımın fiyatı, (YTL/m ³)
COP	:Soğutma performans katsayısı
g	:Enflasyon oranı
H_u	:Yakıtın alt ısıl değeri, (J/kg)
IDG	:Isıtma derece-gün sayısı, (°C.gün)
i	:Faiz oranı
k	:Yalıtım malzemenin ısı iletim katsayısı, (W/mK)
N	:Ömür (yıl)
x	:Yalıtımın kalınlığı, (m)
PWF	:Şimdiki değer faktörü
R_{wt}	:Yalıtım malzemesi hariç duvarın toplam ısıl direnci
SDG	:Soğutma derece-gün sayısı

KAYNAKLAR

- [1] Gölcü, M., Dombaycı, Ö. A. ve Abalı S., “Denizli için Optimum Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkisi ve Sonuçları” Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 21, No 4, 639-644, 2006.
- [2] Bolattürk, A., “Binalarda Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Hesabı ve Enerji Tasarrufundaki Rolü”, 14. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Isparta, Eylül 2003, 41-47.
- [3] Bolattürk, A., “Determination of Optimum Insulation Thickness for Building Walls With Respect to Various Fuels and Climate Zones in Turkey”, Applied Thermal Engineering, Vol. 26, pp. 1301-1309, 2006.
- [4] Bolattürk, A., “Optimum Insulation Thicknesses for Building Walls with Respect to Cooling and Heating Degree-Hours in the Warmest Zone of Turkey”, Building and Environment, Vol. 43, pp. 1055-1064, 2008.
- [5] Kaynaklı, O., “A Study on Residential Heating Energy Requirement and Optimum Insulation Thickness”, Renewable Energy, Vol. 33, pp. 1164-1172, 2008.
- [6] Hasan, A., “ Optimizing Insulation Thickness for Buildings using Life Cycle Cost” Applied Energy, Vol. 63, pp. 115-124,1999.
- [7] Çomaklı, K. and Yüksel, B., “Optimum Insulation Thickness of External Walls for Energy Saving”, Applied Thermal Engineering, Vol. 23, pp. 473-479, 2003.
- [8] Sisman, N., Kahya, E., Aras, N. and Aras, H., “Determination of Optimum Insulation Thicknesses of the External Walls and Roof (ceiling) for Turkey’s Different Degree-Day Regions”, Energy Policy, Vol. 35, pp. 5151-5155, 2007.
- [9] Aksoy, U. T. ve Keleşoğlu, Ö., “Bina Kabuğu Yüzey Alanı ve Yalıtım Kalınlığının Isıtma Maliyeti Üzerinde Etkileri” Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt 22, No 1, 103-109, 2007.
- [10] Bulut, H., Büyükalaca, O. ve Yılmaz, T., “Türkiye İçin Isıtma ve Soğutma Derece-Gün Bölgeleri”, 16. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Kayseri, 30 Mayıs-2 Haziran, 2007.
- [11] Pıhtılı, K., “Soğutma Tekniğinde En Ekonomik Yalıtım Kalınlığı”, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Cilt 11, Sayı 3, 31-37, 1988.
- [12] <http://www.birimfiyat.com> [Erişim Tarihi: 2007].
- [13] <http://www.dosider.org> [Doğalgaz Cihazları Sanayicileri ve İşadamları Derneği, erişim tarihi Eylül 2007].