alpay kurekci:Sablon 02.11.2012 15:24 Page 5

Türkiye'nin Tüm İlleri İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi

Alpay KÜREKÇİ
Abdullah Tekin BARDAKÇI
Handan ÇUBUK
Özlem EMANET

ÖZET

Türkiye'de kullanılan karbon kökenli yakıtların çoğu dışarıdan ithal edilmektedir. Üretilen enerjinin büyük bir kısmı ısıtma enerjisi olarak kullanılmaktadır. Bu durum, yakıt fiyatlarının yüksek olduğu ülkemizde binalara yalıtım yapılmasının önemini daha da artırmaktadır. Bu çalışmada ömür maliyet analizi yöntemi kullanılarak, 81 il için dıştan yalıtımlı bir duvar modelinin iki farklı yakıt türü (doğal gaz, ithal kömür) ve beş farklı yalıtım malzemesi (taş yünü, cam yünü, XPS, EPS ve poliüretan) için optimum yalıtım kalınlığı, geri ödeme süreleri ve tasarruf miktarları hesaplanmıştır.

Anahtar Sözcükler: *Isıtma Derece-Gün Değeri, Optimum Yalıtım Kalınlığı, Enerji Tasarrufu*

Abstract:

Carbon based fuels used in Turkey are mostly imported and most of energy is used for space heating. Since fuel is too expensive in our country, this situation makes building insulation more important. In the present work, using lifetime cost analysis method, optimum insulation thickness in 81 provinces in Turkey has been studied. For two different fuels (natural gas, coal) and five different insulation material (rock-wool, glass-wool, XPS, EPS, polyurethane) optimum insulation thickness,

Key Words:

Heating Degree-Day Value, Optimum Insulation Thickness, Energy Saving

1. GİRİŞ

Fosil yakıtların yakın bir zamanda biteceği bir gerçektir. Kalan fosil yakıtlar her geçen gün değerlenmektedir. Bu durumda fosil yakıtların verimli kullanımı önem kazanmaktadır. Aynı zamanda enerji tüketiminin neden olduğu çevre kirliliği, günümüzde enerji tasarrufunu zorunlu hale getirmiştir. Türkiye'de kullanılan enerjinin %33'ü ısıtma enerjisi olarak kullanılmaktadır [1]. Bu miktarın önemli bir kısmı doğru yapılan yalıtım ile geri kazanılabilinir. Binalarımızın büyük çoğunluğunda yalıtım bulunmamaktadır. Yalıtım yapılan binalarda da uygulamalarda yoğunluğu düşük, ucuz malzemeler ile 3-4 cm kalınlığında yalıtım uygulandığı görülmektedir. Yalıtım malzemesinin türünü iyi seçmek, yatırım ve işletme giderleri düşünülerek optimum kalınlıkta yalıtım uygulamak çok önemlidir. Ülkemizde, binalara uygulanan ısı yalıtımının çok yaygın kullanılmamasından dolayı, yapılardaki ısı kaybı veya kazancı, benzer iklim koşullarına sahip Avrupa ülkeleri ile mukayese edildiğinde, çok daha fazladır. Dolayısıyla, daha fazla yakıt sarfiyatı ve çevre kirliliği olmaktadır [2].

alpay kurekci:Sablon 02.11.2012 15:24 Page 6

Isı yalıtımının önemi, temel olarak enerji ve çevre olmak üzere iki ana kavrama dayanır. Buna sağlıklı ve konforlu yaşam alanlarını da ekleyebiliriz. Enerji sadece bizim için değil, diğer ülkeler için de stratejik, makro bir kavramdır. Ülkemizin enerji kaynakları açısından çok zengin olmadığı açıktır; enerji ihtiyacının % 60-65'i ithal edilmektedir. Ayrıca bu ihtiyaç her sene % 4 oranında artış göstermektedir [3,4].

Isı yalıtımı, tüm dünyada enerji verimliliği kavramına bağlı olarak geliştirilen politikaların en önemli ayağını teşkil etmektedir. Türkiye'de konut ve yapı sektörünün enerjinin 1/3'nü tüketmesi ve büyük bir tasarruf potansiyeline sahip olması, bu sektöre ilgiyi artırmıştır. Bu yüzden enerji verimliliği ile ilgili çalışmalarda, inşaat sektörüne yönelik düzenlemeler yer tutmaktadır. Birçok ülke 1970'li yıllardan başlayarak, yeni bina kodları ve standartları geliştirmiştir. Bu standartlar, sürekli gelişen yalıtım teknolojisine bağlı olarak sürekli yenilenmektedir [5].

TS 825 "Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları Standardı" [6]; ülkemizdeki enerji tüketiminde önemli bir paya sahip olan binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarını sınırlayarak, enerji tasarrufu sağlamayı hedeflemektedir. Bu standart binalar için enerji tüketiminin minimum değerlere düşürülmesini zorunlu kılmıştır. TS 825'de derece-gün (DG) sayılarına göre Türkiye 4 yalıtım bölgesine ayrılmıştır. 1. Bölge ısıtma için en az enerji ihtiyacının olduğu, 4. Bölge ise en fazla ihtiyacın olduğu bölgeyi temsil etmektedir [7].

81 il merkezi için derece gün (DG) değerlerinin hesaplanmasında, en az 15–20 yıllık ortalama uzun dönem sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Derece gün değerleri temelde seçilen denge sıcaklığına bağlıdır. Denge noktası sıcaklığı, bir binada ısıtma ve soğutmaya ihtiyaç duyulmadığı zamandaki dış ortam sıcaklığı olarak alınabilir. Bu denge sıcaklığı, bir binadan diğerine farklılık gösterebilir. Bu değişim istenilen iç ortam sıcaklığına, binanın ısıl özelliklerine ve kullanım şekline göre belirlenebilir. Geleneksel olarak ısıtma derece-gün sayıları 14˚C, 16˚C ve 18˚C, soğutma derece-gün sayıları da 22˚C, 24˚C ve 26˚C denge noktası sıcaklıklarından biriyle hesaplanabilir [8].

DG değerleri farklı sıcaklıklarda bulunabilmesine rağmen, ısıtma için 18°C denge sıcaklığı alınarak 81 ilin derece gün sayıları Tablo 1'de verilmiştir [8, 9].

Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Dombaycı vd. [10], Denizli için iki farklı yalıtım malzemesi ve beş farklı yakıt kullanarak optimum yalıtım kalınlığını hesaplamıştır. Dombaycı Türkiye'nin III. iklim bölgesinde bulunan Denizli ili için EPS yalıtım malzemesi ve kömür kullanarak bina dış duvarlarında optimum yalıtım kalınlığını hesaplamıştır. Yakıt tüketiminin % 46,6 oranında azalması ile CO_2 ve SO_2 emisyonlarının % 41,53 oranında azaldığını belirlemiştir. Başka bir çalışmalarında Denizli'deki binalarda ısıtma için iki farklı enerji kaynağı kullanarak dış duvarlar için optimum yalıtım kalınlığını derece-gün sayısını esas alarak belirlemişlerdir [11].

Çomaklı ve Yüksel [12], TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına göre Türkiye'nin IV. derece-gün bölgesinde bulunan üç ili göz önüne alarak optimum yalıtım kalınlığını hesaplamışlardır.

Bolattürk [13], Türkiye'nin dört iklim bölgesindeki 16 il için beş farklı yakıt türü kullanarak optimum yalıtım kalınlığını ve geri ödeme sürelerini hesaplamıştır. Diğer çalışmasında [14] Türkiye'nin birinci iklim bölgesinde bulunan binaların dış duvarlarındaki optimum yalıtım kalınlığını yıllık ısıtma ve soğutma yüklerini göz önüne alarak hesaplamış ve P1-P2 metodu ile geri ödeme sürelerini belirlemiştir.

Kaynaklı [15], 1992–2005 yılları arasındaki dış hava sıcaklık değerlerini kullanarak, ısıtma mevsimi için derece-saat değerlerini hesaplamıştır. Bu değerlerle Bursa ili için optimum yalıtım kalınlığını belirlemiştir.

Özel ve Pıhtılı [16], Adana, Elazığ, Erzurum, İstanbul ve İzmir illeri için dış duvarlara uygulanan yalıtımın optimum kalınlığını, ısıtma ve soğutma derece-gün değerlerini göz önüne alarak hesaplamışlardır.

alpay kurekci:Sablon 02.11.2012 15:24 Page 7

Tablo 1. Türkiye'deki tüm illerin derece-gün sayıları [8, 9].

İller		18 °C	İller		18 °C
1	Adana	874	42	Konya	2836
2	Adıyaman	1695	43	Kütahya	2880
3	Afyon	2828	44	Malatya	2461
4	Ağrı	4423	45	Manisa	1535
5	Amasya	2210	46	K. Maraş	1653
6	Ankara	2677	47	Mardin	2004
7	Antalya	1083	48	Muğla	1879
8	Artvin	2429	49	Muş	3563
9	Aydın	1213	50	Nevşehir	3033
10	Balıkesir	1914	51	Niğde	2856
11	Bilecik	2397	52	Ordu	1804
12	Bingöl	2838	53	Rize	1820
13	Bitlis	3311	54	Sakarya	1833
14	Bolu	2821	55	Samsun	1826
15	Burdur	2353	56	Siirt	1958
16	Bursa	1920	57	Sinop	1879
17	Çanakkale	1789	58	Sivas	3444
18	Çankırı	2864	59	Tekirdağ	2032
19	Çorum	2958	60	Tokat	2399
20	Denizli	1627	61	Trabzon	1724
21	Diyarbakır	2142	62	Tunceli	2716
22	Edirne	2224	63	Şanlıurfa	1503
23	Elazığ	2653	64	Uşak	2414
24	Erzincan	3047	65	Van	3476
25	Erzurum	4827	66	Yozgat	3422
26	Eskişehir	3049	67	Zonguldak	2020
27	Gaziantep	2009	68	Aksaray	2626
28	Giresun	1765	69	Bayburt	4149
29	Gümüşhane	3234	70	Karaman	2698
30	Hakkari	3470	71	Kırıkkale	2609
31	Hatay	1119	72	Batman	1823
32	Isparta	2607	73	Şırnak	2065
33	İçel	852	74	Bartın	2226
34	İstanbul	1865	75	Ardahan	5137
35	İzmir	1188	76	Iğdır	2764
36	Kars	4772	77	Yalova	1843
37	Kastamonu	3112	78	Karabük	2145
38	Kayseri	3113	79	Kilis	1554
39	Kırklareli	2274	80	Osmaniye	1103
40	Kırşehir	2857	81	Düzce	2145
41	Kocaeli	1786			

Uçar ve Balo [17], tipik dıştan yalıtımlı duvarlar için üç farklı metot kullanarak, dört farklı iklim bölgesinden seçilen İzmir, Diyarbakır, Uşak ve Bayburt şehirleri için ömür maliyet optimizasyon metoduyla, sırasıyla 0,073-0,077-0,101-0,138 m olarak bulmuştur. Termodinamik Optimizasyon Metodu kullanılarak optimum yalıtım kalınlığı, Ömür Maliyet Analizi kullanılarak elde edilen sonuçlardan aynı şehirler için sırasıyla % 2,6, % 4,9, % 22,3 ve % 41,6 daha fazla bulunmuştur. TS 825 Isı Yalıtımı Standardı ile hesaplandığında, söz konusu şehirlerin optimum yalıtım kalınlıklarının, 0,038 ile 0,120 m arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Gürel ve Daşdemir [18], farklı iklim bölgelerinden seçilen Aydın, Edirne, Malatya ve Sivas illerinde ısıtma ve soğutma yükleri için optimum yalıtım kalınlıkları ve enerji tasarruflarını hesaplamışlardır. Dış duvarda yalıtım malzemesi olarak XPS ve EPS seçilmiştir. Yakıt olarak ısıtma için doğal gaz, soğutma için ise elektrik kullanılmıştır. Sonuçlar yalıtım malzemesi ve seçilen ile bağlı olarak optimum kalınlık 0,036 ile 0,1 m arasında, enerji tasarruflarının ise 12,08 TL/m^2 ve 58,28 TL/m^2 arasında, geri ödeme sürelerinin 1,5 ve 2,52 yıl arasında değiştiğini göstermiştir.

Hasan [19], Filistin için dört yakıt türü ve iki yalıtım malzemesi için optimum yalıtım kalınlıklarını derece-gün ve ömür maliyet analizi yaklaşımıyla hesaplamıştır. Sonuç olarak taş yünü yalıtımı için geri ödeme süresinin 1,3-2,3 yıl arasında, polistren yalıtımı için 1-1,7 yıl arasında olduğunu belirtmiştir.

Mevcut literatür incelendiğinde, yapılan çalışmalarda çoğunlukla dört farklı iklim bölgesinden dört il seçilerek optimum yalıtım kalınlığının hesaplandığı görülmektedir. Çalışmalarda yakıt-yalıtım malzemesi değişken sayısı genelde 2 olarak alınmıştır. Bu çalışmada, ısıtma derece gün değerleri kullanılarak ömür maliyet analizi yöntemi kullanılarak Türkiye'deki 81 il merkezinin 2 farklı yakıt ve 5 farklı yalıtım malzemesi için optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufları ve geri ödeme süreleri hesaplanmıştır.

alpay kurekci:Sablon 02.11.2012 15:24 Page 8

2. YÖNTEM

2.1. Bina Duvarlarının Yapısı

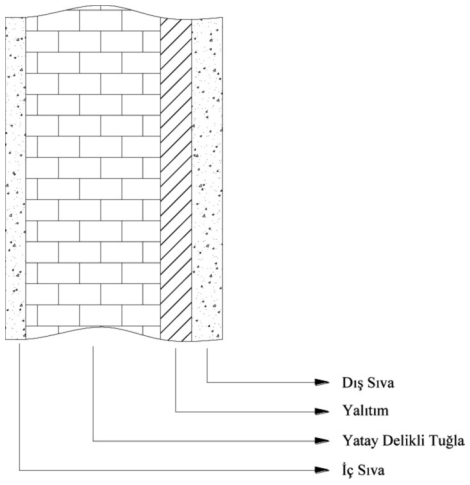
Binalardaki ısı kayıpları genel olarak dış duvarlardan, pencerelerden, tavandan, döşemelerden ve hava infiltrasyonu ile gerçekleşmektedir. Bu çalışmada sadece dış duvarlardan oluşan ısı kayıpları göz önüne alınarak optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır. Hesaplarda ilk yatırım maliyeti olarak yalıtım malzemesinin birim fiyatı alınmıştır. İmalat sırasında kullanılan file, sıva, dübel gibi malzemeler ve bölgelere göre değişkenlik gösteren işçilik giderleri hesaba katılmamıştır. Bu giderlerin hesaba katılması durumunda, hesaplanan geri ödeme süreleri artacaktır.

Bina dış duvarı, Şekil 1'de görüldüğü gibi 2 cm iç sıva, 13 cm yatay delikli tuğla, yalıtım malzemesi ve 3 cm dış sıvadan oluşan dıştan yalıtımlı duvardır. Duvarı oluşturan yapı bileşenlerine ait özellikler Tablo 2'de görülmektedir. Hesaplamalarda yalıtım malzemesi olarak taş yünü, cam yünü, XPS, EPS ve poliüretan kullanılmıştır. Yalıtım malzemelerine ait özellikler Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 2. Dış duvar bileşenlerinin özellikleri

Dıştan yalıtımlı duvar			
Malzeme	Kalınlık (m)	k (W/mK)	R (m^2K/W)
İç Sıva (Kireç esaslı)	0,02	0,87	0,02299
Yatay delikli tuğla	0,13	0,45	0,28889
Dış sıva (Çimento esaslı)	0,03	1,4	0,02143
R_i			0,13
R_d			0,04
$R_{duvar,toplam}$ (Yalıtım malzemesi hariç duvar katmanları)			0,50331

Çalışmada kullanılan yakıtların alt ısıl değerleri, güncel fiyatları ve yakma sistemi verimleri Tablo 4'de verilmiştir.



Şekil 1. Hesaplamalarda kullanılan duvar modeli

Tablo 3. Yalıtım malzemelerine ait özellikler

Yalıtım	k (W/mK)	Cy (TL/m^3)
Taş yünü	0,040	160
Cam Yünü	0,040	115
XPS	0,032	150
EPS	0,033	230
Poliüretan	0,024	650

Tablo 4. Kullanılan yakıtların alt ısıl değeri, fiyatları ve yakma sistemi ısıl verimi [20]

Yakıt	Hu	Fiyat	η
Doğal gaz	34.526 kJ/m^3	0,8331 TL/m^3	0,93
Kömür (İthal)	25.080 kJ/kg	0,61016 TL/kg	0,65

2.2. Bina duvarlarının ısı kaybı ve yıllık enerji ihtiyacı

Dış duvarın birim yüzeyinden meydana gelen ısı kaybı,

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

eşitliği ile hesaplanır. Burada U ısı geçiş katsayısı, ΔT ise dış ortam sıcaklığı ile sabit iç ortam sıcaklığının

alpay kurekci:Sablon 02.11.2012 15:24 Page 9

farkıdır. Birim yüzeyde meydana gelen yıllık ısı kaybı ise U ve derece-gün sayısı kullanılarak hesaplanır.

$$q_{yıl} = 86400 \,.\, DG \,.\, U \qquad (2)$$

Tipik bir duvar için toplam ısı geçiş katsayısı U;

$$U = \frac{1}{R_{iç} + R_{duvar} + R_{yalıtım} + R_{dış}} \qquad (3)$$

şeklindedir. Burada $R_{iç}$ ve $R_{dış}$ sırasıyla iç ve dış ortamın ısı taşınım direncini, R_{duvar} duvar katmanlarının ısı yalıtımı olmadan ısı iletim direncini göstermektedir. $R_{yalıtım}$ ise yalıtım malzemesinin ısıl direnci olup,

$$R_{yalıtım} = \frac{x}{k} \qquad (4)$$

şeklinde hesaplanır. Burada x ve k sırasıyla yalıtım malzemesinin kalınlığı ile yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısını göstermektedir. Yalıtımsız duvar tabakasının toplam direnci $R_{duvar,toplam}$;

$$R_{duvar,toplam} = R_{iç} + R_{duvar} + R_{dış} \qquad (5)$$

olduğuna göre buna bağlı olarak toplam ısı geçiş katsayısı U;

$$U = \frac{1}{R_{duvar,toplam} + R_{yalıtım}} \qquad (6)$$

şeklinde ifade edilir. Isıtma için gerekli olan yıllık enerji ihtiyacı $E_{yıl}$;

$$E_{yıl} = \frac{86400 \,.\, DG}{(R_{duvar,toplam} + R_{yalıtım}) \,.\, \eta} \qquad (7)$$

şeklinde hesaplanır.

2.3. Yıllık enerji maliyeti ve optimum yalıtım kalınlığının hesaplanması

Binaların dış duvarlarına yalıtım uygulanarak, bina yüzeyinden meydana gelecek ısı kaybı önemli ölçüde azaltılmış olur. Ancak optimum yalıtım kalınlığının belirlenebilmesi için bir maliyet analizinin yapılması gerekir. Birim yüzey için ısıtmanın yıllık enerji maliyeti $C_{yıl}$;

$$C_{yıl} = \frac{86400 \,.\, U \,.\, DG \,.\, C_{yakıt}}{Hu \,.\, \eta} \qquad (8)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada $C_{yakıt}$ yakıtın birim fiyatını, Hu yakıtın alt ısıl değerini, η yakma sistemi ısıl verimini göstermektedir.

Optimum yalıtım kalınlığı hesaplanırken, ömür maliyet analizi metodu kullanılmıştır. Yıllık enerji maliyeti, şimdiki değer faktörü ve belirlenen ömür süresine göre hesaplanmıştır [19]. Şimdiki değer faktörü enflasyon ve faiz oranlarına bağlı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$r = \frac{i - g}{1 + g} \qquad (9)$$

$$PWF = \frac{(1 + r)^N - 1}{r \,.\, (1 + r)^N} \qquad (10)$$

Burada PWF şimdiki değer faktörü, r gerçek faiz oranı, i faiz oranı, g enflasyon oranını ve N ömür süresini göstermektedir. Yalıtım maliyeti ise;

$$C_{yalıtım} = C_y \,.\, x \qquad (11)$$

şeklinde hesaplanır. Burada C_y yalıtım birim fiyatıdır.

Sonuç olarak yalıtılmış bir binanın ömür maliyet analizi metoduna göre toplam ısıtma maliyeti;

$$C_{yalıtım,toplam} = C_{yıl} \,.\, PWF + C_y \,.\, x \qquad (12)$$

veya

$$C_{yalıtım,toplam} = \frac{86400.DG.C_{yakıt}.PWF}{(R_{duvar,toplam} + R_{yalıtım}).Hu.\eta} + C_y \,.\, x \qquad (13)$$

şeklinde hesaplanır. Toplam ısıtma maliyetini minimuma indiren optimum yalıtım kalınlığı;

$$x_{opt} = 293{,}94.\left(\frac{DG.C_{yakıt}.PDF.k}{Hu.C_y.\eta}\right)^{1/2} - k.R_{duvar,toplam} \qquad (14)$$

eşitliğiyle hesaplanır [19].

2.4. Geri ödeme süresi

C_{toplam}, 10 yıllık ömür boyunca yalıtılmamış binanın toplam ısıtma maliyeti olmak üzere, ömür maliyet

alpay kurekci:Sablon 02.11.2012 15:24 Page 10

analiz metoduna göre net tasarruf miktarı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$A_{yıl} = C_{toplam} - C_{yalıtım,toplam} \quad (15)$$

$C_{yıl}^1$ yalıtımsız durumdaki, $C_{yıl}^2$ yalıtımlı durumdaki birim yüzey için ısıtmanın yıllık enerji maliyeti olmak üzere geri ödeme süresi;

$$pp = \frac{C_{yalıtım}}{C_{yıl}^1 - C_{yıl}^2} \quad (16)$$

eşitliğiyle hesaplanır.

3. HESAPLAR VE DEĞERLENDİRME

Binaların dış duvarlarına uygulanan yalıtım kalınlığı arttıkça, binanın ısı kaybı azalmakta dolayısıyla yakıt tüketimi düşmektedir. Yalıtım kalınlığının artması ilk yatırım maliyetini de arttırır. Yalıtım maliyetinin artması, toplam maliyeti etkiler. Bu çalışmada dış duvarlara uygulanacak optimum yalıtım kalınlığı, ısıtma derece gün değerleri göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Çalışmada Türkiye'de ki tüm iller için, iki farklı yakıt türü ve beş farklı yalıtım malzemesi için optimum yalıtım kalınlıkları hesaplanmıştır. Yalıtım kalınlığı hesabında kullanılan yalıtım malzemesine ait özellikler Tablo 3'de gösterilmiştir.

Dış duvarlara yalıtım malzemesi uygulanarak, artan yalıtım kalınlıklarına göre optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Şimdiki değer faktörünün hesaplanmasında kullanılan ömür, faiz ve enflasyon değerleri Tablo 5'de özetlenmiştir.

Tablo 5. Faiz, enflasyon oranları ve zaman [21]

Faiz Oranı (i) %	Enflasyon Oranı (g) %	Zaman (N)
14,5	11,14	10

Tüm illerin grafikleri çizilmiş, bu çalışmada sadece Türkiye'de TS 825'e göre dört DG (Derece Gün) bölgesinden seçilen İzmir, İstanbul, Ankara ve Erzurum için grafikler gösterilmiştir.

İzmir ilinde doğal gaz yakıtı için beş yalıtım malzemesinin, yalıtım malzemesinin kalınlığının değişimi ile yakıt maliyeti, yalıtım maliyeti ve toplam maliyet eğrisi verilmiştir (Şekil 2). Yakıt ve yalıtım maliyetinin toplamından oluşan toplam maliyet, belirli bir değere kadar azalır; bu seviyeden sonra artar. Toplam maliyetin minimum olduğu değer optimum yalıtım kalınlığını verecektir.

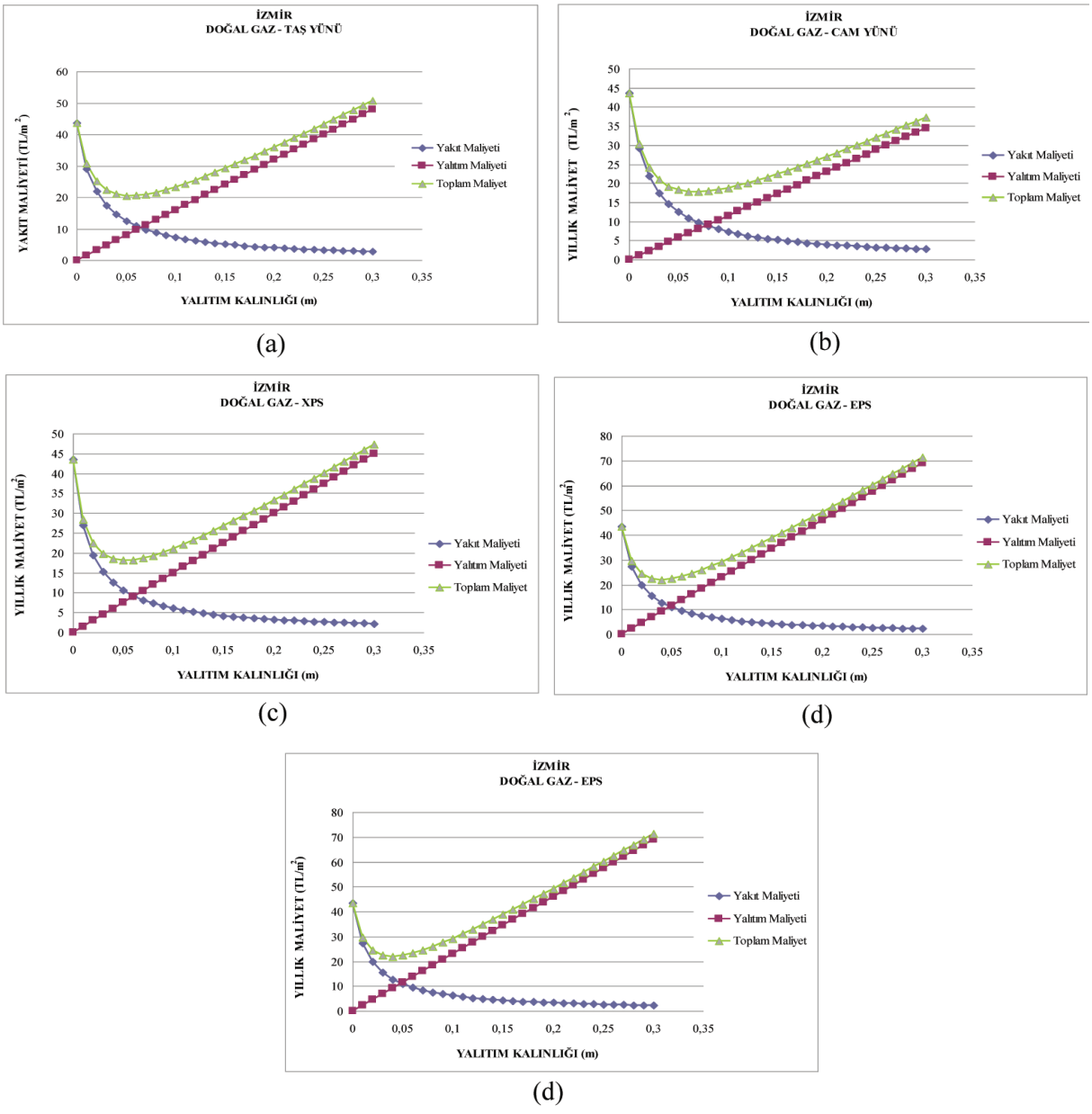
Benzer çalışmalar tekrarlanarak İstanbul, Ankara ve Erzurum illeri için sırasıyla Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'de verilmiştir. Şekillerden görüleceği üzere optimum yalıtım kalınlığı yakıta, yalıtım malzemesine ve iklim koşullarına göre değişiklik göstermektedir. Dört DG bölgesinden seçilen dört ilde (İzmir, İstanbul, Ankara, Erzurum), iki farklı yakıt türü (doğal gaz ve ithal kömür) için optimum kalınlıkta kullanılacak, beş farklı yalıtım malzemesinin (taş yünü, cam yünü, XPS, EPS, Poliüretan) birim yüzey alanındaki tasarruf miktarları Şekil 6'da verilmiştir.

Uygulamada 3-4 cm XPS veya EPS malzeme ile yalıtım yapılmaktadır. Bu durum binalarda hiç yalıtım olmamasına göre toplamda % 40-60 oranında ısı transferini azaltmaktadır. Uygulamada soğuk sıcak bölge fark etmeksizin, her yerde aynı kalınlıkta yalıtım uygulanmaktadır. Yakıt maliyeti ile ilk yatırım maliyetinin toplamı olan toplam maliyet analizi yapılmamaktadır. Toplam maliyetin yalıtım kalınlığı ile değişimi incelendiğinde toplam maliyetin minimum olduğu nokta, yakıta ve yalıtım malzemesine göre en ideal yalıtım kalınlık değeridir. Türkiye'deki 81 il için 5 yalıtım malzemesi ve 2 yakıt türü için bu çalışmalar yapılmış ve tablo halinde verilmiştir. Tablo 6'da doğal gaz yakıtı için 81 ilin 5 yalıtım malzemesi için optimum yalıtım kalınlığı, geri ödeme süresi ve yakıt tasarruf miktarları verilmiştir. Yine Tablo 7'de ithal kömür için 81 ilin 5 yalıtım malzemesi için optimum yalıtım kalınlığı, geri ödeme süresi ve yakıt tasarruf miktarları verilmiştir.

4. SONUÇ

Ülkemizin enerji kaynaklarının sınırlı ve dışa bağımlı olması nedeniyle özellikle enerjinin yoğun olarak tüketildiği ve ısı kayıplarının çok olduğu konut sektöründe enerjinin korunumu ve verimli kullanımı gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

alpay kurekci:Sablon 02.11.2012 15:24 Page 11

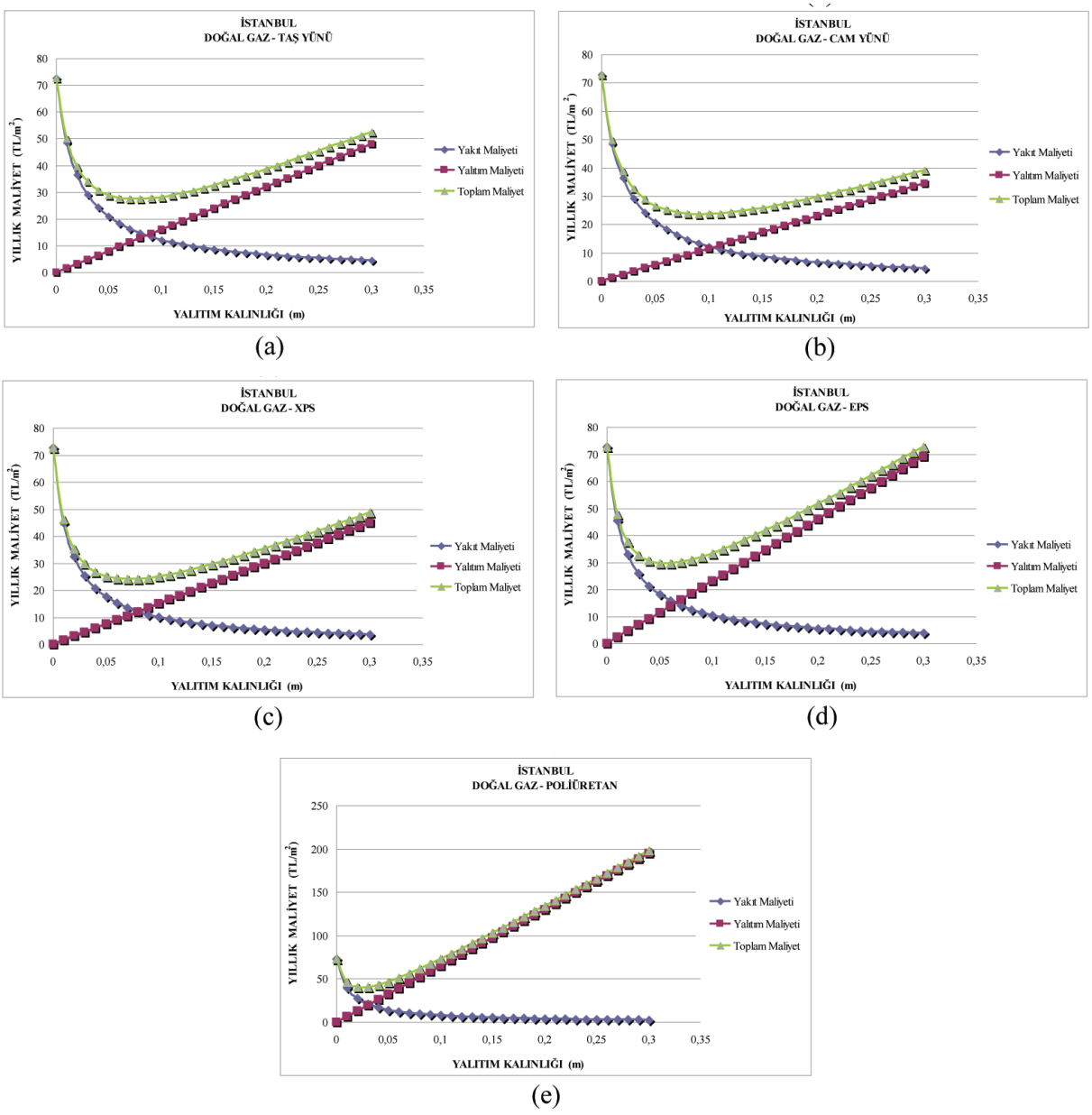


Şekil 2. *İzmir ilinde doğal gaz yakıtı kullanımında a) Taş yünü b) Cam yünü c) XPS d) EPS e) Poliüretan yalıtım malzemeleri için optimum yalıtım kalınlığı*

Bu çalışmada, Türkiye'deki tüm iller için ısıtma sezonunda enerji maliyet-tasarrufları dikkate alınarak optimum yalıtım kalınlığı hesaplanmıştır. Dört iklim bölgesinden seçilen İzmir, İstanbul, Ankara ve Erzurum şehirlerinin verileri tablo ve grafiklerle kıyaslanmıştır. Duvar tipine, yalıtım malzemelerinin ısı iletim katsayılarına ve bölgelerin DG sayılarına bağlı olarak gerekli yalıtım kalınlıkları belirlenmiştir. Hesaplarda ömür maliyet analizi yöntemi kullanılmıştır. Yapılan hesaplarda yakıt maliyeti ile geri ödeme süresinin ters orantılı olduğu görülmüştür.

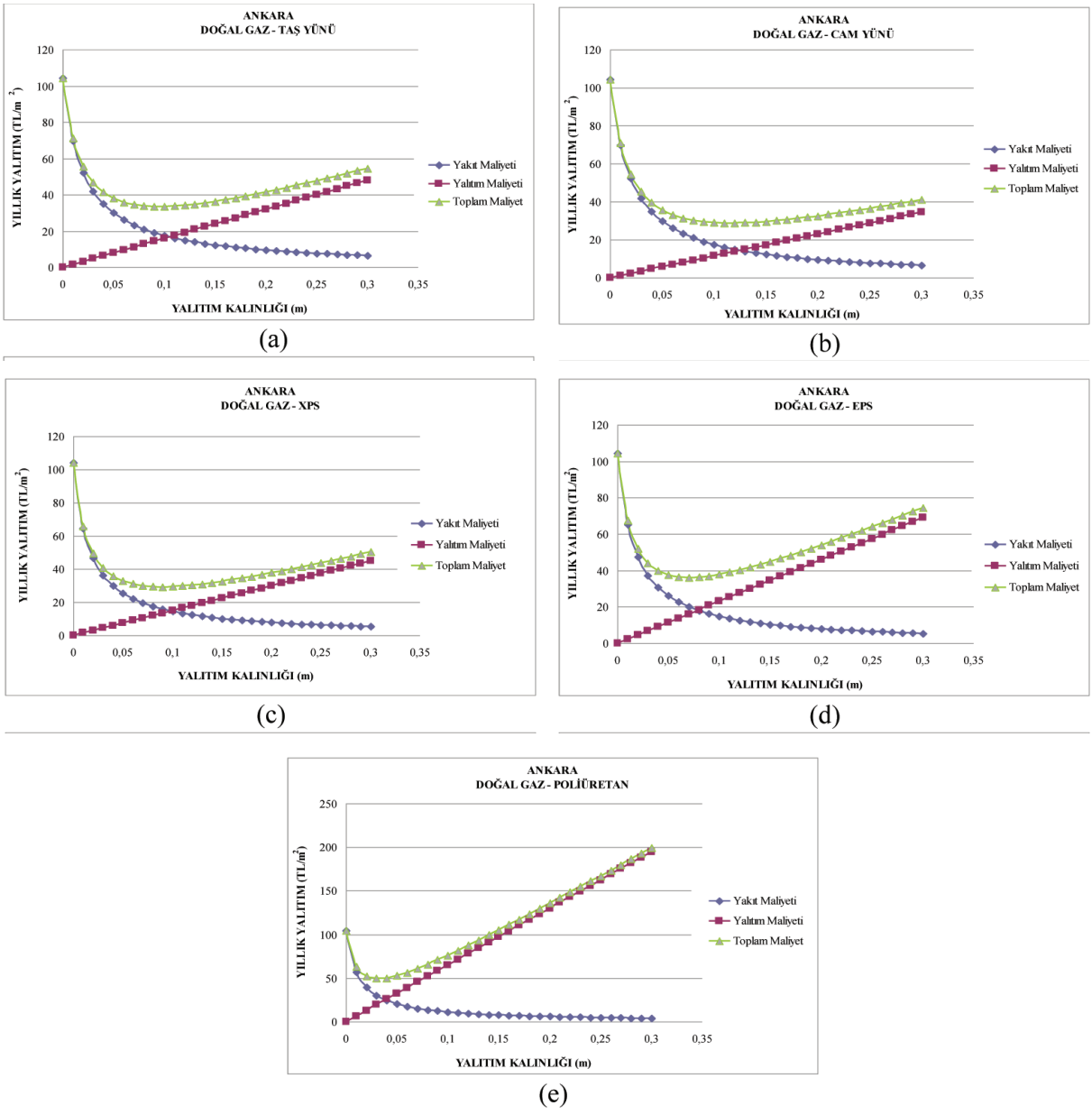
Çalışmada optimum yalıtım kalınlığı taş yünü için 0,04-0,17 m, cam yünü için 0,06-0,20 m, XPS için 0,04-0,16 m, EPS için 0,03-0,13 m ve poliüretan için 0,01-0,06 m arasında değiştiği görülmüştür.

alpay kurekci:Sablon 02.11.2012 15:24 Page 12



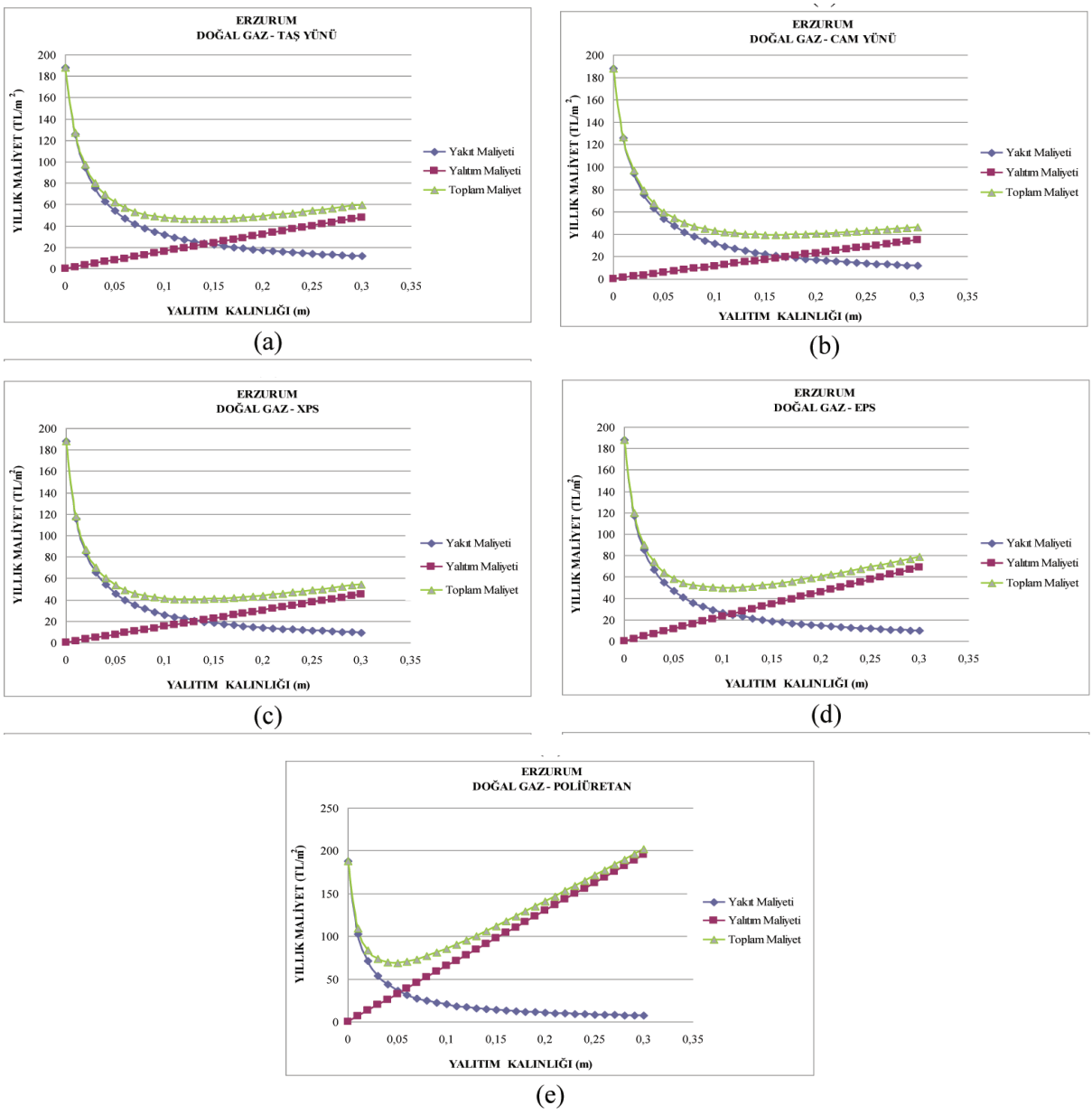
Şekil 3. *İstanbul ilinde doğal gaz yakıtı kullanımında a) Taş yünü b) Cam yünü c) XPS d) EPS e) Poliüretan yalıtım malzemeleri için optimum yalıtım kalınlığı*

alpay kurekci:Sablon 02.11.2012 15:24 Page 13



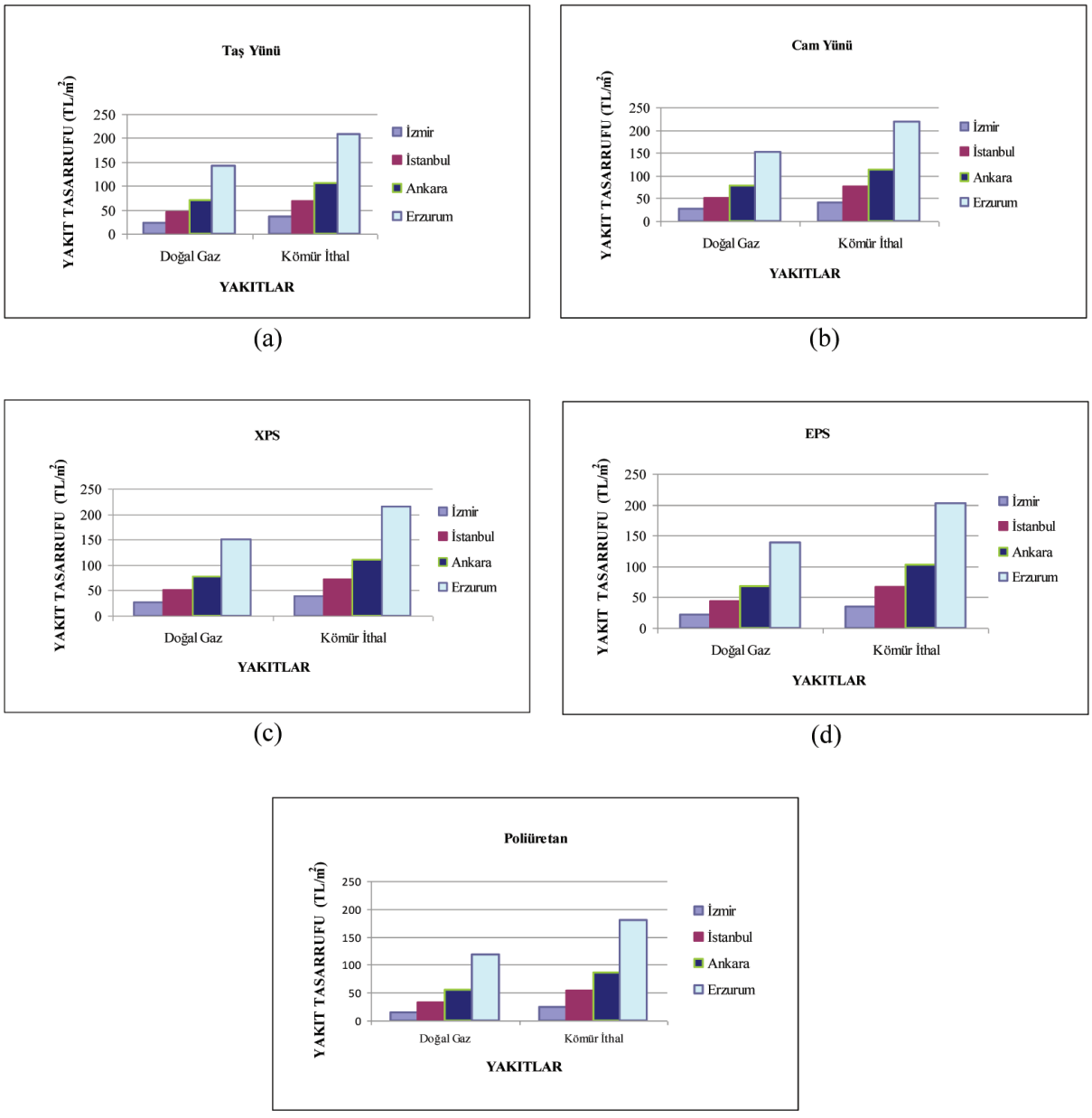
Şekil 4. *Ankara ilinde doğal gaz yakıtı kullanımında a) Taş yünü b) Cam yünü c) XPS d) EPS e) Poliüretan yalıtım malzemeleri için optimum yalıtım kalınlığı*

alpay kurekci:Sablon 02.11.2012 15:24 Page 14



Şekil 5. *Erzurum ilinde doğal gaz yakıtı kullanımında a) Taş yünü b) Cam yünü c) XPS d) EPS e) Poliüretan yalıtım malzemeleri için optimum yalıtım kalınlığı*

alpay kurekci:Sablon 02.11.2012 15:24 Page 15



Şekil 6. *Dört DG Bölgesindeki örnek 4 il için yakıtlara göre yakıt tasarruf miktarları a) Taş yünü b) Cam yünü c) XPS d) EPS e) Poliüretan için*

alpay kurekci:Sablon 02.11.2012 15:24 Page 16

Tablo 6. Tüm İllerin Doğal Gaz Yakıtı İçin Yalıtım Malzeme Çeşitlerine Göre Optimum Yalıtım Kalınlığı (x_{opt}), Geri Ödeme Süresi (pp) ve Net Tasarruf Miktarı ($A_{yıl}$)

DOĞAL GAZ																	
		TAŞ YÜNÜ			CAM YÜNÜ			XPS			EPS			POLİÜRETAN		
İLLER		Xopt (m)	pp (Yıl)	Ayıl (TL/m^2)	Xopt (m)	pp (Yıl)	Ayıl (TL/m^2)	Xopt (m)	pp (Yıl)	Ayıl (TL/m^2)	Xopt (m)	pp (Yıl)	Ayıl (TL/m^2)	Xopt (m)	pp (Yıl)	Ayıl (TL/m^2)
1	ADANA	0,05	2,79	16,29	0,06	2,29	18,61	0,04	1,32	18,29	0,03	2,27	15,03	0,01	3,81	8,93
2	ADIYAMAN	0,07	1,85	40,12	0,09	1,62	43,65	0,07	1,65	43,22	0,05	1,96	38,10	0,02	2,67	28,20
3	AFYON	0,1	1,48	75,78	0,12	1,24	80,61	0,09	1,22	80,02	0,07	1,53	73,01	0,03	2,10	59,10
4	AĞRI	0,13	1,18	128,51	0,15	0,96	134,78	0,12	1,00	134,03	0,10	1,32	68,25	0,04	1,66	106,44
5	AMASYA	0,08	1,57	56,04	0,1	1,36	60,22	0,08	1,42	59,72	0,06	1,73	53,68	0,03	2,69	41,93
6	ANKARA	0,09	1,43	70,89	0,12	1,31	75,57	0,09	1,29	75,02	0,07	1,62	68,25	0,03	2,22	54,91
7	ANTALYA	0,05	2,25	22,10	0,07	2,08	24,74	0,05	1,99	24,44	0,04	2,61	20,63	0,02	4,18	13,32
8	ARTVİN	0,09	1,57	62,99	0,11	1,34	67,40	0,08	1,29	66,83	0,07	1,78	60,44	0,03	2,44	48,01
9	AYDIN	0,06	2,29	25,81	0,07	1,86	28,68	0,06	2,04	28,28	0,04	2,33	24,22	0,02	3,73	16,48
10	BALIKESİR	0,08	1,82	46,82	0,09	1,44	50,63	0,07	1,47	50,16	0,06	2,00	44,64	0,03	3,10	33,70
11	BİLECİK	0,09	1,60	61,97	0,11	1,36	66,34	0,08	1,31	65,79	0,07	1,80	59,43	0,03	2,48	47,12
12	BİNGÖL	0,1	1,47	76,10	0,12	1,23	80,95	0,09	1,22	80,35	0,07	1,52	73,32	0,03	2,09	59,38
13	BİTLİS	0,11	1,37	91,51	0,13	1,13	96,82	0,10	1,14	96,18	0,08	1,46	88,49	0,04	2,22	73,14
14	BOLU	0,1	1,48	75,55	0,12	1,24	80,38	0,09	1,22	79,79	0,07	1,53	72,79	0,03	1,69	58,91
15	BURDUR	0,09	1,63	60,50	0,11	1,38	64,83	0,08	1,33	64,30	0,06	1,63	57,98	0,03	2,53	45,85
16	BURSA	0,08	1,81	47,00	0,09	1,43	50,82	0,07	1,46	50,35	0,06	1,99	44,82	0,03	3,09	33,87
17	ÇANAKKALE	0,07	1,75	42,97	0,09	1,54	46,65	0,07	1,57	46,20	0,05	1,86	40,85	0,02	2,53	30,48
18	ÇANKIRI	0,1	1,46	76,94	0,12	1,22	81,81	0,09	1,21	81,21	0,07	1,51	74,14	0,03	2,07	60,10
19	ÇORUM	0,1	1,41	79,99	0,12	1,18	84,95	0,10	1,28	84,32	0,07	1,46	77,11	0,03	2,01	62,72
20	DENİZLİ	0,07	1,92	38,06	0,09	1,69	41,49	0,07	1,72	41,07	0,05	2,04	36,11	0,02	2,78	26,55
21	DİYARBAKIR	0,08	1,62	53,92	0,1	1,40	58,01	0,08	1,46	57,51	0,06	1,79	51,60	0,03	2,77	40,04
22	EDİRNE	0,08	1,56	56,47	0,1	1,35	60,67	0,08	1,41	60,17	0,06	1,72	54,11	0,03	2,67	42,32
23	ELAZIĞ	0,09	1,44	70,12	0,11	1,22	74,78	0,09	1,30	74,23	0,07	1,63	67,49	0,03	2,24	54,24
24	ERZİNCAN	0,1	1,37	82,88	0,12	1,15	87,92	0,10	1,24	87,31	0,08	1,58	79,97	0,04	2,41	65,24
25	ERZURUM	0,13	1,08	142,15	0,16	0,93	148,75	0,13	0,99	147,94	0,10	1,21	138,38	0,05	1,81	119,07
26	ESKİŞEHİR	0,1	1,37	82,95	0,12	1,15	87,99	0,10	1,24	87,38	0,08	1,58	80,03	0,04	2,41	65,30
27	GAZİANTEP	0,08	1,73	49,78	0,1	1,49	53,70	0,08	1,56	53,20	0,06	1,90	47,54	0,03	2,96	36,34
28	GİRESUN	0,07	1,77	42,24	0,09	1,56	45,88	0,07	1,59	45,44	0,05	1,88	40,15	0,02	2,56	29,90
29	GÜMÜŞHANE	0,11	1,40	88,98	0,13	1,16	94,22	0,10	1,17	93,59	0,08	1,49	86,00	0,04	2,27	70,84
30	HAKKARİ	0,11	1,30	96,75	0,13	1,08	102,19	0,10	1,09	101,52	0,08	1,39	93,62	0,04	2,12	77,90
31	HATAY	0,05	2,18	23,10	0,07	2,01	25,83	0,05	1,92	25,50	0,04	2,53	21,63	0,02	4,05	14,20
32	ISPARTA	0,09	1,47	68,66	0,11	1,25	73,26	0,09	1,33	72,71	0,07	1,66	66,05	0,03	2,28	52,96
33	İÇEL	0,04	2,45	15,70	0,06	2,35	17,97	0,04	2,14	17,68	0,03	2,73	14,48	0,01	3,66	8,54
34	İSTANBUL	0,08	1,86	45,29	0,09	1,47	49,07	0,07	1,50	48,61	0,06	2,05	43,15	0,03	3,18	32,34
35	İZMİR	0,05	2,18	23,07	0,07	2,01	25,80	0,05	1,93	25,47	0,04	2,53	21,60	0,02	4,05	14,17
36	KARS	0,13	1,09	140,29	0,16	0,94	146,85	0,13	1,00	146,03	0,10	1,22	136,54	0,05	1,84	117,34
37	KASTAMONU	0,1	1,34	84,99	0,13	1,20	90,11	0,10	1,21	89,49	0,08	1,55	82,07	0,04	2,36	67,18
38	KAYSERİ	0,1	1,34	85,02	0,13	1,20	90,14	0,10	1,21	89,53	0,08	1,55	82,10	0,04	2,36	67,21
39	KIRKLARELİ	0,09	1,68	58,05	0,1	1,32	62,30	0,08	1,38	61,80	0,06	1,68	55,63	0,03	2,61	43,70
40	KIRŞEHİR	0,1	1,46	76,72	0,12	1,22	81,58	0,09	1,21	80,98	0,07	1,51	73,92	0,03	2,08	59,91

alpay kurekci:Sablon 02.11.2012 15:24 Page 17

Tablo 6'nın Devamı

DOĞAL GAZ																	
		TAŞ YÜNÜ			CAM YÜNÜ			XPS			EPS			POLİÜRETAN		
İLLER		Xopt (m)	pp (Yıl)	Ayıl (TL/m^2)	Xopt (m)	pp (Yıl)	Ayıl (TL/m^2)	Xopt (m)	pp (Yıl)	Ayıl (TL/m^2)	Xopt (m)	pp (Yıl)	Ayıl (TL/m^2)	Xopt (m)	pp (Yıl)	Ayıl (TL/m^2)
41	KOCAELİ	0,07	1,75	42,88	0,09	1,54	46,55	0,07	1,57	46,11	0,05	1,86	40,77	0,02	2,53	30,41
42	KONYA	0,1	1,47	76,04	0,12	1,23	80,88	0,09	1,22	80,28	0,07	1,52	73,26	0,03	2,09	59,33
43	KÜTAHYA	0,1	1,45	77,46	0,12	1,21	82,35	0,09	1,20	81,74	0,07	1,50	74,65	0,03	2,06	60,55
44	MALATYA	0,09	1,55	64,01	0,11	1,32	68,45	0,09	1,40	67,88	0,07	1,76	61,45	0,03	2,41	48,90
45	MANİSA	0,07	2,04	35,28	0,08	1,63	38,61	0,06	1,61	38,18	0,05	2,17	33,42	0,02	2,95	24,31
46	K. MARAŞ	0,07	1,89	38,85	0,09	1,66	42,31	0,07	1,70	41,89	0,05	2,01	36,87	0,02	2,74	27,18
47	MARDİN	0,08	1,74	49,62	0,1	1,50	53,53	0,08	1,56	53,03	0,06	1,91	47,39	0,03	2,96	36,20
48	MUĞLA	0,08	1,85	45,73	0,09	1,46	49,51	0,07	1,49	49,05	0,06	2,04	43,57	0,03	3,16	32,73
49	MUŞ	0,11	1,27	99,82	0,14	1,12	105,34	0,11	1,15	104,67	0,08	1,35	96,63	0,04	2,06	80,69
50	NEVŞEHİR	0,1	1,38	82,43	0,12	1,15	87,46	0,10	1,25	86,84	0,08	1,59	79,52	0,04	2,42	64,82
51	NİĞDE	0,1	1,46	76,68	0,12	1,23	81,55	0,09	1,21	80,94	0,07	1,51	73,89	0,03	2,08	59,88
52	ORDU	0,07	1,74	43,42	0,09	1,52	47,12	0,07	1,55	46,68	0,05	1,84	41,29	0,02	2,51	30,85
53	RİZE	0,07	1,72	43,91	0,09	1,51	47,63	0,07	1,54	47,18	0,06	2,10	41,77	0,02	2,49	31,24
54	SAKARYA	0,07	1,71	44,30	0,09	1,50	48,05	0,07	1,53	47,59	0,06	2,09	42,17	0,02	2,47	31,55
55	SAMSUN	0,07	1,71	44,09	0,09	1,51	47,83	0,07	1,54	47,37	0,06	2,09	41,95	0,02	2,48	31,38
56	SİİRT	0,08	1,78	48,19	0,1	1,53	52,04	0,07	1,43	51,56	0,06	1,95	45,98	0,03	3,03	34,92
57	SİNOP	0,08	1,85	45,73	0,09	1,46	49,51	0,07	1,49	49,05	0,06	2,04	43,57	0,03	3,16	32,73
58	SİVAS	0,11	1,31	95,90	0,13	1,09	101,31	0,10	1,10	100,64	0,08	1,40	92,78	0,04	2,13	77,13
59	TEKİRDAĞ	0,08	1,71	50,49	0,1	1,48	54,44	0,08	1,54	53,94	0,06	1,88	48,24	0,03	2,92	36,98
60	TOKAT	0,09	1,59	62,03	0,11	1,35	66,41	0,08	1,30	65,85	0,07	1,80	59,49	0,03	2,48	47,18
61	TRABZON	0,07	1,82	41,00	0,09	1,59	44,58	0,07	1,63	44,14	0,05	1,93	38,95	0,02	2,63	28,90
62	TUNCELİ	0,1	1,54	72,14	0,12	1,29	76,87	0,09	1,27	76,31	0,07	1,59	69,48	0,03	2,19	55,99
63	ŞANLIURFA	0,07	2,08	34,31	0,08	1,66	37,61	0,06	1,65	37,20	0,05	2,21	32,48	0,02	3,01	23,53
64	UŞAK	0,09	1,58	62,51	0,11	1,35	66,90	0,08	1,30	66,34	0,07	1,79	59,96	0,03	2,46	47,60
65	VAN	0,11	1,30	96,95	0,13	1,08	102,39	0,10	1,09	101,72	0,08	1,39	93,82	0,04	2,11	78,08
66	YOZGAT	0,11	1,32	95,17	0,13	1,10	100,57	0,10	1,10	99,90	0,08	1,41	92,07	0,04	2,15	76,47
67	ZONGULDAK	0,08	1,72	50,12	0,1	1,48	54,05	0,08	1,55	53,55	0,06	1,89	47,88	0,03	2,94	36,65
68	AKSARAY	0,09	1,46	69,26	0,11	1,24	73,89	0,09	1,32	73,34	0,07	1,65	66,64	0,03	2,26	53,49
69	BAYBURT	0,12	1,17	119,31	0,15	1,02	125,36	0,12	1,07	124,61	0,09	1,28	115,85	0,04	1,77	98,24
70	KARAMAN	0,1	1,55	71,56	0,12	1,30	76,27	0,09	1,28	75,72	0,07	1,60	68,91	0,03	2,20	55,49
71	KIRIKKALE	0,09	1,47	68,72	0,11	1,25	73,33	0,09	1,32	72,78	0,07	1,66	66,11	0,03	2,28	53,02
72	BATMAN	0,07	1,72	44,00	0,09	1,51	47,73	0,07	1,54	47,28	0,06	2,10	41,86	0,02	2,48	31,31
73	ŞIRNAK	0,06	2,28	26,10	0,07	1,84	28,98	0,06	2,03	28,59	0,04	2,31	24,49	0,02	3,70	16,73
74	BARTIN	0,08	1,56	56,53	0,1	1,35	60,74	0,08	1,41	60,24	0,06	1,72	54,17	0,03	2,67	42,37
75	ARDAHAN	0,14	1,08	152,69	0,17	0,92	159,51	0,13	0,93	158,69	0,10	1,13	148,75	0,05	1,71	128,80
76	IĞDIR	0,1	1,51	73,70	0,12	1,27	78,48	0,09	1,25	77,90	0,07	1,56	70,99	0,03	2,15	57,32
77	YALOVA	0,08	1,89	44,60	0,09	1,49	48,37	0,07	1,52	47,91	0,06	2,08	42,47	0,02	2,46	31,80
78	KARABÜK	0,08	1,62	54,01	0,1	1,40	58,11	0,08	1,46	57,61	0,06	1,78	51,69	0,03	2,77	40,12
79	KİLİS	0,07	2,01	35,85	0,08	1,61	39,20	0,06	1,59	38,76	0,05	2,14	33,98	0,02	2,91	24,77
80	OSMANİYE	0,05	2,21	22,66	0,07	2,04	25,35	0,05	1,95	25,02	0,04	2,56	21,18	0,02	4,10	13,81

alpay kurekci:Sablon 02.11.2012 15:24 Page 18

Tablo 7. Tüm İllerin İthal Kömür Yakıtı İçin Yalıtım Malzeme Çeşitlerine Göre Optimum Yalıtım Kalınlığı (x_{opt}), Geri Ödeme Süresi (pp) ve Net Tasarruf Miktarı ($A_{yıl}$)

İTHAL KÖMÜR																	
		TAŞ YÜNÜ			CAM YÜNÜ			XPS			EPS			POLİÜRETAN		
İLLER		Xop (m)	pp (Yıl	Ayıl (TL/m^2	Xop (m)	pp (Yıl)	Ayıl (TL/m^2	Xopt (m)	pp (Yıl	Ayıl (TL/m^2)	Xopt (m)	pp (Yıl)	Ayıl (TL/m^2	Xop (m)	pp (Yıl)	Ayıl (TL/m^2
1	ADANA	0,06	2,28	25,99	0,07	1,85	28,86	0,06	2,03	28,47	0,04	2,32	24,39	0,02	3,71	16,63
2	ADIYAMAN	0,09	1,62	60,93	0,11	1,37	65,27	0,08	1,32	64,73	0,07	1,83	58,40	0,03	2,51	46,22
3	AFYON	0,12	1,23	112,50	0,14	1,01	118,36	0,11	1,04	117,65	0,09	1,35	109,13	0,04	1,86	92,12
4	AĞRI	0,15	0,96	188,07	0,19	0,85	195,64	0,14	0,82	194,72	0,12	1,11	102,20	0,05	1,42	161,23
5	AMASYA	0,10	1,35	84,04	0,13	1,22	89,12	0,10	1,23	88,51	0,08	1,56	81,12	0,04	2,38	66,31
6	ANKARA	0,12	1,30	105,47	0,14	1,07	111,18	0,11	1,10	110,49	0,09	1,43	102,20	0,04	1,97	85,82
7	ANTALYA	0,07	2,07	34,54	0,08	1,65	37,86	0,06	1,64	37,43	0,05	2,20	32,71	0,02	3,00	23,72
8	ARTVİN	0,11	1,33	94,06	0,13	1,11	99,43	0,10	1,12	98,77	0,08	1,42	90,99	0,04	2,17	75,46
9	AYDIN	0,07	1,85	40,03	0,09	1,63	43,56	0,07	1,66	43,13	0,05	1,97	38,02	0,02	2,68	28,13
10	BALIKESİR	0,09	1,43	70,66	0,11	1,22	75,34	0,09	1,29	74,79	0,07	1,62	68,03	0,03	2,22	54,71
11	BİLECİK	0,11	1,35	92,59	0,13	1,12	97,93	0,10	1,13	97,27	0,08	1,44	89,54	0,04	2,20	74,12
12	BİNGÖL	0,12	1,23	112,97	0,14	1,01	118,83	0,11	1,04	118,13	0,09	1,34	109,59	0,04	1,86	92,54
13	BİTLİS	0,13	1,13	135,12	0,16	0,97	141,54	0,12	0,96	140,75	0,10	1,26	131,41	0,05	1,90	112,53
14	BOLU	0,12	1,24	112,17	0,14	1,02	118,03	0,11	1,04	117,32	0,09	1,35	108,81	0,04	1,87	91,83
15	BURDUR	0,11	1,38	90,47	0,13	1,14	95,76	0,10	1,15	95,12	0,08	1,47	87,47	0,04	2,24	72,20
16	BURSA	0,09	1,43	70,93	0,12	1,31	75,61	0,09	1,29	75,07	0,07	1,61	68,29	0,03	2,22	54,94
17	ÇANAKKALE	0,09	1,53	65,11	0,11	1,30	69,59	0,09	1,38	69,02	0,07	1,73	62,53	0,03	2,38	49,86
18	ÇANKIRI	0,12	1,22	114,18	0,15	1,06	120,07	0,11	1,03	119,36	0,09	1,33	110,79	0,04	1,84	93,63
19	ÇORUM	0,12	1,18	118,55	0,15	1,03	124,58	0,12	1,07	123,83	0,09	1,29	115,10	0,04	1,78	97,55
20	DENİZLİ	0,09	1,69	57,91	0,10	1,32	62,15	0,08	1,38	61,65	0,06	1,69	55,50	0,03	2,62	43,58
21	DİYARBAKIR	0,10	1,40	80,97	0,12	1,17	85,95	0,10	1,27	85,33	0,08	1,61	78,06	0,03	1,99	63,55
22	EDİRNE	0,10	1,35	84,68	0,13	1,21	89,78	0,10	1,22	89,17	0,08	1,55	81,75	0,04	2,37	66,89
23	ELAZIĞ	0,11	1,22	104,36	0,14	1,08	110,04	0,11	1,11	109,35	0,09	1,44	101,10	0,04	1,99	84,81
24	ERZİNCAN	0,12	1,15	122,70	0,15	1,00	128,85	0,12	1,04	128,10	0,09	1,25	119,19	0,04	1,73	101,27
25	ERZURUM	0,16	0,93	207,57	0,19	0,78	215,51	0,15	0,80	214,55	0,12	1,01	202,99	0,06	1,51	179,51
26	ESKİŞEHİR	0,12	1,14	122,79	0,15	1,00	128,94	0,12	1,04	128,19	0,09	1,25	119,28	0,04	1,73	101,35
27	GAZİANTEP	0,10	1,49	74,95	0,12	1,25	79,76	0,09	1,23	79,17	0,07	1,54	72,20	0,03	2,12	58,39
28	GİRESUN	0,09	1,55	64,04	0,11	1,32	68,49	0,09	1,40	67,92	0,07	1,76	61,48	0,03	2,41	48,93
29	GÜMÜŞHANE	0,13	1,16	131,49	0,16	1,00	137,82	0,12	0,98	137,06	0,10	1,29	127,82	0,05	1,94	109,15
30	HAKKARİ	0,13	1,08	142,60	0,16	0,93	149,22	0,13	0,98	148,41	0,10	1,20	138,83	0,05	1,81	119,49
31	HATAY	0,07	2,01	36,06	0,08	1,60	39,42	0,06	1,59	38,98	0,05	2,13	34,18	0,02	2,90	24,94
32	ISPARTA	0,11	1,24	102,24	0,14	1,10	107,85	0,11	1,13	107,17	0,08	1,33	99,00	0,04	2,02	82,89
33	İÇEL	0,06	2,34	25,09	0,07	1,89	27,93	0,05	1,81	27,55	0,04	2,38	23,54	0,02	3,81	15,89
34	İSTANBUL	0,09	1,47	68,48	0,11	1,25	73,08	0,09	1,33	72,53	0,07	1,66	65,87	0,03	2,28	52,81
35	İZMİR	0,07	2,01	36,02	0,08	1,60	39,38	0,06	1,59	38,93	0,05	2,13	34,14	0,02	2,90	24,91
36	KARS	0,16	0,94	204,91	0,19	0,79	212,80	0,15	0,81	211,85	0,12	1,02	200,36	0,06	1,53	177,02
37	KASTAMONU	0,13	1,20	125,75	0,15	0,98	131,96	0,12	1,02	131,21	0,09	1,23	122,17	0,04	1,69	103,99
38	KAYSERİ	0,13	1,20	125,79	0,15	0,98	132,01	0,12	1,02	131,26	0,09	1,23	122,22	0,04	1,69	104,03
39	KIRKLARELİ	0,10	1,32	86,94	0,13	1,18	92,13	0,10	1,19	91,51	0,08	1,52	84,01	0,04	2,32	68,98
40	KIRŞEHİR	0,12	1,22	113,85	0,14	1,00	119,74	0,11	1,03	119,03	0,09	1,34	110,47	0,04	1,84	93,33

alpay kurekci:Sablon 02.11.2012 15:25 Page 19

Tablo 7'nin Devamı

İTHAL KÖMÜR																	
		TAŞ YÜNÜ			CAM YÜNÜ			XPS			EPS			POLİÜRETAN		
İLLER		Xopt (m)	pp (Yıl	Ayıl (TL/m^2	Xopt (m)	pp (Yıl)	Ayıl (TL/m^2	Xopt (m)	pp (Yıl	Ayıl (TL/m^2)	Xopt (m)	pp (Yıl)	Ayıl (TL/m^2	Xop (m)	pp (Yıl)	Ayıl (TL/m^2
42	KONYA	0,12	1,23	112,87	0,14	1,01	118,74	0,11	1,04	118,03	0,09	1,35	109,50	0,04	1,86	92,46
43	KÜTAHYA	0,12	1,21	114,92	0,15	1,06	120,84	0,11	1,02	120,12	0,09	1,33	111,52	0,04	1,83	94,30
44	MALATYA	0,11	1,32	95,53	0,13	1,09	100,94	0,10	1,10	100,27	0,08	1,41	92,43	0,04	2,14	76,79
45	MANİSA	0,08	1,62	53,89	0,10	1,40	57,99	0,08	1,46	57,49	0,06	1,79	51,58	0,03	2,77	40,01
46	K. MARAŞ	0,09	1,66	59,06	0,11	1,41	63,34	0,08	1,36	62,83	0,06	1,66	56,61	0,03	2,58	44,59
47	MARDİN	0,10	1,49	74,72	0,12	1,25	79,53	0,09	1,24	78,94	0,07	1,55	71,98	0,03	2,12	58,20
48	MUĞLA	0,09	1,46	69,11	0,11	1,24	73,73	0,09	1,32	73,17	0,07	1,65	66,49	0,03	2,27	53,35
49	MUŞ	0,14	1,12	147,01	0,16	0,90	153,71	0,13	0,96	152,91	0,10	1,17	143,17	0,05	1,76	123,56
50	NEVŞEHİR	0,12	1,15	122,05	0,15	1,00	128,18	0,12	1,05	127,43	0,09	1,26	118,55	0,04	1,74	100,69
51	NİĞDE	0,12	1,22	113,80	0,14	1,00	119,69	0,11	1,03	118,98	0,09	1,34	110,42	0,04	1,84	93,29
52	ORDU	0,09	1,52	65,77	0,11	1,29	70,28	0,09	1,37	69,72	0,07	1,72	63,19	0,03	2,36	50,44
53	RİZE	0,09	1,51	66,48	0,11	1,28	71,01	0,09	1,36	70,45	0,07	1,70	63,90	0,03	2,34	51,06
54	SAKARYA	0,09	1,50	67,06	0,11	1,27	71,61	0,09	1,35	71,05	0,07	1,69	64,47	0,03	2,32	51,57
55	SAMSUN	0,09	1,50	66,75	0,11	1,28	71,29	0,09	1,36	70,73	0,07	1,70	64,16	0,03	2,33	51,30
56	SİİRT	0,10	1,53	72,64	0,12	1,28	77,38	0,09	1,27	76,82	0,07	1,58	69,96	0,03	2,17	56,41
57	SİNOP	0,09	1,46	69,11	0,11	1,24	73,73	0,09	1,32	73,17	0,07	1,65	66,49	0,03	2,27	53,35
58	SİVAS	0,13	1,09	141,38	0,16	0,94	147,96	0,13	0,99	147,15	0,10	1,21	137,62	0,05	1,82	118,35
59	TEKİRDAĞ	0,10	1,47	75,99	0,12	1,23	80,83	0,09	1,22	80,23	0,07	1,53	73,21	0,03	2,09	59,28
60	TOKAT	0,11	1,35	92,68	0,13	1,12	98,02	0,10	1,13	97,37	0,08	1,44	89,64	0,04	2,20	74,20
61	TRABZON	0,09	1,59	62,22	0,11	1,35	66,60	0,08	1,30	66,04	0,07	1,80	59,68	0,03	2,47	47,34
62	TUNCELİ	0,12	1,28	107,28	0,14	1,06	113,03	0,11	1,08	112,34	0,09	1,41	103,99	0,04	1,94	87,45
63	ŞANLIURFA	0,08	1,66	52,50	0,10	1,43	56,54	0,08	1,49	56,04	0,06	1,82	50,22	0,03	2,83	38,77
64	UŞAK	0,11	1,34	93,37	0,13	1,11	98,73	0,10	1,12	98,07	0,08	1,43	90,31	0,04	2,18	74,83
65	VAN	0,13	1,08	142,89	0,16	0,93	149,51	0,13	0,98	148,70	0,10	1,20	139,11	0,05	1,81	119,75
66	YOZGAT	0,13	1,09	140,34	0,16	0,94	146,90	0,13	1,00	146,08	0,10	1,22	136,59	0,05	1,84	117,39
67	ZONGULDAK	0,10	1,48	75,44	0,12	1,24	80,27	0,09	1,23	79,68	0,07	1,53	72,69	0,03	2,11	58,82
68	AKSARAY	0,11	1,23	103,12	0,14	1,09	108,76	0,11	1,12	108,07	0,09	1,45	99,86	0,04	2,01	83,69
69	BAYBURT	0,15	1,02	174,93	0,18	0,86	182,24	0,14	0,88	181,36	0,11	1,09	170,73	0,05	1,51	149,23
70	KARAMAN	0,12	1,29	106,45	0,14	1,06	112,18	0,11	1,09	111,49	0,09	1,41	103,17	0,04	1,95	86,69
71	KIRIKKALE	0,11	1,24	102,33	0,14	1,10	107,95	0,11	1,13	107,26	0,08	1,33	99,09	0,04	2,02	82,98
72	BATMAN	0,09	1,50	66,62	0,11	1,28	71,15	0,09	1,36	70,59	0,07	1,70	64,03	0,03	2,34	51,18
73	ŞIRNAK	0,07	1,84	40,45	0,09	1,61	44,00	0,07	1,64	43,57	0,05	1,95	38,43	0,02	2,65	28,47
74	BARTIN	0,10	1,34	84,77	0,13	1,21	89,87	0,10	1,22	89,26	0,08	1,55	81,84	0,04	2,37	66,98
75	ARDAHAN	0,17	0,92	222,58	0,20	0,77	230,82	0,16	0,80	229,82	0,13	1,02	217,82	0,06	1,42	193,55
76	IĞDIR	0,12	1,26	109,52	0,14	1,04	115,32	0,11	1,07	114,62	0,09	1,38	106,20	0,04	1,91	89,45
77	YALOVA	0,09	1,49	67,51	0,11	1,26	72,07	0,09	1,34	71,51	0,07	1,68	64,91	0,03	2,31	51,96
78	KARABÜK	0,10	1,39	81,10	0,12	1,17	86,09	0,10	1,26	85,47	0,08	1,61	78,20	0,03	1,98	63,67
79	KİLİS	0,08	1,60	54,72	0,10	1,38	58,85	0,08	1,44	58,35	0,06	1,76	52,39	0,03	2,74	40,75
80	OSMANİYE	0,07	2,03	35,39	0,08	1,62	38,72	0,06	1,61	38,29	0,05	2,16	33,53	0,02	2,94	24,40
81	DÜZCE	0,10	1,45	77,48	0,12	1,21	82,37	0,09	1,20	81,75	0,07	1,50	74,66	0,03	2,06	60,56

alpay kurekci:Sablon 02.11.2012 15:25 Page 20

Geri ödeme süreleri taş yünü için 0,92-2,79 yıl, cam yünü için 0,77-2,35 yıl, XPS için 0,80-2,14 yıl, EPS için 1,01-2,73 yıl ve poliüretan için 1,42-4,18 yıl arasında değişmiştir.

Tasarruf miktarları taş yünü için 15,70-222,58 TL/m^2, cam yünü için 17,97-230,82 TL/m^2, XPS için 17,68-229,82 TL/m^2, EPS için 14,48-217,82 TL/m^2 ve poliüretan için 8,54-193,55 TL/m^2 arasında olduğu hesaplanmıştır.

Yakıt maliyetlerinin artması, konutlarda yalıtımın önemini belirgin hale getirmiştir. Ayrıca ısınma amaçlı kullanılan enerji miktarını ve dolayısıyla doğaya salınan baca gazı emisyonlarını azaltabilmek için yalıtım yapmak çevreci bir yaklaşımın da gereğidir.

SİMGE LİSTESİ

$A_{yıl}$	Net tasarruf miktarı, (TL/m^2 yıl)
C_{toplam}	Yalıtılmamış binanın toplam ısıtma maliyeti, (TL/m^2 yıl)
C_y	Yalıtım malzemesinin birim fiyatı (TL/m^3)
$C_{yakıt}$	Yakıt birim fiyatı (TL/m^3, TL/kg)
$C_{yalıtım}$	Yalıtım malzemesinin maliyeti, (TL/m^2)
$C_{yalıtım,toplam}$	Yalıtılmış binanın toplam ısıtma maliyeti, (TL/m^2 yıl)
$C_{yıl}$	Birim yüzey için yıllık ısıtma maliyeti, (TL/m^2 yıl)
DG	Derece-gün sayısı, (°C-gün)
ΔT	İç, dış ortam sıcaklık farkı (°C)
$E_{yıl}$	Yıllık enerji ihtiyacı (W/m^2)
EPS	Expanted polistren
g	Enflasyon oranı
Hu	Yakıtın alt ısıl değeri, (kj/kg)
i	Faiz oranı
k	Yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı, (W/mK)
N	Ömür süresi, (yıl)
PWF	Şimdiki değer faktörü
q	Isı kaybı, (W/m^2)
$q_{yıl}$	Yıllık ısı kaybı, (W/m^2)
r	Gerçek faiz oranı
R	Malzemelerin ısıl direnci, (m^{2}K/W)
$R_{dış}$	Dış ısı taşınım direnci, (m^{2}K/W)
R_{duvar}	Duvar katmanlarının ısı yalıtımı olmadan ısı iletim direncini
$R_{duvar,toplam}$	Yalıtımsız duvarın toplam ısıl direnci, (m^{2}K/W)
$R_{iç}$	İç ısı taşınım direnci, (m^{2}K/W)
$R_{yalıtım}$	Yalıtım malzemesinin ısıl direnci, (m^{2}K/W)
U	Toplam ısı geçiş katsayısı, (W/m^{2}K)
x	Yalıtım kalınlığı, (m)
x_{opt}	Optimum yalıtım kalınlığı, (m)
XPS	Ekstrude Polistren
pp	Geri ödeme süresi, (yıl)
η	Yakma sisteminin verimi
1	Yalıtımsız durum
2	Yalıtımlı durum

KAYNAKLAR

[1] Özgür, N., "Enerji Verimliliği ve Suyun Verimli Kullanılması", 2008, Ankara.

[2] Aytaç, A., Aksoy,U.T., "Enerji Tasarrufu İçin Dış Duvarlarda Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Isıtma Maliyeti İlişkisi", Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, cilt 21, 753-758, 2006.

[3] Oğulata, R.G., "Sectoral Energy Consumption in Turkey", Renewable and Sustainable Energy Reviews, cilt 6, 471-480, 2002.

[4] Kaygusuz, K., Kaygusuz, A., "Energy and Sustainable Development Part II: Enviromental İmpacts of Energy Use", Energy Sources, cilt:26, 1071-1082, 2004.

[5] Demirbaş, A., "Energy Balances, Energy Sources, Energy Policy, Future Developments in Turkey", Energy Conversion and Management, cilt 42, 1239-1258, 2001.

[6] TS 825, "Binalarda Isı Yalıtım Kuralları", Türk Standartları Enstitüsü, 1998.

[7] Sisman, N., Kahya, E., Aras, N., Aras, H., "Determination of Optimum Insulation Thicknesses of The External Walls and Roof (Ceiling) for Turkey's Different Degree-Day Regionse", Energy Policy, cilt 35, 5151-5155, 2007.

[8] Bulut, H., Büyükalaca, O. ve Yılmaz, T., "Türkiye için Isıtma ve Soğutma Derece-Gün

alpay kurekci:Sablon 02.11.2012 15:25 Page 21

Bölgeleri", 16. Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 30 Mayıs-2 Haziran 2007, Kayseri.

[9] Bayram, M., Yeşilata, B., "Isıtma ve Soğutma Derece Gün Sayılarının Entegrasyonu", Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Binalarda Enerji Verimliliği Şubesi, www.bep.gov.tr.

[10] Gölcü, M., Dombaycı, A., Abalı, S., "Optimization of Insulation Thickness for External Walls Using Different Energy-Sources", Applied Energy, cilt 83, 921-928, 2006

[11] Gölcü, M., Dombaycı, A., Abalı, S., "Denizli İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkisi ve Sonuçları", Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, cilt 21, 639-644,

[12] Çomaklı, K., Yüksel, B., "Optimum Insulation thickness of External Walls for Energy Saving", Applied Thermal Engineering, cilt 23, 473-479, 2003.

[13] Bolattürk, A., "Determination of Optimum Insulation Thickness for Building Walls with Respect to Various Fuels and Climate Zones in Turkey", Applied Thermal Engineering, cilt 26, 1301-1309, 2006

[14] Bolattürk, A., "Optimum Insulation Thickness for Building Walls with Respect to Cooling and Heating Degree-Hours in the Warmest Zone of Turkey", Building and Environment, cilt 43, 1055-1064, 2008

[15] Kaynaklı, O., "A Study on Residential Heating Energy Requirement and Optimum Insulation Thickness", Renewable Energy, cilt 33, 1164-1172, 2008

[16] Özel, M., Pıhtılı, K., "Determination of Optimum Insulation Thickness by Using Heating and Cooling Degree-Day Values", Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, cilt 26, 191-197,2008

[17] Uçar, A. ve Balo, F., "Effect of Fuel Type on the Optimum Thickness of Selected Insulation Materials for the Four Different Climatic Regions of Turkey", Applied Energy, cilt:86, 730-736, 2009.

[18] Gürel, A., Daşdemir, A., "Türkiye'nin Dört Farklı İklim Bölgesinde Isıtma ve Soğutma Yükleri İçin Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Belirlenmesi", Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, cilt 27, 346-352, 2011.

[19] Hasan, A., "Optimizing Insulation Thickness for Buildings Using Life Cycle Cost", Applied Energy, cilt 63, 115-124, 1999

[20] Yakıtların Fiyat Kıyas Listesi, Nisan 2012, www.igdas.com.tr.

[21] Faiz ve Enflasyon Oranları, www.tuik.gov.tr