

Türkiye’deki İklim Bölgelerine Göre Binalarda Isı Yalıtım Uygulamaları

Ümit ÜNVER¹ , Eren ADIGÜZEL² , Enes ADIGÜZEL³ , Süleyman ÇİVİ⁴ , Khandan ROSHANAËİ⁵ 

¹Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Yalova, 77200, Türkiye

^{2,3,4}Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Yalova, 77200, Türkiye

⁵Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Karabük, 78050, Türkiye

Derleme Makalesi, Geliş Tarihi: 04.10.2020, Kabul Tarihi: 23.11.2020

Özet

Bu çalışmada binalarda ısı yalıtımı hakkında ayrıntılı bir literatür taraması verilmiştir. Binalarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri, uygulama yöntemleri tanıtılmıştır. Isı yalıtım hesaplamalarında kullanılan “Derece-Gün”, “Termoekonomik Optimizasyon” ve “TS 825 Standardı” metotları hakkında karşılaştırmalı bilgiler verilmiştir. Çalışmada Türkiye’nin farklı coğrafi konumlarında, binalarda ısı yalıtımını ve bina duvarlarında değişen koşullara göre EPS, XPS, taş yünü, cam yünü vb. yalıtım malzemelerinden hangilerinin kullanılacağını, kullanılacak malzemenin optimum kalınlık ve geri ödeme sürelerini inceleyen çalışmalar derlenerek tablolar halinde sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Binalarda enerji verimliliği, Binalarda ısı yalıtımı, Isı yalıtım uygulamaları, Enerji verimliliği

Application of Thermal Insulation in Buildings by Climate Zones in Turkey

Abstract

In this study, a detailed literature review about thermal insulation in buildings is given. Thermal insulation materials used in buildings and their application methods are introduced. Comparative information has been compiled on the "Degree-Day", "Thermoeconomic Optimization" and "TS 825 Standard" methods those are used in thermal insulation calculations. In the paper, the studies examining, which insulation materials to use (EPS, XPS, rock wool, glass wool etc.) in buildings envelop, depending on the changing conditions are compiled and presented in tables. The literature review was performed for different geographic locations of Turkey.

Keywords: Energy efficiency in buildings, Thermal insulation in buildings, Thermal insulation applications, Energy efficiency.

¹Sorumlu yazar umit.unver@yalova.edu.tr, ²erena1653@gmail.com, ³enesa3453@gmail.com, ⁴suleymancivi094@gmail.com,

⁵khandan.roshanaei@gmail.com

1. GİRİŞ

Günümüzde gerek küresel ısınmayla ilgili problemler (Al-Sanea, 2002), gerekse enerji temininin ekonomi üzerindeki yükü (Dombaycı vd., 2017) gibi birçok nedenden dolayı enerji verimliliği çalışmaları hayati öneme sahiptir. Enerji verimliliği çalışmalarıyla toplam karbon ayak izi düşürülemezse, gelecek nesillere ne insani yaşam standartlarına sahip bir ülke, ne de içinde yaşanılabilir bir dünya bırakmamız mümkündür. Sürdürülebilir bir dünya için enerji verimliliği çalışmalarının, en yüksek enerji tüketen sektörden başlaması tavsiye edilmektedir. Bu sektör de çöl ikliminden (Al-Sanea vd., 2012) ılıman iklime kadar (Arena ve De Rosa, 2003) farklı iklimlere sahip Dünya'nın birçok bölgesinde bina sektörü olarak belirlenmiştir. Literatürde, toplam enerji kullanımı içerisinde binaların payının Avrupa'da %40 (De Alegría Mancisidor vd., 2009), İngiltere'de %50 (Arena ve De Rosa, 2003), Filistin'de %60 dan fazlası olduğu belirtilmektedir. CO₂ salımında toplam emisyonun %70 inin insani aktivitelerden (UNEP, 2009), Avrupa birliği ülkelerinde salımının %40 daha fazlasının ise bina sektöründen (Dimoudi ve Tompa, 2008; Cabeza, 2010) kaynaklandığı belirtilmektedir. Bu yüzden Avrupa birliği mevzuatına "20-20-20" direktifi eklenmiş ve %20 enerji verimliliği ve %20 CO₂ emisyonlarının azaltılması talimatı verilmiştir (Rodríguez-Soria, 2015).

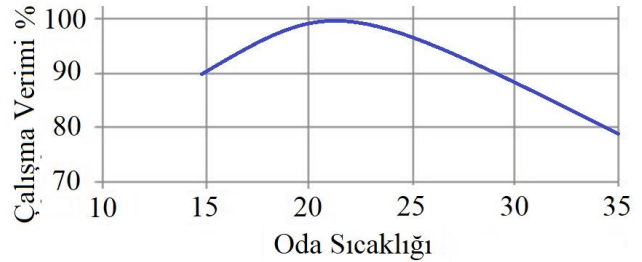
Ülkemizde de enerjinin büyük bir kısmı binalarda tüketilmektedir ve bu enerjinin %80'i ısıtma soğutma amaçlı kullanılmaktadır (Gürel ve Cingiz, 2011). Enerjinin en çok tüketildiği sektörde (bina sektörü) en fazla enerji iklimlendirme amaçlı kullanıldığından, yalıtımla enerji verimliliğinde yapılacak olan en küçük iyileştirmenin toplam enerji verimliliği ve toplam karbon ayak izi üzerindeki yaygın etkisinin önemli olacağı belirtilmektedir (Gölcü vd., 2006). Bu yüzden, bu çalışmada binalarda yalıtım konusu ele alınmıştır.

Isı yalıtımı, uygun şekilde uygulandığında ısı akış hızını yavaşlatan malzeme veya malzemeler kombinasyonudur. Yalıtım malzemeleri, yüksek ısı direnci nedeniyle binaya giren veya binadan çıkan ısı akışını engeller veya azaltır (ASHRAE, 2001). Özellikle zorlu iklim koşullarına sahip bölgelerde bulunan binalarda, enerji verimliliğini artırma yönünde önemli katkı sağlar (Al-Sanea, 2012; Al-Homoud, 2001). Isı yalıtımında belirlenen en ekonomik yalıtım kalınlığı, toplam maliyetin minimum noktasına karşılık gelen kalınlıktır (optimum yalıtım kalınlığı) (Gürel ve Cingiz, 2011). Bununla birlikte, Türkiye'de her iklim koşulunda uygulanacak yalıtım kalınlıkları TS 825 Standardında

belirtilmektedir. TS 825 (2008) Standardının amacı, binaların iklimlendirme için harcadıkları enerjide tasarruf sağlamak ve gerekli enerjinin hesaplanması konusunda kullanılacak olan standart hesap metodunu ve değerlerini tarif etmektir.

Binalarda iklimlendirme, ısı konforu sağlamak amacıyla yapılır. Isıl konfor, kişinin bulunduğu çevreyle ilgili bir sorunu-şikâyeti olmaması hali veya insanın sıhhatli ve üretken olabileceği ısı parametrelerin sağlanması olarak açıklanabilir (İşbilir, 2009). Isıl konforu tahmin etmek için ısı ortam hakkında doğru bilgiye ihtiyaç vardır. Sıcaklık, hız ve nem kabaca ısı ortamı temsil edebilir (Kaynaklı vd., 2003). Aynı mekânda bulunan insanlar aynı derecede memnuniyete sahip değildir. Çünkü ısı konforu, öznel bir değerlendirme olup hisler ve duygulara dayanmaktadır (Kaynaklı vd., 2003). Isıl konforun 6 parametreye sahiptir. Bunlar çevresel ve kişisel parametreler olarak ikiye ayrılır. Havanın sıcaklığı, izafi nemi, hızı ve ortalama ışınım sıcaklığı çevresel parametrelerdir ve kişinin hareketlilik düzeyi ve giysi direnci kişisel parametrelerdir (Kaynaklı vd., 2002). Kapalı alanda bulunan kişilerin ruh hallerinin iyi ve çalışma kapasitelerinin maksimum olmasını sağlayan şartlara "konfor aralığı" denir (Al-Sanea vd., 2012). Kabul edilebilir oda hava sıcaklığı yaz aylarında 21-22 °C, kış aylarında ise 20-21 °C'dir (İşbilir, 2009). Oda sıcaklığının çalışma verimine etkisi diyagram Şekil 1.'de verilmiştir (Seppanen, 2006).

Konfor aralığı; odada bulunan havanın sıcaklığı, çevredeki yüzeylerinin sıcaklığı (Öztürk, 2011; Mcquiston, 2000), havadaki nemi ve hava hızı ile karakterize edilmektedir. Konfor aralığının sağlanmasındaki önemli parametrelerden biri iç yüzey sıcaklığıdır. Tablo 1'de çeşitli konfor durumları için iç ortam sıcaklığı ile iç yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki görülmektedir (Usta, 2009).



Şekil 1. Sıcaklığın çalışma verimine etkisi (Seppanen, 2006)

Tablo 1. İç ortam (Ti) ve İç yüzey (Ty) sıcaklıkları arasındaki farka göre konfor şartları (Usta, 2009)

Ti-Ty	Konfor Durumu
2	Çok konforlu
3	Konforlu
4	Az konforlu
6	Konforsuz
8,5	Soğuk
>8,5	Çok soğuk

İç ortam sıcaklığı ile iç yüzey sıcaklığı farkının 2-3 °C olması, konfor hissiyatı oluşturmaktadır. İç ortam sıcaklığı ile iç yüzey sıcaklığı farkının 6 °C'nin üzerinde olması durumunda konfor hissiyatından söz edilememektedir. Binalarda yeterli yalıtım yapılmazsa ısı konfor sağlanamamakta, bu da harcanan yakıtın yalnızca binayı değil atmosferi de ısıtmasına ve gereğinden fazla yakıt harcanmasına neden olmakta, binanın kullanım maliyetini yükseltirken, aynı zamanda yakıtların atmosfere saldıkları, sağlığı tehdit eden gazlarla, çevrede oluşacak kirlilikte artışa neden olmaktadır (Sezer, 2005).

2. UYGULAMA YERİNE GÖRE YALITIM ÇEŞİTLERİ

İzolasyon malzemeleri ısı akışına engel olduğu için, binalarda doğru izolasyon ile önemli ölçüde maliyet tasarrufu sağlanabilir. Bina bölümlerinde uygulanabilecek yalıtım çeşitleri ve bazı önemli uygulama esasları aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

2.1. Döşemelerde ısı yalıtımı

Toprak zeminle temas halindeki döşemelerde, asmolen tavan, ara bölgede bulunan döşemelerde ve döşemelerde ısıtılamayan hacim üstü bölgelere uygulanan ısı yalıtım çeşididir. Dikkat edilmesi gereken hususlar döşemede beton yüzeyinin düzgün ve temiz olması, toz ve atıklardan arındırılmasıdır. Isı yalıtımı için seçilecek olan yalıtım malzemesinin yeterli düzeyde bası gerilmesine karşı dirence sahip olması gerekmektedir (TCCŞB, 2015).

2.2. Dış duvarda ısı yalıtımı

Binanın dış duvarlarındaki dış veyahut iç bölgelerden ısı yalıtımının gerçekleştirilmesidir. Yalıtım levhaları arasında boşluk kalmamasına önem gösterilmelidir. Yaz aylarında yalıtımlı duvar iç yüzey sıcaklığı ile yalıtımsız duvar iç yüzey sıcaklığı arasında 17-18 °C civarı bir fark meydana gelmektedir (Çengel, 1998; Incropera, 2001).

Tablo 2. Binalarda ısı kayıp yerleri ve oranları (Aşkadar, 2005, Altınışık, 2006)

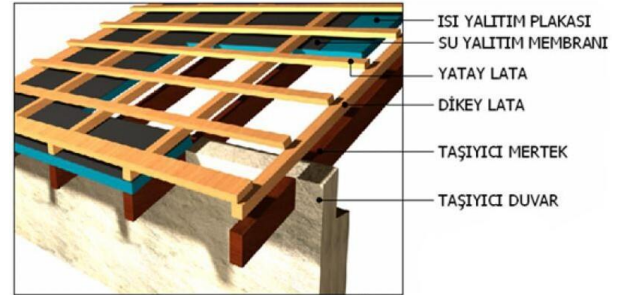
	Çok Katlı Bina	Tek Katlı Bina
Dış Duvar	40%	25%
Pencere	30%	20%
Çatı	7%	22%
Bodrum	6%	20%
Döşemesi		
Hava Kaçığı	17%	13%

2.3. Tavan arası yalıtım

Çatılarda kullanılan ısı yalıtım malzemeleri üç farklı şekilde uygulanabilir; mertek arasına, mertek üzerine, mertek altına.

2.4. Pencerelerde ısı yalıtımı

Düz cam üniteleri, artık yerlerini çift veya üçlü cam ünitelerine sahip olan ısı-güneş kontrol kaplamalı ve ısı kontrol kaplamalı ünitelere devretmektedir. Isı-güneş kontrol kaplamalı olan cam ünitelerin kullanımı sayesinde pencerelerde oluşacak ısı kaybı, standart çift camlı ünitelerle kıyaslandığında önemli oranda azalma sağlamaktadır.



Şekil 2. Mertek arasına, mertek altına, mertek üzerine yalıtım

Binalarda meydana gelen ısı kayıpları dış duvar, pencere, çatı, bodrum döşemesi ve hava kaçağı olmak üzere 5 yerde incelenebilir. Binaların farklı yerlerinde meydana gelen ısı kayıplarının oranları, binaların çok katlı veya tek katlı olmasına göre farklılık gösterebilir (Kürekçi, 2016; Yıldız vd., 2008).

3. ISI YALITIMINDA KULLANILAN MALZEME ÇEŞİTLERİ

Yalıtımda kullanılacak yerlere göre birçok malzeme çeşidi mevcuttur (TS 7316 EN 13163/AC, 2009; TS 901-1 EN13162, 2005). Yalıtım malzemeleri inorganik, organik, kombine ve yeni teknoloji maddeleri olmak üzere 4 farklı sınıfta sınıflandırılır (Papadopoulos, 2005). Malzemeyi ısı yalıtımında kullanılabilen bir malzeme olarak tanımlayabilmek için, CEN Standardı veya ISO Standardı esas alınarak, ısı iletkenlik katsayısının 0,065 W/m.K 'den küçük olması gerekir (Şimşek, 2019; Özer, 2006). Isı yalıtım malzemeleri, ısı depolama alanı değildir (Al-Sanea, 2011). Yalıtımda kullanılacak olan malzemenin sahip olduğu ısı iletkenlik katsayı değeri ile malzemenin ısı geçişine karşı gösterdiği direnç ters orantılıdır. Isı yalıtım malzemelerinde uygulandıkları alanlara göre farklı özellikler aranmaktadır. Bunlar malzemenin yoğunluğu, ısı iletkenlik katsayısı, yangın sınıfı, mekanik dayanımı, sıcaklık dayanımı, su emme kapasitesi, buhar difüzyon direnci ve boyutsal kararlılıktır (Şimşek, 2019; Şimşek, 2019; Özer, 2006). Tablo 3'de İşbilir (2009) ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından verilen ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik katsayıları karşılaştırılmıştır.

Tablo 3'te verilen cam yünü ve ahşap yünü ısı iletim katsayısı, iki kaynakta da farklılıklar göstermektedir. Taş yünü, EPS, XPS malzemelerinin ısı iletkenlik katsayıları ise uyum içerisindedir. Tablo 4'de bazı ısı yalıtım malzemelerinin çeşitli parametreler yardımı ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Su buharı difüzyon direnç katsayısı düşük olan malzemeler (cam yünü, taş yünü) su buharının ve nemin dışarı çıkışına karşı herhangi bir direnç göstermezler. Su buharı difüzyon direnç katsayısı yüksek olan XPS malzemesi ise nemin dışarı çıkmasına izin verir ancak taş yünü ve cam yününe göre daha fazla direnç gösterir. Isı iletkenlik katsayısına bakıldığında XPS malzemesinin yalıtım için cam yünü ve taş yünü malzemelere göre daha avantajlı olduğu görülmektedir buna karşı XPS'nin sıcaklık dayanımı taş yününe göre daha azdır.

Tablo 3. Günümüzde en sık tercih edilen ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik katsayıları

Malzemeler	Isı İletkenlik Katsayısı (İşbilir, 2009; Özenç, 2007)	Isı İletkenlik Katsayısı (TCÇŞB, 2015)
Cam Yünü	0,004	0,035-0,050
Taş Yünü	0,04	0,05-0,050
EPS	0,04	0,035-0,040
XPS	0,028-0,031	0,030-0,040
Ahşap yünü	0,09-0,15	0,035-0,076

Tablo 4. Isı yalıtım malzemelerinin çeşitli parametreler ile karşılaştırılması

	Cam Yünü (Özer, 2006)	Taş Yünü (Özenç, 2007)	XPS (RG, 2008)	Cam Köpüğü (Uzun, 2013)
Yoğunluk (kg/m ³)	14-100	30-150	25-48	100-200
Isı İletkenlik Değeri (W/m.K)	0,04	0,04	0,03	0,052
Sıcaklık Dayanımı (°C)	-50/+250	650-1000	-50/+75	-260/+430
Su Buharı Difüzyon Direnç Katsayısı (μ)	1	1	80-225	10000

Tablo 5. Isı yalıtım malzemelerinin farklı bina yapıda kullanımı (Şimşek, 2019)

Yapı Bölmesi	XPS	EPS	Taş yünü	Cam yünü	Gaz beton
Bodrum Kat Tabanı	Basınç Dayanımı Açısından En Uygun ve En Fazla Tercih Edilen Malzeme	Yeterli Basınç Dayanımı Sağlamıyor	Yeterli Basınç Dayanımı Sağlamıyor. Ekonomik Değil.	Tercih Edilmiyor Yeterli Basınç Dayanımı Sağlamıyor	Tercih Edilmiyor Fazla Alan Kaybına Neden Olur Ekonomik Değil.
Teras Çatılar	Yaygın Olarak Tercih Edilen Malzeme	Üzerinde Gezinilmeyen Çatılarda Kullanımı Uygun. (Basınç Dayanımı Düşük Malzeme)	Suya Karşı Korunmalı Gezinilmeyen Teras Çatılar İçin Daha Uygun	Suya Karşı Korunmalı. Gezinilmeyen Teras Çatılar İçin Daha Uygun	Tercih Edilmemekte
Döşemeler	Uygun	Yeterli Basınç Dayanımı Sağlamıyor. Ezilebilir.	Yeterli Basınç Dayanımı Sağlamıyor Aşşap Elemanlar İle Ezilmesi Engellenmeli Ekonomik Değil	Yeterli Basınç Dayanımı Sağlamıyor. Aşşap Elemanlar İle Ezilmesi Engellenmeli Ekonomik Değil	Uygun Değil
Cepheler (28.50 M'nin Altında)	Yangın Yönetmeliğine Göre Uygun Değil	Yangın Yönetmeliğine Göre B1 Sınıfına Sahip Sertifikası Olan EPS'nin Kullanımı Uygunudur.	Uygun	Uygun	Uygun
Cepheler (28.50 Üzerinde)	Yangın Yönetmeliğine Göre Uygun Değil	Yangın Yönetmeliğine Göre Uygun Değil	Uygun	Uygun	Uygun
Zemin Kotu Üzerindeki 1.5 M Mesafe	Yangın Yönetmeliğine Göre Uygun Değil	Yangın Yönetmeliğine Göre Uygun Değil	Uygun	Uygun	Uygun
Bina Yüksekliği 6.50 M'den Fazla Olan Binalarda Pencere ve Benzeri Boşluklarının Yan Kenarları	Yangın Yönetmeliğine Göre Uygun Değil	Yangın Yönetmeliğine Göre Uygun Değil	Uygun	Uygun	Uygun
Eğimli Çatılar	Uygun	Uygun	Yangın yalıtımı sağladığı için tercih edilmekte Suya karşı korunmalı	Yangın yalıtımı sağladığı için tercih edilmekte Suya karşı korunmalı	Tercih edilmemekte
Farklı Yüksekliğe Sahip Bitişik Nizamdaki Yapılarda, Alçak Binanın Çatı Hızasındaki Yüksek Bina Katının Dış Cephe Kaplaması	Yangın Yönetmeliğine Göre Uygun Değil	Yangın Yönetmeliğine Göre Uygun Değil	Uygun	Uygun	Uygun

4. ISI YALITIMININ HESAPLANMA METOTLARI

Isı yalıtımının hesaplanması için en sık kullanılan üç yöntem;

- i. Derece-gün (ömür-maliyet optimizasyonu),
- ii. Termoeconomik optimizasyon,
- iii. TS 825 Standardıdır.

- Isı yalıtımının yanında ses ve yangın yalıtımlarının da gerekli olup olmadığı,
- Kullanılacak yalıtım malzemesinin bulunduğu ortam koşullarındaki ömrü,
- Bina yalıtımıyla ilgili prosedürlere/yönetmeliklere uygunluğudur.
- Binalarda ısı yalıtımı hesaplanırken bu parametreler de dikkate alınırsa enerji verimliliği en iyi şekilde sağlanmış olur.

5. TÜRKİYE'DE ÇEŞİTLİ İLLERDE GERÇEKLEŞTİRİLEN ISI YALITIM ÇALIŞMALARI

Tablo 6'da Türkiye'nin bütün iklim bölgeleri için gerçekleştirilmiş, farklı yakıt türleri için hesaplanan optimum yalıtım kalınlığını inceleyen çalışmaların sonuçları sunulmuştur. Değerlendirilen çalışmalar arasında en düşük yalıtım kalınlığı 0,0022 m XPS malzemesi ile kömür kullanımı durumunda Aydın için, en yüksek yalıtım kalınlığı ise 0,314 m EPS malzemesi ile LPG kullanımı durumunda Sivas için tespit edilmiştir. Tablo 6, hesaplama yapılan her bir il için kıyaslama yapılabilmesi için mümkün olduğu kadar alternatifli olarak verilmiştir. Örneğin (Uçar ve Balo, 2009) Aydın için optimum izolasyon kalınlığı 0,0022 m = 2,2 mm olarak, Bolattürk, (2006) de 0,041 m = 41 mm ve Fertelli (2013) te de 0,035 m = 35 mm olarak verilmektedir. Burada Fertelli (2013) ve Bolattürk (2006) arasında %150 ye yakın fark bulunmaktadır. Bununla birlikte kıyaslanabilir büyüklüklerdir. Ancak (Uçar ve Balo, 2009) nolu referansta verilen 2,2 mm'lik polistren plaka kalınlığı ne piyasa şartlarını yansıtan gerçekçi ne de mühendislik açısından anlamlı bir ölçüdür. Bu çalışmada bahsedilen yalıtım kalınlığını uygulamadan önce diğer kaynaklara başvurmakta fayda vardır.

Aydın için yapılan çalışmalarda meydana gelen farkın en önemli sebeplerinden biri, optimum yalıtım kalınlığı hesaplanırken, bölgenin Derece Gün sayısı, yakıt fiyatı, yalıtım malzemesinin fiyatı ve yakıtın alt ısı değerlerinin göz önüne alınmış olmasıdır.

Literatür araştırmasında örnek alınan makalelerde, ısı kaybı hesaplarında kullanılan derece gün sayısı, iç ortam sıcaklığının 15 °C den itibaren 24 °C ye kadar farklı sıcaklıklar kullanılmasıyla değişmektedir. DG hesaplanırken dış ortam sıcaklığı da sonucu değiştirmektedir. Benzer şekilde yakıt ve hammaddesi ithal edilen polistren yalıtım malzemesinin maliyeti de hem dünyadaki petrol fiyatlarına hem de Türkiye'deki döviz kuruna bağlı olarak değişmektedir. Yakıtın alt ısı

değeri kömür haricindeki diğer yakıtlar için yaklaşık kabul edilmektedir. Ancak yerli ve ithal kömür arasında yakıtın alt ısı değeri açısından önemli ölçüde fark bulunmaktadır. Tablo 6 de ele alınan makalelerde gözlenen bu değişiklikler sonuca ciddi oranda tesir etmektedir. Bu yüzden de literatürde yer alan bilgilerin alternatifli olarak incelenmesi ve mümkünse bu makalede olduğu gibi detaylı literatür taramalarından kıyaslamalı olarak ele alınmasının daha doğru olduğu değerlendirilmektedir.

Tablo 6'da dikkati çeken bir başka önemli nokta: bütün çalışmalarda elde edilen yalıtım kalınlığı değerleri birbirleriyle farklılıklar gösterse de, yakıtı göre optimum yalıtım kalınlığı sıralaması aynıdır. Diğer bir deyişle, bütün çalışmalar en kalın yalıtımın LPG, daha sonra sırasıyla elektrik, fuel-oil, doğalgaz ve yerli kömür için gerekli olduğu konusunda birbirini tasdik etmektedir. Tablo 7'de yalıtımın geri ödeme süreleri verilmiştir. Burada sunulan sonuçlar, optimum yalıtım kalınlığı analizinde elde edilen sonuçlara paralel olarak en kısa geri ödeme süresinin LPG kullanılan durumda ve en uzun geri ödeme süresinin yerli kömür kullanıldığı durumda sağlandığı tespit edilmektedir.

Farklı yakıt türlerinin incelendiği çalışmalarda genellikle ısıtma DG durumu dikkate alınmıştır. Bunun doğal bir sonucu olarak soğuk iklimlerin geri ödeme süreleri sıcak iklimdeki illere göre daha kısa olmaktadır. Geri ödeme süresi en kısa olan durum, doğal gaz kullanım durumunda Erzurum'da cam yünü ile yapılan yalıtımda 0,07 yıl olarak belirlenmiştir (Tolun, 2010). Bu süre yaklaşık 26 güne denk gelmektedir. Bu sonuca göre Erzurum'da yapılacak olan yalıtım yatırımı, yalıtılacak mahallin ısıtılması için gereken 1 aylık yakıt masrafindan kısa olmaktadır. Tolun (2010) a göre, taş yünü ve EPS ile yapılan yalıtımların geri ödeme süreleri de sırasıyla 36 ve 72 gün olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar mantıklı ve anlamlı değerler değildir. Yalıtımın bu sonuçlar göz önüne alınarak yapılmaması, diğer bilimsel çalışmaların da değerlendirilmesi ve kıyaslanması gerekmektedir. Tablo 7'ye göre en uzun geri ödeme süresi ise XPS ile yalıtılan bina için doğalgaz kullanılması durumunda 4,5 yılla İskenderun olarak belirlenmiştir (Uçar ve Balo, 2009). Ilıman bir iklime sahip olan İskenderun bölgesi için Isıtma DG değeri de küçük olduğundan, geri ödeme süresi oldukça uzun olmaktadır. Ancak tabii ki, yaz aylarında soğutma yapılan dönemlerde de yalıtım büyük önem arz etmektedir. Soğuk iklimlerde kışın ısıtma ne kadar maliyetli ise, sıcak iklimlerde de yazın yapılan soğutma o derece maliyetlidir. Bu yüzden iki bölge arasında karar verirken yalnızca ısıtma DG te değil soğutma DG e göre de analiz yapmak gerekmektedir.

Tablo 6. Yalıtım malzeme çeşitlerinin, illere ve yakıt türüne göre optimum yalıtım kalınlıkları (m)

<i>Şehirler</i>	XPS					EPS					Taş Yünü					Cam Yünü				
	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik
Adana (Bolattürk, 2008)	-	-	-	-	0,04-0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Adana (Bolattürk,2006)	0,024	0,031	0,055	0,067	0,060	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ağrı (Uçar ve Balo, 2009)	0,0314	0,0261	0,0619	0,0764	0,0648	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ağrı (Bolattürk,2006)						0,070	0,083	0,133	0,155	0,142	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ankara (Tolun, 2010)	-	-	-	-	-	0,038	-	-	-	-	0,050	-	-	-	-	0,113	-	-	-	-
Ankara (Kurekci, 2016)	-	-	-	-	-	0,076	0,062	0,112	0,168	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ankara (Yıldız vd., 2008)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	0,05	0,12	0,1	0,12	0,075	0,06	0,06	0,1	0,1
Antalya (Aktemur, 2018)	-	-	-	-	-	0,08	0,092	-	0,16	-	-	-	-	-	-	0,08	0,092	-	0,158	-
Antalya (Bolattürk, 208)	-	-	-	-	0,032-0,025	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Antalya (Tolun, 2010)	-	-	-	-	-	0,016	-	-	-	-	0,021	-	-	-	-	0,058	-	-	-	-
Antalya (Bolattürk,2006)	0,030	0,037	0,065	0,078	0,070	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ardahan (Bolattürk,2006)	0,079	0,093	0,147	0,172	0,158	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydın (Bolattürk, 2008)	-	-	-	-	0,033-0,027	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydın (Uçar ve Balo, 2009)	0,0050	0,0022	0,0210	0,0286	0,0225	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydın (Bolattürk,2006)	0,033	0,041	0,071	0,084	0,076	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Şehirler	XPS					EPS					Taş Yünü					Cam Yünü				
	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik
Aydın (Fertelli, 2013)	0,020	0,035	0,065	0,081	0,067	-	-	-	-	-	0,000	0,013	0,042	0,057	0,043	-	-	-	-	-
Balıkesir (Kon, 2017)	0,050	0,051	0,073	0,100	-	0,071	0,072	0,103	0,139	-	-	-	-	-	-	0,097	0,099	0,138	0,185	-
Bursa (Sisman, 2007)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,047	-	-	-	-	-	-	-	-
Denizli (Dimoudi ve Tompa, 2008)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,048	0,082	-	-	-	-	-	-	-
Denizli (Dombaycı vd, 2006)	-	-	-	-	-	0,076	0,095	0,138	0,174	0,259	0,032	0,043	0,068	0,089	0,138	-	-	-	-	-
Elazığ (Ucar ve Balo, 2009)	0,0182	0,0190	0,0360	0,0551	0,0448-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erzincan (Çomaklı ve Yüksel, 2003)	-	-	-	-	-	-	0,0851	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erzincan (Bolattürk, 2006)	0,058	0,070	0,113	0,132	0,121	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erzurum (Tolun, 2010)	-	-	-	-	-	0,059	-	-	-	-	0,077	-	-	-	-	0,165	-	-	-	-
Erzurum (Çomaklı ve Yüksel, 2003)	-	-	-	-	-	-	0,1048	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erzurum (Sisman, 2007)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,080	-	-	-	-	-	-	-	-
Erzurum (Kurekci, 2016)	-	-	-	-	-	0,109	0,130	0,158	0,232	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eskişehir (Sisman, 2007)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,061	-	-	-	-	-	-	-	-
Eskişehir (Ünalın vd., 2006)	0,056	-	-	-	-	0,07	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Şehirler	XPS					EPS					Taş Yünü					Cam Yünü				
	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik
Hakkâri (Ünalın vd., 2006)	0,061	0,073	0,118	0,138	0,126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hatay (Anber ve Çelik, 2014)	0,04	0,04	-	-	-	0,02	0,03	-	-	-	0,03	0,04	-	-	-	0,04	0,05	-	-	-
Hatay (Bolattürk, 2008)	-	-	-	-	0,034-0,026	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isparta (Bolattürk,2006)	0,054	0,064	0,105	0,123	0,113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İskenderun (Bolattürk, 2008)	-	-	-	-	0,037-0,016	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İskenderun (Bolattürk,2006)	0,019	0,024	0,046	0,056	0,050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İstanbul (Tolun, 2010)	-	-	-	-	-	0,028	-	-	-	-	0,037	-	-	-	-	0,088	-	-	-	-
İstanbul (Bolattürk,2006)	0,043	0,052	0,087	0,103	0,094	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İstanbul (Kurekci, 2016)	-	-	-	-	-	0,060	0,073	0,091	0,137	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İzmir (Bolattürk, 208)	-	-	-	-	0,032-0,027	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İzmir (Sisman, 2007)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,033	-	-	-	-	-	-	-	-
İzmir (Kon, 2017)	0,044	0,045	0,062	0,081	-	0,064	0,065	0,086	0,114	-	-	-	-	-	-	0,084	0,089	0,118	0,152	-
İzmir (Kurekci, 2016)	-	-	-	-	-	0,042	0,052	0,066	0,101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İzmir (Yıldız vd., 2008)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,00	0,06	0,05	0,1	0,03	0,03	0,1	0,075	0,1
Kars (Çomaklı ve Yüksel, 2003)	-	-	-	-	-	-	0,107	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kars (Kon, 2017)	0,070	0,072	0,107	0,147	-	0,099	0,101	0,149	0,203	-	-	-	-	-	-	0,133	0,136	0,197	0,267	-

Şehirler	XPS					EPS					Taş Yünü					Cam Yünü				
	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Öil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Öil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Öil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Öil	LPG	Elektrik
Kocaeli (Ucar ve Balo, 2009)	0,0106	0,0113	0,0252	0,0408	0,0324	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Konya (Aktemur, 2018)	-	-	-	-	-	0,12	0,147	-	0,286	-	-	-	-	-	-	0,119	0,145	-	0,282	-
Konya (Kon, 2017)	0,057	0,059	0,086	0,127	-	0,081	0,083	0,121	0,177	-	-	-	-	-	-	0,110	0,112	0,161	0,233	-
Malatya (Fertelli, 2013)	0,044	0,065	0,109	0,131	0,110	-	-	-	-	-	0,022	0,042	0,084	0,105	0,085	-	-	-	-	-
Manisa (Bolattürk,2006)	0,036	0,044	0,075	0,089	0,081	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mardin (Bolattürk,2006)	0,047	0,057	0,094	0,111	0,101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mersin (Bolattürk, 208)	-	-	-	-	0,034-0,020	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nevşehir (Kurekci, 2016)	0,059	0,070	0,114	0,133	0,122	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sivas (Aktemur, 2018)	-	-	-	-	-	0,129	0,16	-	0,314	-	-	-	-	-	-	0,128	0,158	-	0,309	-
Sivas (Kon, 2017)	0,061	0,062	0,092	0,126	-	0,085	0,087	0,129	0,176	-	-	-	-	-	-	0,116	0,118	0,171	0,232	-
Sivas (Kurekci, 2016)	-	-	-	-	-	0,089	0,107	0,130	0,193	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sivas (Fertelli, 2013)	0,058	0,084	0,135	0,162	0,137	-	-	-	-	-	0,036	0,060	0,109	0,134	0,111	-	-	-	-	-
Trabzon (Bolattürk,2006)	0,040	0,049	0,082	0,097	0,089	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trabzon (Fertelli, 2013)	0,031	0,049	0,085	0,104	0,086	-	-	-	-	-	0,009	0,027	0,061	0,079	0,062	-	-	-	-	-
Şanlıurfa (Aktemur, 2018)	-	-	-	-	-	0,107	0,121	-	0,205	-	-	-	-	-	-	0,107	0,121	-	0,205	-
Uşak (Bolattürk,2006)	0,048	0,058	0,096	0,112	0,103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 7. Yalıtım malzeme çeşitlerinin, illere ve yakıt türüne göre geri ödeme süreleri (yıl)

Şehirler	XPS					EPS					Taş Yünü					Cam Yünü				
	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik
Adana (Bolattürk, 208)	-	-	-	-	3.39-4.87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Adana (Bolattürk,2006)	3.50	2.86	1.91	1.74	1.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ağrı (Ucar ve Balo, 2009)	2.50	2.48	2.15	1.87	2.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ağrı (Bolattürk,2006)	1.70	1.58	1.35	1.29	1.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ankara (Tolun, 2010)	-	-	-	-	-	0.38	-	-	-	-	0.18	-	-	-	-	0.12	-	-	-	-
Ankara (Kurekci, 2016)	-	-	-	-	-	2.02	1.73	1.46	1.03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Antalya (Aktemur, 2018)	-	-	-	-	-	2.60	0.70	-	0.22	-	-	-	-	-	-	1.84	0.61	-	0.20	-
Antalya (Bolattürk, 208)	-	-	-	-	3.81-4.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Antalya (Tolun, 2010)	-	-	-	-	-	0.96	-	-	-	-	0.46	-	-	-	-	0.30	-	-	-	-
Antalya (Bolattürk,2006)	2.91	2.47	1.76	1.62	1.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ardahan (Bolattürk,2006)	1.61	1.51	1.31	1.26	1.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydın (Bolattürk, 208)	-	-	-	-	3.74-4.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydın (Ucar ve Balo, 2009)	3.15	3.13	2.80	2.52	2.66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aydın (Bolattürk,2006)	2.68	2.31	1.69	1.57	1.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Şehirler	XPS					EPS					Taş Yünü					Cam Yünü				
	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik
Bursa (Sisman, 2007)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.28	-	-	-	-	-	-	-	-
Denizli (Dimoudi ve Tompa, 2008)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.40	1.60	-	-	-	-	-	-	-
Denizli (Dombaycı vd, 2006)	-	-	-	-	-	1.55	1.43	1.29	1.22	1.15	3.03	2.39	1.81	1.60	1.37	-	-	-	-	-
Elazığ (Ucar ve Balo, 2009)	2.75	2.74	2.40	2.13	2.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erzincan (Çomaklı ve Yüksel, 2003)	-	-	-	-	-	-	1.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erzincan (Bolattürk,2006)	1.86	1.70	1.41	1.35	1.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erzurum (Tolun, 2010)	-	-	-	-	-	0.21	-	-	-	-	0.10	-	-	-	-	0.07	-	-	-	-
Erzurum (Çomaklı ve Yüksel, 2003)	-	-	-	-	-	-	1.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Erzurum (Sisman, 2007)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.54	-	-	-	-	-	-	-	-
Erzurum (Kurekci, 2016)	-	-	-	-	-	1.50	1.29	1.88	0.77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eskişehir (Sisman, 2007)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.89	-	-	-	-	-	-	-	-
Eskişehir (Bolattürk,2006)	1.91	1.74	1.43	1.36	1.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hakkâri (Bolattürk,2006)	1.81	1.67	1.39	1.33	1.36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hatay (Anber ve Çelik, 2014)	1.55	0.97	-	-	-	1.93	1.54	-	-	-	1.52	1.14	-	-	-	1.28	0.94	-	-	-
Hatay (Bolattürk, 208)	-	-	-	-	3.67-4.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Şehirler	XPS					EPS					Taş Yünü					Cam Yünü				
	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik
İskenderun (Bolattürk, 208)	-	-	-	-	3.47-5.47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İskenderun (Bolattürk,2006)	4.51	3.49	2.13	1.90	2.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Isparta (Bolattürk,2006)	1.94	1.77	1.45	1.37	1.41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İstanbul (Tolun, 2010)	-	-	-	-	-	0.55	-	-	-	-	0.26	-	-	-	-	0.17	-	-	-	-
İstanbul (Bolattürk,2006)	2.22	1.98	1.55	1.45	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İstanbul (Kurekci, 2016)	-	-	-	-	-	2.41	2.08	1.75	1.23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İzmir (Bolattürk, 208)	-	-	-	-	3.81-4.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
İzmir (Sisman, 2007)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.82	-	-	-	-	-	-	-	-
İzmir (Kurekci, 2016)	-	-	-	-	-	3.12	2.68	2.26	1.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kars (Çomaklı ve Yüksel, 2003)	-	-	-	-	-	-	1.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kocaeli (Ucar ve Balo, 2009)	3.78	2.95	2.60	2.33	2.46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Konya (Aktemur, 2018)	-	-	-	-	-	0.23	0.18	-	0.10	-	-	-	-	-	-	0.24	0.17	-	0.09	-
Manisa (Bolattürk,2006)	2.52	2.19	1.64	1.53	1.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mardin (Bolattürk,2006)	2.10	1.89	1.51	1.42	1.47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Mersin (Bolattürk, 208)	-	-	-	-	3.65-4.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	XPS					EPS					Taş Yünü					Cam Yünü				
Şehirler	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik	Doğalgaz	Kömür	Fuel-Oil	LPG	Elektrik
Nevşehir (Kurekci, 2016)	1.85	1.70	1.41	1.34	1.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sivas (Aktemur, 2018)	-	-	-	-	-	0.23	0.16	-	0.09	-	-	-	-	-	-	0.21	0.15	-	0.08	-
Sivas (Kurekci, 2016)	-	-	-	-	-	1.78	1.53	1.29	0.91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trabzon (Bolattürk,2006)	2.33	2.06	1.58	1.48	1.54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Şanlıurfa (Aktemur, 2018)	-	-	-	-	-	1.15	0.47	-	0.17	-	-	-	-	-	-	0.95	0.42	-	0.16	-
Uşak (Bolattürk,2006)	2.08	1.87	1.49	1.41	1.46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

6. SONUÇLAR

Binalarda ısı yalıtımının doğru bir şekilde yapılması sonucunda, hem ekonomik hem de enerji bazında tasarruf sağlandığı anlaşılmaktadır. Isı yalıtımı sayesinde ısıtma, soğutma giderlerinde azalma ve yapılarda konforlu bir ortam oluşacağı için enerjide tasarruf sağlanır. Bu çalışmada yalıtım konusunda elde edilen çıkarımlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır;

1. Binalarda ısı yalıtımı sadece dış duvar ile sınırlı değildir. Binanın çatı, yer, tavan, çatı arası vb. bölgelerine yalıtımın yapılması gerektiği ve her bölgenin kendisine göre optimum yalıtım kalınlığı ve farklı malzemesinin olduğu görülmektedir.
2. Binalarda ısı yalıtımı için optimum kalınlığın tespitinin de 3 farklı metot kullanılmaktadır; Ömür maliyet optimizasyonu, Termoeconomik optimizasyon, TS 825.
3. TS 825 Standardı uygulanarak yapılan optimum yalıtım kalınlığı hesabı, ömür maliyet optimizasyon ve termoeconomik optimizasyon metodları ile yapılan optimum yalıtım kalınlığı hesaplarından daha düşük çıktığı ve bu sayede geri ödeme süresinin de diğer iki metoda nazaran daha düşük olduğu görülmektedir.
4. Isı yalıtımı çevre kirliliği ile de doğru orantılıdır. Isı yalıtımının olmadığı binalarda gereksiz yakıt tüketimi gerçekleştiği için hava kirliliği meydana gelir. Bu da hem küresel ısınmaya hem de iklim değişikliğine sebep olur.
5. Optimum yalıtım kalınlığı ile ilgili yapılan çalışmalar arasında uyumsuzluklar vardır. Bu yüzden bu çalışmanın benzeri, belirli bir bölgeye odaklanarak ilgili literatürü detaylı olarak taramak, uygulamacı mühendislere yol gösterici olacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Aktemur, C. (2018) Determination of optimum insulation thicknesses, energy savings and environmental impacts with respect to heating and cooling degree-days for different climate regions of Turkey. *International Journal of Energy Applications and Technologies*, 5(1), 29-43.

Al-Sanea, S. A., Zedan, M. F. (2002) Optimum insulation thickness for building walls in a hot-dry climate. *International Journal of Ambient Energy*, 23(3), 115-126.

Altınışık, K. (2006) “Isı Yalıtımı”, Nobel Yayın Dağıtım, Yayın No:954, 1. Basım, Ağustos, Ankara.

Al-Homoud, M. S. (2005) Performance characteristics and practical applications of common building thermal insulation materials. *Building and environment*, 40(3), 353-366.

Anber A., Çelik A. (2014) Hatay İli İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, Lisans Bitirme Tezi, İstanbul.

Arena, A. P., De Rosa, C. (2003) Life cycle assessment of energy and environmental implications of the implementation of conservation technologies in school buildings in Mendoza—Argentina. *Building and Environment*, 38 (2), 359-368.

ASHRAE (2001) American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers (ASHRAE). *Handbook of Fundamentals*, Atlanta, GA, USA, Chapter 23.

Aşkar, M.A. (2005) “Isı Yalıtımı ve Konutlarda Enerji Verimliliği” İzolasyon Dünyası, Sayı.55, Eylül-Ekim, s.54-58.

Bolattürk, A. (2006) Determination of optimum insulation thickness for building walls with respect to various fuels and climate zones in Turkey. *Applied thermal engineering*, 26(11-12), 1301-1309.

Bolattürk, A. (2008) Optimum insulation thicknesses for building walls with respect to cooling and heating degree-hours in the warmest zone of Turkey. *Building and environment*, 43(6), 1055-1064.

Cabeza, L. F., D (2010) Experimental study on the performance of insulation materials in Mediterranean construction. *Energy and Buildings*, 42(5), 630-636.

Çengel, Y.A. (1998) “Heat Transfer”, a Practical Approach, Mc Graw Hill Book.

Çomaklı, K., Yüksel, B. (2003) Optimum insulation thickness of external walls for energy saving. *Applied thermal engineering*, 23(4), 473-479.

de Alegría Mancisidor, I. M., de Basurto Uruga, P.D., (2009) European Union's renewable energy sources and energy efficiency policy review: The Spanish perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Initiative, C. Buildings and climate change.

- Dimoudi, A., Tompa, C.(2008) Energy and environmental indicators related to construction of office buildings. *Resources, Conservation and Recycling*, 53(1-2), 86-95.
- Dombaycı, Ö. A., Gölcü, M., Pancar, Y. (2006) Optimization of insulation thickness for external walls using different energy-sources. *Applied Energy*, 83(9), 921-928.
- Dombaycı, Ö. D (2017) Thermoeconomic method for determination of optimum insulation thickness of external walls for the houses: Case study for Turkey. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 22, 1-8.
- Fertelli, A. (2013) Determination of optimum insulationthickness for different building walls in Turkey. *Transactions of FAMENA*, 37(2), 103-113.
- Gölcü, M., D (2006) Denizli için optimum yalıtım kalınlığının enerji tasarrufuna Etkisi ve sonuçları. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(4).
- Gürel, A. E., Cingiz, Z. (2011) Farklı dış duvar yapıları için optimum ısı yalıtım kalınlığı tespitinin ekonomik analizi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(1), 75-81.
- Incopera, F.F., DeWitt, D.P. (2001) “Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri”, *Literatür Yayınevi*, 4.Ed., İstanbul.
- İ. Uzun, (2013) *Yönetmelikler Işığında Isı Yalıtım Uygulamaları*, EPS Sanayi Derneği (EPSDER) Yayınları, Inovasya ajans.
- İşbilir, D. (2009) *Binalarda ısı yalıtımı uygulamaları ve sorunlarının araştırılması -Doctoral dissertation*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kaynaklı, Ö., D. (2002) “Otomobil İçinde Isıtma ve Soğutma Süreçlerinde Isıl Konforun Simülasyonu, OTEKON’02 Otomotiv Teknolojileri Kongresi Kongre Kitabı, Bursa, sy.127.
- Kaynaklı, O., D (2003) Calculation of thermal comfort zones with the ambient parameters. In *IEEEES-1 the first international exergy, energy and environment symposium*, Izmir, Turkey, (pp. 13-17).
- Kaynaklı, Ö., D. (2003) Sürekli rejim enerji dengesi modeline göre ısıl konfor bölgeleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(1), 23-30.
- Kaynaklı, O. A (2008) study on residential heating energy requirement and optimum insulation thickness. *Renewable Energy*, 33(6), 1164-1172.
- Kon, O. (2017) Determination of optimum insulation thicknesses using economical analyse for exterior walls of buildings with different masses. *An International Journal of Optimization and Control: Theories & Applications (IJOCTA)*, 7(2), 149-157.
- Kurekci, N. A.(2016) Determination of optimum insulation thickness for building walls by using heating and cooling degree-day values of all Turkey’s provincial centers. *Energy and Buildings*, 118, 197-213.
- McQuiston, F., D (2000) *Heating, Ventilating and Air Conditioning (Analysis and Design)*, Fifth edition, John Wiley & Sons, Inc.
- Ozel, M. (2011) Thermal performance and optimuminsulation thickness of building walls with different structure materials. *Applied Thermal Engineering*, 31(17-18), 3854-3863.
- Öztürk, İ. T. (2011) *Isıl Konfor ve Enerji Verimliliği*, 2011. X. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi, 13/16 Nisan 2011/İzmir. *Bildiriler Kitabı*. Cilt 2 s. 1465-1482.
- Özer, M. (2006)“Yapılarda Isı ve Su Yalıtımları”,*İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi, İstanbul*.
- Özenç, A. (2007) “Edirne’deki Isı Yalıtım Uygulamaları”, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- Papadopoulos, A. M. (2005) State of the art in thermal insulation materials and aims for future developments. *Energy and buildings*, 37(1), 77-86.
- Rodríguez-Soria, B., D (2015) Quantitative analysis of the divergence in energy losses allowed through building envelopes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 1000-1008.
- RG (2008) *Resmi Gazete* 29 Ekim 2008 Perşembe. Sayı: 27019 “Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği”.
- S.A. Al-Sanea, M.F. Zedan, S.N. Al-Hussain, (2012) Effect of thermal mass on performance of insulated building walls and the concept of energy savings potential, *Applied Energy* 89 430–442.
- S.A. Al-Sanea, M.F. Zedan, (2011) Improving thermal performance of building walls by optimizing insulation layer distribution and thickness for same thermal mass, *Applied Energy* 88 3113–3124.

Seppänen, O., Fisk, W. J., and Lei, Q.H. (2006) Room Temperature and Productivity in Office Work eScholarship Repository, Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California (2006).

Sezer, F. Ş. (2005) Türkiye’de ısı yalıtımının gelişimi ve konutlarda uygulanan dış duvar ısı yalıtım sistemleri.

Şimşek, Z. (2019) Konut Yapılarında kullanılan Isı Yalıtım Malzemelerin İncelenmesi. Technological Applied Sciences, 14(4), 147-162.

Sisman, N., Kahya E., Aras N., ve Aras H. (2007) Determination of optimum insulation thicknesses of the external walls and roof (ceiling) for Turkey's different degree-day regions. Energy Policy, 35(10), 5151-5155.

TCCŞB (2015) Isı Yalıtım Uygulama Kılavuzu, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.

TSE (2005) TS 901–1 EN13162 Isı Yalıtım Mamulleri – Binalarda kullanılan- Fabrika yapımı mineral yün (MW) mamuller- Özellikleri.

TSE (2008) TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları.

TS (2009) 7316 EN 13163/AC Isı Yalıtım Mamulleri – Binalar için- Fabrikasyon olarak imal edilen – Genleştirilmiş Polistiren Özellikleri.

Tolun, M. (2010) Farklı derece-gün bölgeleri için yalıtım probleminin incelenmesi (Doctoral dissertation, Enerji Enstitüsü).

UNEP (2009) United Nations Environmet Programme, Report: Buildings And Climate Change: A Summary for Decision-makers, 2009. ISBN: 987-92-807-3064-7.

Ucar, A., Balo, F. (2009) Effect of fuel type on the optimum thickness of selected insulation materials for the four different climatic regions of Turkey. Applied Energy, 86(5), 730-736.

Usta, S. (2009) TS 825" Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" Standardına Göre İkinci Bölgede Bulunan Bir Binanın Yalıtımsız ve Yalıtımlı Durumlarının Enerji Verimliliği Bakımından Karşılaştırılması. Electronic Journal of Construction Technologies/Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 5(1).

Ünalın, H., Gökaltun, E., & Uğurlubilek, R. (2006). Yapı Kabuğunda Isı Kayıplarının Azaltılması ve Bir İyileştirme Projesi Örneği. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 94, 49-56.

Yıldız, A Gurlek, G., Erkek, M., ve Ozbalta, N., (2008) Economical and environmental analyses of thermal insulation thickness in buildings. Journal of Thermal Science and Technology, 28(2), 25-34.