



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 4, Article Number: 1A0233

ENGINEERING SCIENCES

Received: May 2011
Accepted: October 2011
Series : 1A
ISSN : 1308-7231
© 2010 www.newwsa.com

Ferhat Aydın
Tahir Akgül
Emine Aydın
İsa Vural

Sakarya University
takgul@sakarya.edu.tr
Sakarya-Turkey

**KONUTLARDA KULLANILAN FARKLI DUVAR ÇEŞİTLERİNİN ISI YALITIM
PERFORMANSLARININ İNCELENMESİ**

ÖZET

Bu çalışmada, ülkemizde en çok tercih edilen duvar çeşitlerinin ısı yalıtım performansı deneysel olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla gerçek yapı özellikleri taşıyan 1/3 ölçekliğinde küçültülmüş betonarme karkas bir yapı imal edilerek, kolon açıklıkları altı farklı duvarelamanı ile örülmüştür. Bu malzemeler konut üretiminde yoğun şekilde kullanılan; yatay delikli tuğla, düşey delikli tuğla, bims, gaz beton, harman tuğla ve sandviç duvar uygulamalarıdır. Kurulan model yapı içerisine bir ısı kaynağı yerleştirilerek termostatlar yardımıyla içerdeki ısının sabitlenmesi sağlanmış, yapının ısı dengesinin sağlanması amacıyla ısı kaynağı 30 gün boyunca çalıştırılmış ve daha sonra her duvar yüzeyinden termal kamera ile görüntüler alınmıştır. Alınan bu görüntü ve ısı değerleri yorumlanarak, kullanılan duvar çeşitlerinin ısı verimliliği ortaya konulmuştur. Buna bağlı olarak her duvarın ısı geçirgenlik direnci, ısı geçirgenlik katsayısı ve ısı kaybı miktarı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yalıtım, Isı, Duvar, Enerji ve Termal Kamera

**INVESTIGATION OF HEAT INSULATION PERFORMANCE OF DIFFERENT WALL
VARIETIES USED IN BUILDINGS**

ABSTRACT

In this study, the most preferred types of wall heat insulation performance are determined experimentally. For this purpose, with the actual construction features 1/3 of a reinforced concrete structure can be manufactured and column spans are built with six different wall element. These materials are extensively used in the production of housing; horizontal hollow brick, the vertical hollow brick, pumice, aerated concrete blocks, brick and sandwich wall. A heat source placed inside the model building, with the help of thermocouples fixed to the internal heat is provided. The building operated for 30 days with a heat source to provide heat balance and every wall surface of the thermal images were taken with the camera. The images and heat values are interpreted, heat efficiency of the wall varieties are defined. Consequently, the wall varieties' thermal conductivity resistance, thermal conductivity coefficient and the amount of heat loss have been identified.

Keywords: Insulation, Heat, Wall, Energy, and Thermal Camera

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Enerji tüketimi artan nüfus, şehirleşme ve yaşam kalitesinin gelişmesi gibi değişimlerden dolayı hızla artmaktadır. Enerji tüketimini taşımacılık, tarım ve ziraat, endüstriyel gelişim ile ticari ya da konut amaçlı yapılaşma gibi temel unsurlar etkilemektedir [1]. Yapı sektörü bunlar arasında en fazla tüketim potansiyeline sahip endüstriyel sektördür. Bu nedenle birçok ülke enerji tüketimi için en büyük payı binaların ısıtma veya soğutmasına ayırmaktadır [2 ve 3].Bahsedilen bu ülkelerden birisi de nüfusu, sanayileşme oranı ve yaşam kalitesi hızla artan, dolayısıyla enerji tüketimi hızla artan Türkiye'dir. Ülkemiz enerji ihtiyacının büyük kısmını ithal ederek temin ettiğinden dolayı Türkiye için enerji tasarrufu ve enerjinin efektif kullanımını son derece önemlidir. Binalarda ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılan enerji, dünya genelinde tüketilen enerjinin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Ülkemiz ele alındığında konutlarda sadece ısıtma amacıyla kullanılan enerjinin toplam enerji tüketimine oranının %80 dolaylarında olduğu bilinmektedir [4]. Yapı sektöründe efektif enerji kullanımının ısıtma ya da soğutma amaçlı enerji tüketiminin azaltılması konusunda önemli bir rol oynadığı açıktır [2].

Dünya üzerindeki birincil enerji kaynaklarının hızla tükenmesi üzerine gelişmiş ülkeler başta olmak üzere tüm ülkeler enerji ihtiyaçlarını kontrol altına alma ve enerjiyi etkin kullanma yöntemleri geliştirmişlerdir. Konutlarda enerji tasarrufu sağlanmasının gerekliliği hem yapı kullanıcıları hem de konut üreticileri tarafından gün geçtikçe benimsenmekte ve kullanıcılar tarafından özellikle ısı yalıtımı istenmektedir. Ülkemizde bu konuda geç kalınmış bir süreç yaşanmasına rağmen, yönetmelikler hazırlanmakta ve yürürlüğe girmektedir. Ocak 2011 tarihi itibarıyla yürürlüğe giren Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin kullanılmasına, enerji israfının önlenmesine ve çevrenin korunmasına ilişkin usul-esasları içermektedir [5]. Bu kapsamda yapılarda ısı verimliliği artırmak amacıyla yürürlüğe giren yönetmelikler, yapı sahiplerini ısı yalıtım açısından verimli yapı elamanları kullanımına yönlendirmekte ve ısı kayıplarının azaltılmasına yönelik çözümler üretilmesini önermektedir.

Konutlarda uygulanan ısı yalıtımının amaçlarından biri, konutun yıllık olarak tükettiği enerji miktarını olabilecek en düşük seviyede tutmaktır. Bunun için birincil ve en önemli uygulama, yapının dış koşullara açık olan tüm yüzeylerinin, çatı, duvar ve temel bölümlerinin yalıtılmasıdır. Yapının tek veya çok katlı olmasına göre ısı kayıp oranları değişmektedir [6]. Tek ve çok katlı yapılarda ısı kayıplarının oranları Tablo 4 'de görülmektedir.

Tablo 1. Yapılarda ısı kayıp oranları [7]
(Table 1. Rate of heat loss in buildings)

%	Duvar	Çatı	Bodrum	Pencere	Hava Kaçağı
Tek Katlı Yapılar	25	22	20	20	13
Çok Katlı Yapılar	40	7	6	30	17

Yapılan çalışmalar neticesinde konutlarda en fazla ısı kaybı dış duvarlardan olduğu Tablo 1'de açıkça görülmektedir. Bu nedenle uygun duvar elamanının belirlenmesi son derece önem arz etmektedir.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

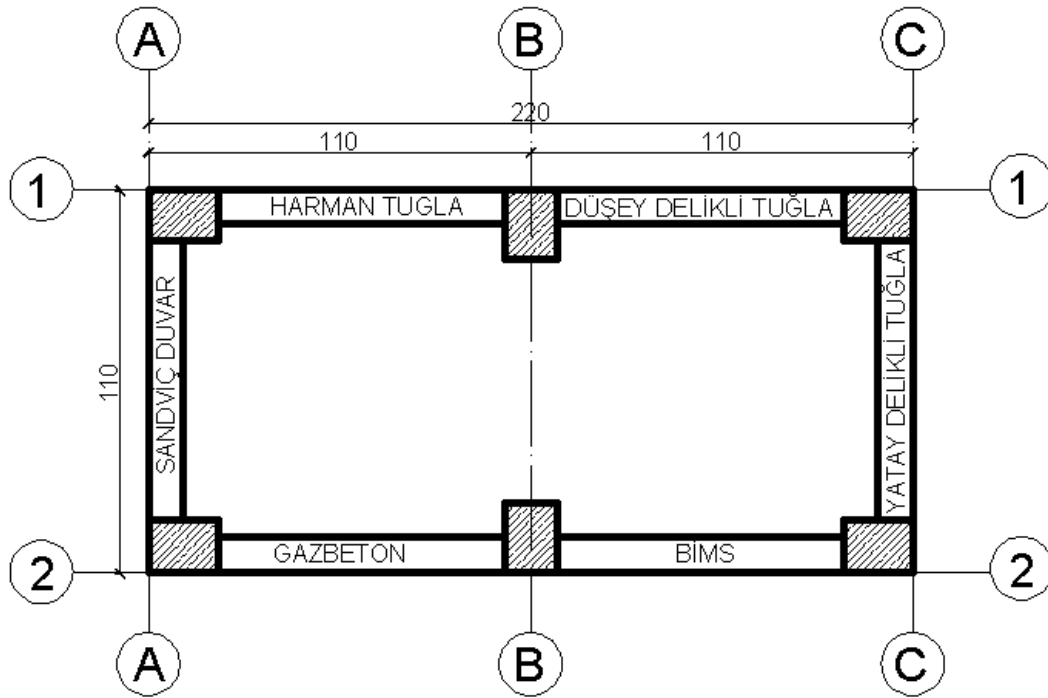
Bu çalışmada; Yukarıda da belirtildiği üzere maksimum ısı kaybının olduğu yüzeylerin tanımlanması ve bu ısı kayıplarının önlenmesi açısından etkin önlemlerin alınması son derece önemli

olduğundan, dış duvarlarda kullanılan duvar eleman çeşitlerinin enerji tasarrufu ve verimliliğinin bilirlenmesi açısından deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Isı yalıtımı ile ilgili yapılan çalışmalar genelde kullanılan ısı yalıtım malzeme performanslarının değerlendirilmesi, optimum kalınlık tayini ve yalnızca bir duvar çeşidi yada yalıtım malzemesi üzerinde yoğunlaşmaktadır. Genel yapılan çalışmalardan farklı olarak, bu çalışmada gerçek yapı özelliklerine uygun 1/3 oranında küçültülmüş yapı inşa edilerek, kolonlar arası sektörde en fazla kullanılan 6 farklı duvar çeşidi ile örülmüştür. Aynı kalınlığa sahip duvar elemanları aynı tür etkilere maruz bırakılarak farklı dış sıcaklıklarda yapı içersisindeki ısı sabit tutularak ısı kaybı miktarları incelenmiş ve en verimli duvar çeşidi belirlenmeye çalışılmıştır.

3. DENEYSEL YÖNTEM (EXPERIMENTAL METHOD)

Duvar örgü elemanı olarak kullanılan malzemelerin ısı kayıplarının incelendiği bu çalışmada, öncelikle gerçek bir yapı boyutlarını 1/3 oranında küçültülmüş çerçeve sistem oluşturmuş ve planı Şekil 1.'de verilmiştir. Örnek yapıda kolon boyutları 18*20 cm, kiriş boyutları 15*20 cm, yapı yüksekliği ise 100 cm olarak alınmıştır. Örnek yapının inşa aşamaları Şekil 2'de görülmektedir.



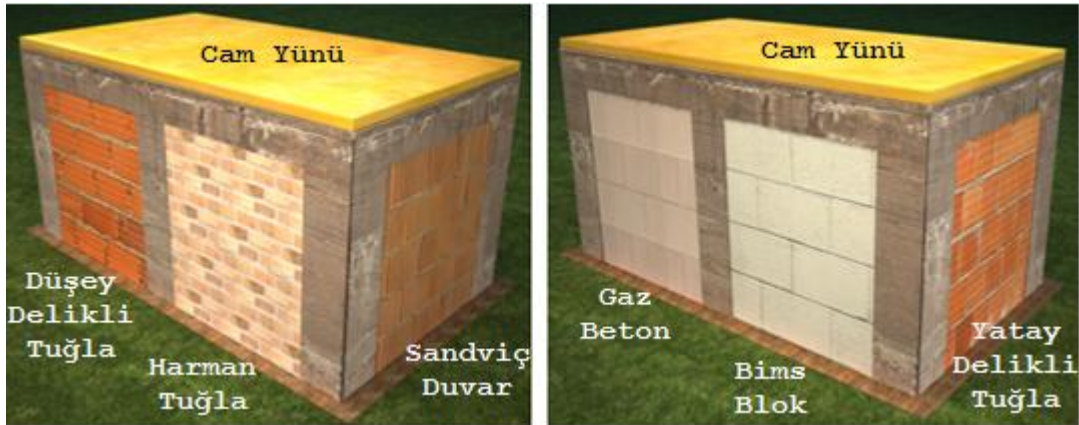
Şekil 1. Örnek yapı planı
(Figure 1. Example building plan)



Şekil 2. Örnek Yapının inşa aşamaları
(Figure 2. Construction stages of example building)

Oluşturulan bu çerçeve sistemin dış cephelerinde 6 aks aralığı oluşturulmuş ve bu aks aralıklarının her birisi şantiyelerde en çok tercih edilen farklı duvar elemanları ile örülmüştür. Bu malzemeler; gaz beton, bims, sandviç duvar, harman tuğla, düşey delikli tuğla ve yatay delikli tuğladır.

Ayrıca inşa edilen yapıda duvarlarda oluşan ısı kayıplarının tespiti çalışması yapılacağından, tabanda oluşabilecek ısı kayıplarının önlenmesi amacıyla yapı yerden 5 cm yükseltilmiş bir OSB levha üzerine oturtulmuştur. Ayrıca üst betonarme tabla üzerinde 5 cm kalınlığında cam yünü şiltesi serilmiştir. Çatıyaserilen cam yünü şiltesinin dış etkenlerden korunması amacıyla da üzerine su geçirmez membran serilmiştir. Şekil 3'te kurulan sistemin üç boyutlu tasarımı görülmektedir.



Şekil 3. Örnek yapının üç boyutlu tasarımı
(Figure 3. Three-dimensional design for example building)

Son olarak oluşturulan bu sistemin muhtemel ısı kaçaklarını önlemek amacıyla dış cephede 3 cm kalınlığında kaba sıva uygulaması yapılmıştır. 6 farklı malzemeden yapılan duvarların duvar kalınlıkları ve bu malzemelere ait ısı iletkenlik hesap değeri ile uygulanan dış kaba sıva kalınlığı vesıvanın ısı iletkenlik hesap değeri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Duvar eleman özellikleri
(Table 2. Properties of wall elements)

Duvar Çeşidi	Duvar Kalınlığı (mm)	Isı iletkenlik hesap değeri (λ)
Bims	150	0,19
Gazbeton	190	0,24
Sandviç	85+30+85	0,15*
Harman (kilit örgü)	90+10+90	0,68
Düşey delikli tuğla	190	0,45
Yatay delikli tuğla	190	0,45
Melez Harçlı dış sıva	30	1,2

*İzo tuğla ısı iletkenlik hesap değeri alınmıştır

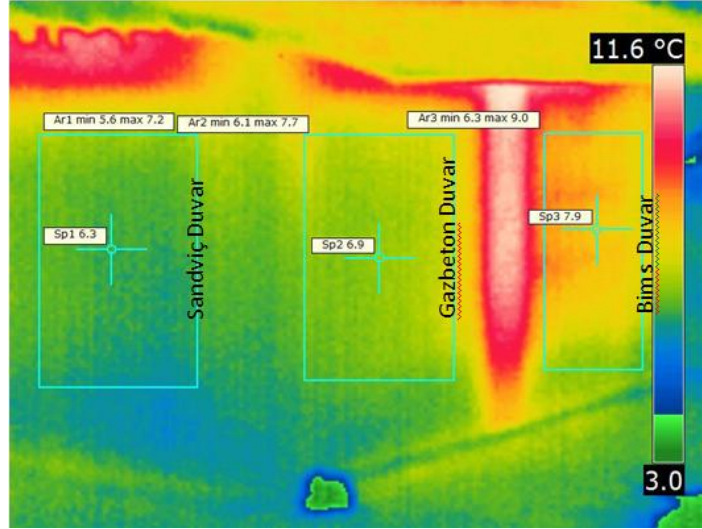
4. UYGULAMA VE DEĞERLENDİRME (APPLICATION AND ASSESSMENT)

Deneyisel çalışmalar kış mevsiminde yapıldığından iç konfor sıcaklığının korunması amacıyla yapı içerisine ısı kaynağı yerleştirilmiştir. Ayrıca iç duvar yüzey sıcaklıklarının ortalama 20°C olması ve bu sıcaklık düzeyinde sabitlenmesi amacıyla dışarıdan kontrol edilebilen bir termostat sistemi kurulmuştur. Bu termostat sayesinde iç sıcaklığın sürekli aynı düzeyde kalması sağlanmış ve bu durum içeriye yerleştirilen ısı sensörleri ile sürekli kontrol altında tutulmuştur. Ayrıca iç sıcaklık değerleri dışarıdaki ölçüm panelinden takip edilmiştir.

İç ortam sıcaklığı sabitlenmesinin ardından duvarların dış yüzey sıcaklıkları ölçülmüştür. Bu ölçümler hem ısı sensör cihazıyla hemde -20 ile +200°C arasında ölçüm yapabilen termal kamera yardımı ile yapılmıştır. Termal kamera ile dış duvarlardan alınan ölçümler kış aylarında güneş etkisinin olmadığı günlerde ve özellikle akşam yada sabah gölgede iken erken saatlerde alınmış, dolayısıyla yön etkisinden kaynaklı yanlışlıklar bertaraf edilmiştir.

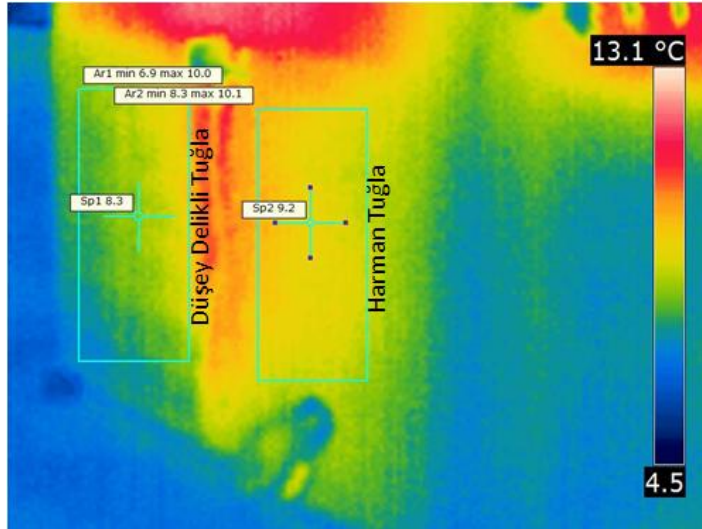
Termal kamera çekimlerinin yapıldığı ortam şartları, dış hava sıcaklığı 10 °C, iç ortam sıcaklığı 25°C ve dış ortam nem oranı %65 olarak ölçülmüştür. Termal kamera görüntüleri her bir duvar yüzeyinden yaklaşık 5 m mesafeden alınmıştır. Bilgisayar ortamına aktarılan bu görüntüler Therma CAMQuick View paket programı kullanılarak, ortalama duvar yüzeyi sıcaklığı tespit edilmiştir. Elde edilen bu değerler ısı sensörlerinden alınan termal değerler ile farklı duvar elemanlarının birbirleriyle karşılaştırılmasına olanak sağlamıştır.

Termal kamera ile görüntü alma işlemi oldukça hassas ve dış faktörden etkilendiğinden, görüntüler mümkün oldukça aynı karede alınmasına özen gösterilmiştir. Şekil 4'te Sandviç, Gazbeton ve Bims duvar görüntüleri, Şekil 5'te Düşey delikli tuğla ile harman tuğla duvar görüntüleri, Şekil 6'da ise Yatay delikli tuğla duvar termal kamera görüntüsü yer almaktadır.



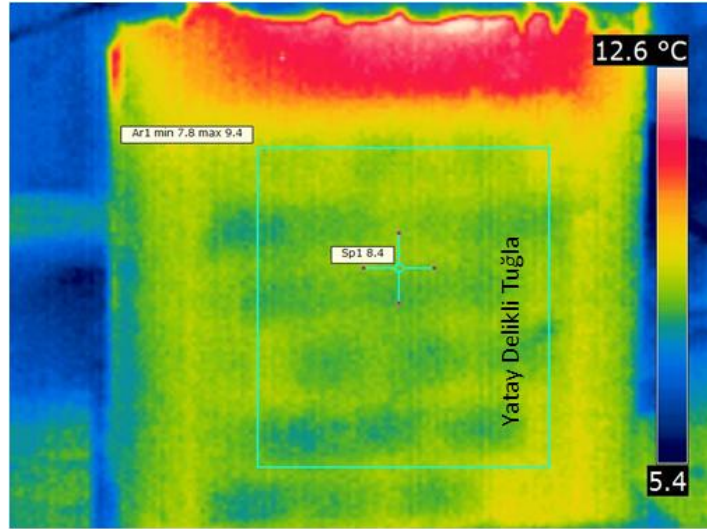
Şekil 4. Sandviç, gazbeton ve bims duvar termal kamera görüntüsü
(Figure 4. Sandwich, aerated concrete wall and pumice of thermal camera image)

Şekil 4. incelendiğinde 19 cm kalınlığındaki Gazbeton bloklarla örülen duvarın dış yüzey sıcaklığının ortalaması 6.9 °C, 8,5'lik iki yatay delikli tuğla arasına 3 cm kalınlığında strafor köpük konularak elde edilen sandviç duvar dış yüzey sıcaklığı ortalamasının 6.3 °C, 15 cm kalınlığındaki Bims blok ile örülen duvarın dış yüzey sıcaklığı ortalamasının ise 7.9 °C olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5. Harman tuğla ve düşey delikli tuğla duvar termal kamera görüntüsü
(Figure 5. Bricks and vertically hollow brick wall thermal camera image)

Şekil 5'teki Harman tuğla ve düşey delikli tuğla ile imal edilen duvarların termal kamera görüntüsü incelendiğinde, düşey delikli tuğla duvarın ortalama dış yüzey sıcaklığı 8.3 °C, harman tuğla duvarın ise 9.2 °C olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6. Yatay delikli tuğla duvar termal kamera görüntüsü
(Figure 6. Thermal camera image of a horizontal hollow brick wall)

Şekil 6'daki yatay delikli tuğla duvar üzerinden alınan görüntüde ortalama dış yüzey sıcaklığının 8.4 °C oluşu görülmüştür. Bu değer aynı malzemeden elde edilen dikey delikli tuğlayla aynı olduğu görülmüştür.

Öte yandan termal kamerayla görüntü alındığı aynı saatte duvar dış yüzeyleri Termal Couple cihazı sensörleri ile farklı üç noktadan dış yüzey sıcaklığı değerleride alınmıştır. Bu sensör ölçümleri her duvar yüzeyi için daha önceden belirlenen ve orta noktalardan alınmıştır. Alınan bu ölçümlerin ortalamaları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Isı sensörleri ile duvar yüzey sıcaklıkları ölçümü
(Table 3. Heat sensors measure the surface temperature of the wall)

Duvar Çeşidi	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm	Ortalama
Sandviç Duvar	6,7	6	6,5	6,4
Gazbeton Duvar	7,2	7,5	6,6	7,1
Bims Duvar	8,1	7,9	8,3	8
Yatay Delikli Tuğla	8,7	8,5	8,4	8,5
Düsey Delikli Tuğla	8,4	8,6	8,1	8,4
Harman Tuğla	9,1	9,5	8,9	9,2

Tüm bu ölçümler sonucunda elde edilen bu değerlerle, TS 825 [8] ve ilgili yönetmenliklerin verdiği detaylar dikkate alınarak ısı kaybı hesabı yapılmıştır.

DeneySEL çalışmaların yapıldığı model yapıda kapı ve pencere boşlukları olmadığından bu yönde ısı kayıplarının olmadığı, tavan ve döşemelerde oluşabilecek ısı kayıpları engellendiği kabul edilerek, her duvar yüzeyi için ısı geçirgenlik direnci, ısı geçirgenlik katsayısı ve ısı kaybı miktarları hesaplanmıştır. Hesaplamalarda, ısı Geçirgenlik Direnci için;

$$R=d_1/\lambda_{h1}+d_2/\lambda_{h2} \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)} \quad (1)$$

Formülü kullanılmış, burada d_1 ve d_2 duvarı oluşturan eleman kalınlıkları, λ_{h1} ve λ_{h2} kullanılan malzeme cinsinin ısı iletkenlik hesap değeri olarak alınmıştır. Yapıelemanına ait toplam ısı geçirgenlik katsayısı ise;

$$U_D = 1 / (R_i + R + R_e) \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)} \quad (2)$$

Formülüyle hesaplanmış olup R_i iç yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnç değeri, R_e dış yüzeyin yüzeysel ısı iletim direnç değeri olup TS 825'ten alınmıştır. R değeri ise örnek yapı duvarlarını oluşturan malzeme cinsi ve kalınlığına göre yukarıda elde edilen değerdir. Son olarak örnek yapı duvarlarında gerek termal kamera ile gerekse ısı sensörleri ile yapılan ölçümler (t_1, t_2) ve yukarıda her malzeme için elde edilen duvar ısı geçirgenlik katsayısı (U_D) kullanılarak bir metrekare duvar yüzeyinde konveksiyonel yollarla oluşan ısı kaybı hesabı aşağıdaki formül kullanılarak elde edilmiştir[9].

$$Q = U_D \cdot \Delta t \text{ (W/m}^2 \text{)} \quad (3)$$

Yapılan hesaplar sonucunda, yalıtımsız her bir duvar malzemesi için ısı geçirgenlik direnci, ısı geçirgenlik katsayısı ve ısı kaybı miktarı Tablo 4.'te verilmiştir.

Hesap sonucunda elde edilen U_D değerleri ile TS 825'te 2. Bölge olarak belirtilen sakarya ili için dış duvarın ısı geçirgenlik katsayısı (U_D) değerleri karşılaştırıldığında elde edilen tüm değerlerin tavsiye edilen maksimum değerden ($U_D = 0,6$ olarak tavsiye edilmiştir) daha yüksek olduğu görülmüştür.

Tablo 4. Duvar elemanları termal özellikleri
(Table 4. Thermal properties of wall elements)

Duvar Çeşidi	Isıl Geçirgenlik Direnci R (m ² .K/W)	Isıl Geçirgenlik Katsayısı U_D (W/m ² .K)	Isı Kaybı Miktarı Q (W/m ²)
Bims	0,81	1,02	12,19
Gazbeton	0,82	1,01	13,07
Sandviç	1,29	0,68	9,30
Harman	0,30	2,11	22,77
Düşey delikli tuğla	0,45	1,62	18,79
Yatay delikli tuğla	0,45	1,62	18,63

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Yapılan çalışmalar sonucunda gerek ölçülen malzeme yüzey sıcaklıkları gerekse hesap sonucu elde edilen ısı kayıpları açısından uygulanan farklı duvar malzemeleri birbirleriyle karşılaştırıldığında şu sonuçlar elde edilmiştir;

Sandviç duvar uygulamasının, yapım tekniği gereği, kullanılan yalıtım malzemesi etkisiyle en yüksek ısı direncine ve en düşük ısı kayıp miktarına sahip duvar çeşidi olduğu ortaya çıkmıştır.

Duvar yüzey sıcaklığı 8 °C olarak ölçülen bims blok duvarın duvar kalınlığı göz önüne alındığında (diğer tüm duvarlar 19 cm iken bims blok duvar 15 cm olarak üretilmiştir) yapılan ısı kaybı miktarı hesabında bu duvarın en iyi geçirimsizlik direncine sahip duvar olduğu ortaya çıkmıştır.

Gazbeton bloklarla imal edilen duvar, sandviç ve bims blok duvardan sonra en iyi ısı geçirgenlik direncine sahip malzeme olduğu tespit edilmiştir.

Beklendiği üzere aynı hamurdan elde edilen yatay ve düşey delikli tuğla yüzey sıcaklıkları ve ısı kayıplarının birbirine çok yakın olduğu belirlenmiştir.

Dolu tuğladan imal edilen piyasada harman veya ateş tuğlası olarak geçen bu duvar çeşidi kullanılan malzemeler arasında en düşük ısı geçirgenlik direnci ve en yüksek ısı kaybına sahip duvar elemanı olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni bu tuğla yapısı içerisinde bağımsız hava boşluklarının olmaması olarak açıklanabilir.

Yapılan bu çalışma sonucunda, gerek deneysel çalışmalar gerekse hesap yöntemiyle elde edilen verilerin kullanılan malzemelerin ısı iletkenlik hesap değeri (λ) paralel sonuçlar elde edildiği belirlenmiştir.

Ayrıca çalışmamızda deneysel çalışmalar ve hesap sonucunda elde ettiğimiz U_D değerleri TS 825' te tavsiye edilen maksimum değerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu nedenle yapının bulunduğu bölge, kullanılan duvar çeşidi ve kalınlıkları göz önüne alındığında tüm duvarlarda ısı yalıtımı yapılmasının gerekliliği ortaya çıkmıştır.

NOT (NOTICE)

Bu makale, 28-30 Eylül 2011 tarihleri arasında Elazığ Fırat Üniversitesinde "International Participated Construction Congress" IPCC11'de sözlü sunum olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. 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. 1055-1064.
2. Bakos, G.C., (2000). Insulation protection studies for energy saving in residential and tertiary sector. Energy and Buildings 31:251-9.
3. Chwieduk, D.T., (2003). Sustainable-energy buildings. Applied Energy, 76:211-7.
4. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, (2011). Ankara.
5. Aksoy, T. ve Bektaş, B., Dış Duvarlarda Isı Yalıtımı ve Enerji Tasarrufu
6. Dağsöz, A.K., (2002). Konutlarda Ekonomik Isınma El Kitabı, İzocam Tic.San. A.S Yayınları, İstanbul,
7. Bayer, G., (2006). Binalarda Uygulanan Isı Yalıtım Sistemleri ve Örnek Bir Projede Isı Yalıtım Maliyet Analizi. Yüksek Lisans Tezi Sakarya Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.
8. TS 825, (2009). Binalarda ısı yalıtım kuralları. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.
9. Aksoy, U.T., (2008). Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 24 (1-2) 277- 290