

# Türkiye Şartlarında TS 825 Kapsamında Farklı Duvar Tiplerinin Isıl Etkinlikleri Üzerine Karşılaştırmalı Bir Çalışma

İzzet YÜKSEK<sup>1</sup>, Serkan SIVACILAR<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Celal Bayar Üniversitesi, Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Rektörlük, Şehzadeler, Manisa

<sup>2</sup>İnşaat Mühendisi, Merkez, Kırklareli

(Geliş/Received : 13.05.2016 ; Kabul/Accepted : 12.08.2016)

## ÖZ

Yapıların yaşam döngüleri süresince tükettikleri enerjinin büyük bölümünü kullanım sürecinde tüketilen enerji oluşturmaktadır. Bu süreçte yapılarda ısıl konfor koşullarının sağlanması, sıcak su, aydınlatma ihtiyaçlarının karşılanması ile çeşitli elektrikli araç ve makineler için enerji kullanımı söz konusudur. Enerji kullanımındaki en önemli payı da ısıtma/soğutma için yapılan enerji tüketimi almaktadır. Bu nedenle ısıtma/soğutma amaçlı enerji tüketiminin azaltılması enerji etkinliği sağlamada önemlidir. Bu doğrultuda istenmeyen ısı kayıp ve kazançlarını azaltmak gerekmektedir. İklim uygun biçimlenme ve kabuk tasarımı, uygun yapı malzemesi seçimi ve uygun yapı elemanı tasarımıyla istenmeyen ısı kayıp ve kazançları azaltılabilir. Bu çalışmada yapıların enerji etkin özelliklere sahip olması amacıyla, yapı elemanlarının sahip olması gereken ısı geçirgenlik değerini elde edebilmek için, Türkiye koşullarında uygun malzeme seçimi ve yapı elemanı tasarımı konuları tartışılmıştır. Bu doğrultuda 3. derece gün bölgesinde betonarme iskelet bir yapı örnek alınmıştır. Örnek yapının düşey yapı elemanlarında farklı yapı bileşenleri kullanılarak, yeterli ısı iletkenlik değerleri için TS 825 kapsamında uygun kalınlıkların tespiti ve yoğunlaşma tahkikleri yapılarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçları ile zararlı yoğunlaşmaya neden olmayan ve gerekli ısı geçirgenlik katsayısını sağlayan kesitler tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Isı Geçirgenlik Değeri, TS 825, Isı Etkinlik Değerlendirmesi, Duvar Tipleri, Enerji Etkin Duvar Tasarımı.

## Thermal Efficiency of Different Wall Type A Comparative Study on the Scope TS 825 in Turkey Conditions

### ABSTRACT

Operating energy is a big part of consumed energy of building in life cycle period. Building use energy for providing of thermal comfort conditions, for various electric vehicles and machinery, hot water and lighting, is concerned. Heating / cooling energy is the largest share of energy use in total energy consumption. Therefore, reducing energy consumption for heating / cooling is important in ensuring energy efficiency. In this context reducing to undesirable heat loss and gain is necessary. Unwanted heat losses and gains could reduce with shaping and shell design according to the climate, choosing appropriate buildign materials and appropriate building element design. In this study, , in order to buildings have energy-efficient features, selection of appropriate building materials and appropriate building element design issues are discussed for building elements should have in order to obtain thermal transmittance value. In this context, a reinforced concrete building were taken samples. For vertical building elements of building sample, were analyzed according to TS 825 with determining the thickness of the different building components and verifications condensation. According to the results of analysis, suitable sections are determined which do not cause harmful condensation and providing the necessary heat conductivity coefficient.

**Keywords:** Thermal Insulation, Building Materials, Building Element Design, Energy Efficiency.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yapılardan beklenen en önemli fonksiyonlardan biri uygun konfor koşullarını sağlamasıdır. Ancak istenen konfor koşullarını sağlarken de iklimlendirme araçlarına olabildiğince az ihtiyaç duyması ve en az seviyede enerji

tüketmesi beklenmektedir. Bu özelliklere sahip bir yapı oluşturmak, ancak mimari tasarım sürecinde iklimsel verileri dikkate alarak ve pasif iklimlendirmeye yönelik düzenlemelerle, özellikle istenmeyen ısı kayıp ve kazançlarını engelleyen yapı kabuğu tasarlamakla mümkündür.

Soğuk dönemde iç ortamı sıcak tutmak, sıcak dönemde de iç ortamı serin tutabilmek için gerekli enerjiyi en aza

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: srkn\_911@hotmail.com

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2017.20.2 291-302

indirecek uygun tasarlanmış yapı elemanlarına ve yapı malzemelerine ihtiyaç vardır. İç ve dış ortam arasındaki ısı farklılıkları ortamlar arasında basınç farkı nedeniyle hava akımına sebep olmaktadır. Kış aylarında iç ortamdaki sıcak hava, yapı kabuğunda ısı iletim katsayısı yüksek yapı elemanı aracılığıyla dış ortama geçmektedir. Bu geçiş miktarı ilgili yapı kabuğunun ısı geçirgenlik katsayısına bağlıdır. Bu nedenle yapı kabuğu bulunduğu iklim bölgesi için istenen ısı geçirgenlik katsayısını sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bunun yanında ortamlar arası ısı akımları buna paralel oluşan buhar akımları ve bu akımların birlikte oluşturacağı sorunlar gündeme gelir. Yapı elemanı içerisinde veya yüzeyinde yoğunlaşma söz konusu olur. Yoğunlaşma ile birlikte yapı elemanının ısı geçirgenlik değeri yükselir ve yapı malzemelerinde nemlenmeye bağlı bozulmalar oluşur. Yapı elemanlarının bulunduğu iklim bölgesine uygun ısı geçirgenlik katsayılarına sahip olmaları ve aynı zamanda bu yapı elemanlarının yapıların kullanımı sırasında terleme, yoğunlaşma, ısı köprüsü oluşturma gibi yapı fiziki sorunları ile karşılaşmamaları gerekir.

Türkiye’de yapılarda ısı yalıtımı yapılırken TS 825 (Isı yalıtım kuralları standardı) referans alınmaktadır. Bu çalışma, TS 825’in öngördüğü ısı geçirgenlik değerine sahip yapı elemanları oluşturmak için, Türkiye koşullarında hangi malzemelerin hangi kalınlıklarda uygulanacağını tespit etmeye yöneliktir.

Türkiye’de yerleşimler 24 saatlik periyodunun ne kadarının sıcak ve ne kadarının soğuk geçtiğini ölçülmesiyle belirlenen 4 farklı derece gün bölgesine ayrılmıştır [1]. Bu çalışmada 4 farklı derece gün bölgesinden 3. derece gün bölgesi için, çeşitli ısı yalıtım uygulama örnekleri seçilerek gerekli ısı iletkenlik değerlerini sağlayan kesit kalınlıklarının tespiti ve yoğunlaşma tahkikleri yapılarak analiz edilmiştir. Sonuçta farklı yapı malzemeleri için, gerekli ısı geçirgenlik değerini sağlayan ve zararlı yoğunlaşma oluşturmeyen kesit kalınlıkları tespit edilmiştir. Bu çalışma ile yapı ürünü tercihi yapacak yapı profesyonellerine ısı yalıtım yönetmeliğine uyacak seçimleri yapmada kolaylık sağlayacak bilgiler elde edilmiştir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR (PREVIOUS STUDIES)

Başta duvarlar olmak üzere yapı kabuğunu oluşturan yapı elemanlarının ısı yalıtım özellikleri ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, yapılan çalışmaların gerekli yalıtım kalınlıklarının tespit edilmesi üzerinde yoğunlaştığı görülmüştür. Bu çalışmalarda farklı yalıtım malzemeleri ve Türkiye’nin farklı illeri için optimum yalıtım kalınlıkları tespit edilmiş ayrıca yalıtımın enerji tasarrufuna etkisi ve ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanmıştır [2-10]. Örneğin Kürekçi vd tarafından yapılan çalışmada, doğalgaz yakıtlı örnek bir binada, taş yünü, cam yünü, extrüde polistren (XPS), ekspande polistiren köpük (EPS) ve poliüretan köpük (PU) ısı yalıtım malzemeleri için Türkiye’nin 81 iline ait uygun değer yalıtım kalınlıkları hesaplanmıştır [11].

Optimum yalıtım kalınlığının hesaplandığı çalışmaların yanında farklı duvar tipleri ve farklı ısı yalıtım malzemeleri için malzeme ve yalıtım kalınlıklarının hesaplandığı çeşitli çalışmalar da söz konusudur. Bostancıoğlu tarafından yapılan çalışmada, yapı kabuğunu oluşturan yapısal bileşenler olan, duvar ve çatı bölümünde kullanılan duvar/döşeme ve yalıtım malzemelerinin cinsi ve kalınlığı değiştirilerek oluşturulan farklı kabuk alternatifleri ile İstanbul’da bir konut için ısıtma maliyetleri, inşaat ve yaşam döngüsü maliyetleri hesaplanmıştır. Duvar malzemesi olarak farklı kalınlıklarda tuğla, beton briket, bims briket ve gaz beton seçilmiştir. Isı yalıtım malzemesi olarak ise duvarlarda yine farklı kalınlıklarda XPS ve taş yünü, çatılarda ise cam yünü seçilmiştir. Çalışmada 166 farklı yapı kabuğu alternatifi arasında en düşük ısıtma maliyeti 25 cm Gaz beton üzeri 8 cm XPS ısı yalıtımı ile 10 cm cam yünü yalıtımı ile sağlanmıştır. En yüksek ısıtma maliyeti ise, 25 cm Gaz beton duvar, sadece betonarme yüzeylerde 8 cm cam yünü yalıtım ve çatıda yine 8 cm cam yünü yalıtım yapıldığı durumda ortaya çıkmıştır. Elde edilen sonuçlar ısı yalıtım performansını arttırmak için yalıtım kalınlığının artırılmasının zorunlu olmadığı, alternatif malzemeler kullanılarak eşdeğer performans sağlanabileceği ortaya konulmuştur [12].

Fertelli tarafından yapılmış bir diğer çalışmada ise, optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve geri ödeme süreleri altı farklı enerji türü (Likit petrol gazı, elektrik, akaryakıt, kömür, doğal gaz ve jeotermal enerji) ve dört farklı duvar türü (tuğla duvar, hava tabakalı tuğla duvar, bims blok duvar ve gaz beton blok duvar) için değerlendirilmiştir. Farklı iklim bölgelerindeki dört şehirde (Aydın, Trabzon, Malatya ve Sivas), iki farklı yalıtım malzemesi (taş yünü ve xps) için analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yalıtım kalınlıkları, 0 - 0,179 m arasında, enerji tasarrufu 0-235.053 \$ / m<sup>2</sup> arasında çeşitli yakıt ve duvar türlerine bağlı olarak geri ödeme süresi 0-11,53 yıl olarak tanımlanmıştır. Yapılan analiz ile optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesinde büyük oranda duvarın yapısı, izolasyon malzemesi ve yapının bulunduğu derece-gün sayısının etkili olduğu anlaşılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 3. derece gün bölgesinde yer alan Malatya ili için doğalgaz yakıt kullanılması durumunda yalıtım kalınlıkları tuğla duvar için 6,1 cm, hava tabakalı tuğla duvar için 5,4 cm, bims blok duvar için 4,4 cm ve gaz beton blok duvar için 3,3 cm olarak tespit edilmiştir [13]. Mishra ve arkadaşları Hindistan için yapmış oldukları çalışmada, üç farklı tip (taş, tuğla ve beton) duvar üzerine uygulanacak iki ayrı ısı yalıtım malzemesi (EPS ve XPS) için optimum yalıtım kalınlıkları tespit etmişlerdir [14].

Kaya tarafından yapılan tez çalışmasında ise en çok tercih edilen dolgu duvar sistemleri yapılan bir anket sonucu tuğla, bims blok ve Gaz beton olarak belirlenmiştir. En çok tercih edilen ısı yalıtım malzemeleri ise EPS, XPS, cam yünü ve taş yünüdür. En çok tercih edilen dış duvar sistemlerinin ısı geçirgenlik katsayıları (U değerleri) hesaplanmış ve bu değerlerin TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kurallarında 1. Derece-Gün

Bölgesi için belirtilen duvar U değerlerini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilip, maliyet analizi yapılmıştır. Ayrıca tuğla, bims blok ve Gaz beton duvarlar üzerine, EPS, XPS, cam yünü ve taş yünü malzeme ile yalıtım yapılarak, 1. Derece-Gün Bölgesi için optimum yalıtım kalınlıkları tespit edilmiştir [15].

Konu ile ilgili önceki çalışmaların bir kısmı da mevcut uygulamaların standartlara uygunluğunun ölçülmesi üzerine yapılmıştır. Aksoy tarafından yapılan bir çalışmada TS 825'e göre 3.derece gün bölgesinde yer alan Elazığ İlindeki gaz beton duvar ve sandviç duvar uygulamalarının ısı geçirgenlik katsayısı hesaplanarak ısı kayıpları bulunmuş ve bu değerler TS 825 standardına uygun uygulamalar ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma ile mevcut uygulamaların yetersiz olduğu ve TS 825'in ön gördüğü detaylara uygun olarak bölgelere göre malzeme kalınlıklarının seçilmesi gerektiği belirtilmiştir [16]. Koçu ve Korkmaz tarafından yapılan çalışmada, Konya çevresindeki yapılarda ısı yalıtımı uygulamalarının TS 825'e göre değerlendirilmesi yapılmış, yapılarda eksik ve hatalı ısı yalıtımının çevre kirliliğine etkisi incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda yapılarda ısı yalıtımı konusunda TS 825'e uyulmadığı, gereken önemin verilmediği, neticede ısıtma için gereğinden fazla fosil yakıt tüketiminin arttığı ve Konya'da hava kirliliğinin zamanla Türkiye'de ilk sıralara çıktığı tespit edilmiştir [17]. Cihan vd. tarafından yapılan bir çalışmada ise Türkiye'de uygulanan çift duvar arası ısı yalıtım uygulamalarında betonarme elemanlarda oluşan ısı köprülerini değerlendirilmiş ve mevcut uygulamaların hatalı olduğu bununla birlikte istenen konfor koşullarının sağlanamadığı tespit edilmiştir [18]. Umaroğulları vd. yapılan bir diğer çalışmada, yalıtımsız duvar, çift tabakalı yalıtımlı duvar, ara kat ve teras çatı döşemeleri için döşeme ve kiriş bölgelerinde meydana gelen sıcaklık ve ısı akısı dağılımları belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar enerji verimliliği açısından değerlendirilmiştir. Bu çalışmada yalıtımın betonarme duvar kuruluşundaki üç farklı konumu Edirne ili soğuk dönem koşullarında incelenmiş ve yoğunlaşma açısından en ideal durumun dışarıdan yalıtımlı durum olduğu tespit edilmiştir [19].

### 3. DIŞ DUVARLARDA TS 825'E UYGUN ISI YALITIM ŞARTLARININ SAĞLANMASINA YÖNELİK UYGULAMALAR (APPLICATIONS FOR THE PURPOSE OF PROVIDING APPROPRIATE TS 825 INSULATION REQUIREMENTS)

Henüz gelişmekte olan ülkeler sınıfında yer alan Türkiye, ihtiyacı olan enerjinin %73'ünü ithalat yolu ile karşılamaktadır [20]. Bu durum ülke ekonomisi üzerinde büyük bir yük oluşturmaktadır ve ilgili kuruluşlar enerji ihtiyacını karşılamaya yönelik arayış içerisinde bulunmaktadır. Yapı sektörü de toplam enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir ve bu tüketimin büyük bir kısmını kullanım sürecinde ısısal konfor koşullarının sağlanması için harcanan enerji

oluşturmaktadır [21]. Yapıların kullanım sürecinde enerji tüketiminin azaltılmasının en basit yolu ısı yalıtım özelliğine sahip bir yapı inşa etmektir. Ancak ülkemizdeki ısı yalıtım özelliğine sahip bina sayısı oldukça azdır. Türkiye İstatistik Kurumu'nun 1998 hane halkı enerji tüketim araştırmasına göre, mevcut binaların % 84'ü tek camlıdır ve yalnızca % 16'sı çatı yalıtımına sahiptir. Isı, Su, Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği "Algılama Araştırması" verilerine göre ise, tüketicilerin ikamet ettikleri binalara yalıtım uygulaması yaptırması ele alındığında, yalnızca % 9'luk bir kesim yalıtım uygulamasına girmiştir [22]. Yalıtım uygulamalarının Türkiye'de coğrafi bölgelere göre dağılımına bakıldığında ise daha çok ısıtma yükünün fazla olduğu Doğu Anadolu, Marmara ve İç Anadolu bölgelerinde yapıldığı bu bölgelere göre daha ılıman iklime sahip diğer bölgelerde daha az tercih edildiği tespit edilmiştir [23]. Isı yalıtımının yeterince yaygınlaşmaması ısısal konfor koşullarının sağlanmasına yönelik enerji tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Türkiye'de birim hacmi ısıtmak için harcanan enerji Fransa'dan % 46, İsveç'ten % 230 daha fazladır [17]. Yeni yapılan binalarda enerji etkinliği sağlamak için, daha iyi bir ısı yalıtımı, düşük ısı iletkenliğe sahip yapı bileşenleri oluşturularak elde edilebilir. İyi bir ısı yalıtımı daha düşük enerji tüketimi, buna paralel olarak daha düşük enerji faturası ve karbondioksit tüketimi sağlamaktadır.

Bir binanın ısıtılması için gerekli olan enerji ihtiyacında, yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı (U, W/m<sup>2</sup>K) en önemli parametredir. Isı geçirgenlik katsayısı, çeşitli kalınlıklardaki katmanlardan (iç siva + delikli tuğla + dış siva gibi) oluşan yapı bileşeninin 1 m<sup>2</sup>'sinden 1°C'lik sıcaklık farkı bulunması durumunda saatte kJ cinsinden geçen ısı miktarını vermektedir [16]. TS 825 standardının amaçlarından biri "yeni yapılacak bir binaya ait çeşitli tasarım seçeneklerine standartta açıklanan hesap metodunu ve değerlerini uygulayarak, ideal enerji performansını sağlayacak tasarım seçeneğini belirlemek" şeklinde açıklanmıştır [24]. Bu standart içerisinde illere göre derece gün bölgeleri ayrılmış olup, yalıtım performansını hesaplanmak istenen yapı elemanı ve şehir bölgesi seçilerek gereken U değeri çizelgeden okunabilir. Çizelgede verilen değerler, bölgelere göre kullanılması tavsiye edilen en büyük değerlerdir. Binada hesaplama yapılacak bölümlerde hesaplanacak U değerleri, aşağıdaki çizelgede yer alan değerleri geçmemelidir (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Binada hesaplama yapılacak bölümlerde kullanılacak U değerleri (U values to be used in the parts where calculation will be made in building) [24]

	U DUVAR (W/m <sup>2</sup> K)	U TAVAN (W/m <sup>2</sup> K)	U TABAN (W/m <sup>2</sup> K)	U PENCERE (W/m <sup>2</sup> K)
1.Bölge	0,70	0,45	0,70	2,40
2.Bölge	0,60	0,40	0,60	2,40
3.Bölge	0,50	0,30	0,45	2,40
4.Bölge	0,40	0,25	0,40	2,40

TS 825'in ön gördüğü ısı yalıtım değerlerine ulaşmak için yapılacak yalıtım uygulamaları literatürde ısı yalıtım malzemesinin konumuna göre duvarların dış yüzeyine (Mantolama), duvarın iç yüzeyine, çift duvar arasına (Sandviç Duvar) ve havalandırılmalı dış duvar yalıtım uygulamaları (Giydirme Cephe Sistemi) olarak 4 farklı sistemle karşımıza çıkmaktadır [25]. Bu dört yöntemden farklı olarak yeni geliştirilmiş yapı malzemelerinin kullanımı ile ısı yalıtım malzemesi kullanmadan da yapı bileşenleri kullanılarak istenen ısı yalıtım seviyesine ulaşılabilir.

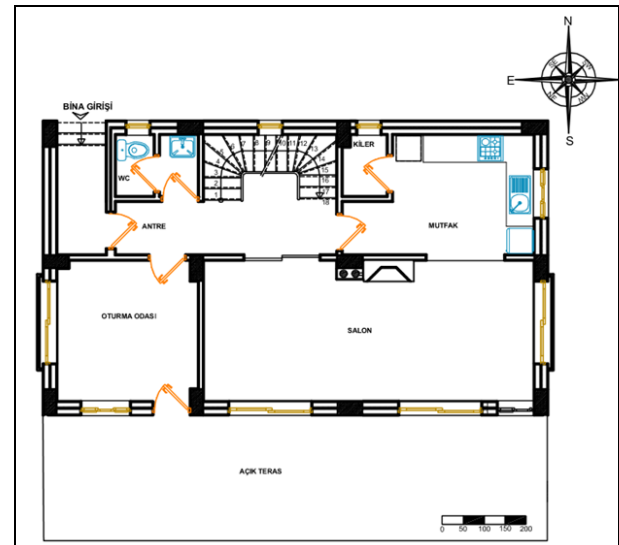
Çalışmanın bu bölümünde ülkemizde çok sıkça uygulanan, ısı ve nem kontrolü açısından karakteristik örnek oluşturacağı düşünülen duvarların belirlenmesi yoluna gidilmiştir. Bu amaçla ülkemizde kullanımı yaygın olan ısı yalıtım malzemelerinden EPS köpük ile yalıtılmış duvar bileşenleri ve TS 825'in ön gördüğü ısı yalıtım şartlarının sağlanabileceğini gösteren duvar blokları ile dış duvar bileşenleri oluşturulmuştur. Farklı bileşenlerle 3. derece gün bölgesine uygun ve aynı zamanda yoğuşma meydana getirmeyecek ısı yalıtım malzemesi ve duvar bileşeni kalınlıkları tespit edilmiştir. Bu amaçla iki katlı betonarme bir konut projesi kullanılmıştır. Örnek bina modelinde oluşturulan duvar detayları için malzeme kalınlıkları, yoğuşma tahkikleri ve bina modeli için sağladığı ısı enerjisi kazançları belirlenmiştir.

Malzeme kalınlıklarının tespiti, yoğuşma tahkikleri ve ısı enerjisi kazançlarının hesabı için Türkiye Gaz beton Üreticileri Birliği'nin hazırladığı TS 825 Isı Yalıtım Hesaplama Programı'ndan faydalanılmıştır. Bu programla yürürlükteki TS 825 standardında açıklanan hesap kabul ve yöntemlerine tam olarak uyumlu olan yazılımla, farklı yapılar ve bunlara bağlı çok çeşitli kesitler, kapı ve pencereler oluşturulabilmektedir. Geliştirilen yazılım kullanılarak özgül ısı kaybı, yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı, yoğuşma çizelgeleri ve grafikleri kolaylıkla hazırlanabilmekte, raporlar oluşturulabilmektedir [26].

Bu araştırma kapsamında aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

Hesaplamalarda konutların iç sıcaklıkları  $19^{\circ}\text{C}$ , iç ortam bağıl nemi,  $\phi_i = \%65$ 'tir. Yakıt türü kömür ve havalandırmasının doğal olduğu kabul edilmiştir. Dış duvarların termik konfor koşuluna göre (tam ısı korunumu) boyutlandırılmasında Eichler' in de kabul etmiş olduğu  $3^{\circ}\text{C}$ 'lik fark değeri esas alınmıştır [27]. Hesaplamalarda kullanılan örnek binaya ve binanın yapı elemanlarında ait özellikler ise şöyledir;

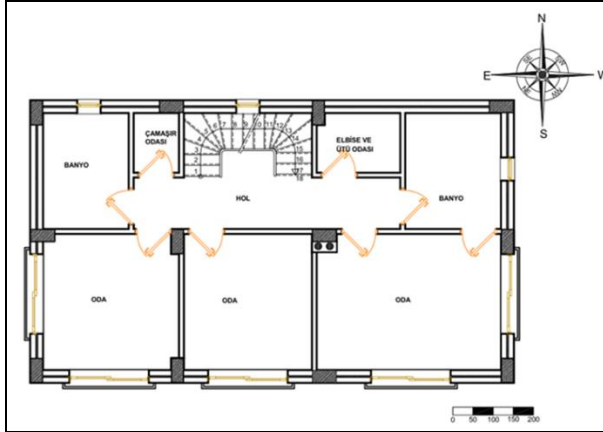
Örnek bina betonarme karkas sistemde, iki katlı, ahşap kırma çatılı müstakil bir bina olarak tasarlanmıştır. Kapı ve pencere doğramaları ısı yalıtımlı PVC doğrama olarak kabul edilmiştir. Zemin katta, ön cephede salon ve oturma odası, arka cephede mutfak, giriş, banyo, giriş ve merdiven vardır. Üst katta, ön cephede yatak odaları, arka cephede banyo, elbise odası gibi hacimler vardır (Şekil 1, 2, 3, 4). Yapıya ait çeşitli ölçüler ve katmanlar aşağıda Çizelge halinde verilmiştir (Çizelge 2 ve 3).



Şekil 1. Betonarme iskelet yapının zemin kat planı (Ground floor plan of reinforced concrete skeleton building)

Çizelge 2. Örnek yapının yapı elemanlarına ait ölçüler (Dimensions of building elements of sample building)

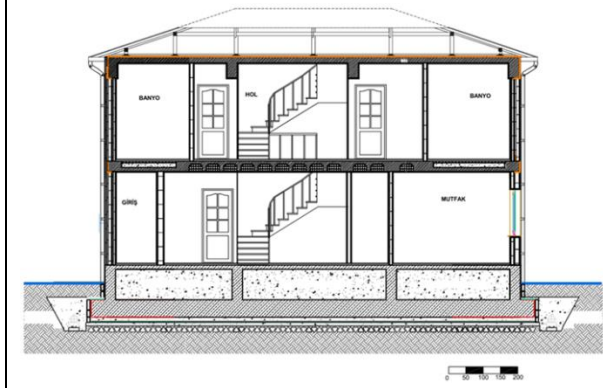
Toplam Alan (m <sup>2</sup> )	Taban Alanı (m <sup>2</sup> )	Kat Adedi	Binanın Hacmi (m <sup>3</sup> )	Toplam Duvar Alanı (m <sup>2</sup> )	Toplam Kolon Kiriş Alanı (m <sup>2</sup> )	Net Dolgu Duvar Alanı (m <sup>2</sup> )	Kolon Kiriş Alanı / Dış Cephe Alanı	Pencere Alanı / Duvar Alanı (%)	Toplam Pencere Alanı (m <sup>2</sup> )	Cephelerde Pencerelerin Alanları (m <sup>2</sup> )			
										Güney	Kuzey	Doğu	Batı
168,00	84,00	2	546,000	240,000	102,42	124,72	0,40	20	46,48	24,94	1,80	8,80	10,84



Şekil 2. Betonarme iskelet yapının normal kat planı (Second floor plan of reinforced concrete skeleton building)



Şekil 3. Betonarme iskelet yapının ön görünüşü (Front view of reinforced concrete skeleton building)



Şekil 4. Betonarme iskelet yapının kesiti (Section of reinforced concrete skeleton building)

**Çizelge 3.** Örnek yapının dış yapı elemanlarına ait katmanlar (Layers of outer building elements of sample building)

**Tavan döşemesi katmanları (içten dışa):**

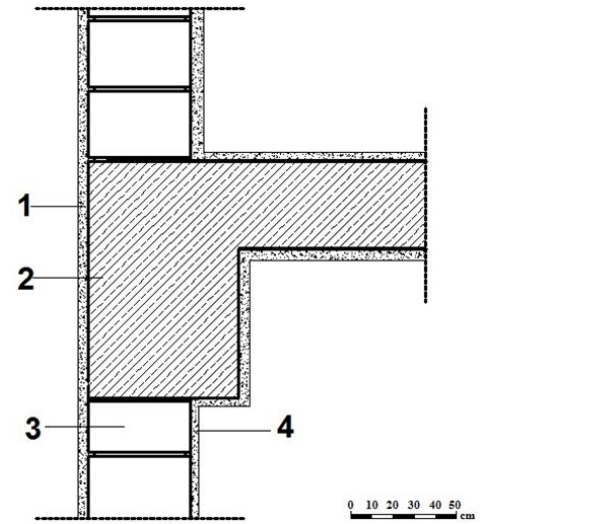
- 1 cm kalınlığında 0,70 W/mK ısı iletkenliğine sahip alçı sıva,
- 15 cm kalınlığında 2,5 W/mK ısı iletkenliğine sahip betonarme döşeme,
- 2,5 cm kalınlığında 1,4 W/mK ısı iletkenliğine sahip çimento şap,

- 11 cm kalınlığında 0,035 W/mK ısı iletkenliğine sahip mineral lifli ısı yalıtım malzemesi (taş yünü)

**Zemine oturan döşeme altında bulunan katmanlar (içten dışa doğru):**

- 3 cm kalınlığında 0,20 W/mK ısı iletkenliğine sahip (kayın, meşe) parke döşeme kaplaması
- 0,5 cm kalınlığında 0,035 W/mK ısı iletkenliğine sahip yalıtım şiltesi
- 3 cm kalınlığında 1,4 W/mK ısı iletkenliğine sahip çimento şap
- 3 cm kalınlığında 1,65 W/mK ısı iletkenliğine sahip tesviye betonu
- 10 cm kalınlığında 0,035 W/mK ısı iletkenliğine sahip ekstrüde polistiren köpük ısı yalıtım malzemesi uygulanmıştır.
- 90 cm kalınlığında 2,0 W/mK ısı iletkenliğine sahip stabilize dolgu
- 40 cm kalınlığında 2,5 W/mK ısı iletkenliğine sahip betonarme temel

**Kapı:** 2,0 W/mK ısı iletkenliğine sahip plastik doğrama



1. Çimento harçlı dış sıva 3 cm  $\lambda=1,60$  W/mK,  $\mu=15$
2. Betonarme kiriş 30 cm  $\lambda=2,5$  W/mK,  $\mu=100$
3. Yatay delikli tuğla 20 cm  $\lambda=0,33$  W/mK,  $\mu=8$
4. Alçı harçlı, kireçli alçı harcı 2 cm  $\lambda=0,70$  W/mK,  $\mu=10$

Şekil 5. Yalıtımsız duvar detayı (Uninsulated wall detail)

Örnek binanın dış duvarları sekiz ayrı şekilde detaylandırılmıştır; a) Yalıtımsız tuğla duvar b) İçten yalıtımlı tuğla duvar c) Dıştan yalıtımlı tuğla duvar d) Ortadan yalıtımlı tuğla duvar e) Gaz beton blok duvar f) Bims blok duvar g) Perlitli beton blok duvar h) Bims agregalı EPS tabakalı blok duvar. Gaz beton blok, bims blok, perlitli beton blok ve bims agregalı EPS yalıtımlı blok elemanlar Türkiye’de ticari olarak piyasaya sunulan ürünler olduğu için tercih edilmiştir. Isı yalıtım malzemesi olarak ta yine ülkemizde yaygın olarak

kullanılan EPS ısı yalıtım levhası seçilmiştir. Bu uygulamalar için ayrı ayrı hesaplama yapılmıştır.

**Yalıtımsız tuğla duvar uygulaması (Uninsulated brick wall application):** Binanın öncelikle yalıtımsız durumu analiz edildi ve binanın yapı elemanlarının yalıtımsız durumdaki ısı kayıpları tespit edildi (Şekil 5). Betonarme karkas taşıyıcı sistemde yatay delikli tuğla duvarlı olarak öngörülen yapının duvarının ısı geçirgenlik katsayısı  $U = 1,215 \text{ W/m}^2\text{K}$  olarak hesaplanmıştır. Duvar içerisinde yoğuşma meydana gelmiştir, ancak yoğuşan su miktarı TS 825'te belirtilen sınırlar içerisinde ve yoğuşan suyun kütlesi buharlaşan suyun kütlesinden küçük ( $0,04 < 1 \text{ kg/m}^2$ ) olduğundan yoğuşma zararsızdır. Kolon kiriş bölgesi için  $U = 2,965 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dır ve bu bölgede ise daha yüksek miktarda yoğuşma meydana gelmiştir. Yoğuşma miktarı TS 825 te belirtilen sınırlardan yüksektir ( $4,56 > 1 \text{ kg/m}^2$ ) ancak yoğuşan suyun kütlesi buharlaşan suyun kütlesinden küçüktür.

Binanın yalıtımsız durumu için yapılan hesaplamalar sonucu iletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı  $717,66 \text{ W/K}$ , havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı  $115,32 \text{ W/K}$ , binanın toplam ısı kaybı ise  $832,98 \text{ W/K}$  olarak bulunmuştur. TS 825 kapsamında müsaade edilen maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı  $29,99 \text{ kWh/m}^3$

bölgesi için tuğla duvar üzerine EPS köpük ısı yalıtım malzemesi için gerekli kalınlık  $5 \text{ cm}$  olarak hesaplanmıştır. Isı geçirgenlik katsayısı  $U = 0,445 \text{ W/m}^2\text{K}$  bulunmuştur. Duvarda ısı yalıtımı tabakasında yoğuşma meydana gelmiştir, ancak duvarda yoğuşan su miktarı TS 825'te belirtilen sınırlar içerisinde ve yoğuşan suyun kütlesi buharlaşan suyun kütlesinden küçük ( $0,31 < 0,50 \text{ kg/m}^2$ ) olduğundan yoğuşma zararsızdır. Isı tutucudan geçen buhar, soğuk bölgede yoğuşma olasılığına sahiptir. Isı tutucu malzemenin sıcak tarafına buhar kesici bir katman eklenerek yoğuşma önlenir.(Gürdal ve Acun, 2005). Kolon kiriş bölgesinde gerekli yalıtım kalınlığı  $6 \text{ cm}$  olarak tespit edilmiştir, ancak yoğuşmanın standart değerlerde kalması için yalıtımın  $3 \text{ cm}$ 'si içten,  $3 \text{ cm}$ 'si dıştan uygulanmıştır. Bu şekilde ve kolon kiriş bölgesi için ısı geçirgenlik katsayısı  $U = 0,489 \text{ W/m}^2\text{K}$  olarak hesaplanmış ve yoğuşma meydana gelmemiştir (Şekil 6). Binanın içten yalıtımlı durumu için hesaplanan ısı kaybı ve enerji ihtiyacı değerleri çizelgede verilmiştir (Çizelge 5).

**Dıştan yalıtımlı tuğla duvar uygulaması (Externally insulated brick wall application):** Tuğla duvar üzerine EPS köpük ısı yalıtım malzemesi için hesaplanan gerekli

**Çizelge 4.** Örnek yapının yalıtımsız durumda yapı elemanlarındaki ısı kayıpları (Heat losses of the sample building in uninsulated building elements)

YAPI ELEMANLARI	ALAN (m <sup>2</sup> )	M <sup>2</sup> BAŞINA ISI KAYBI (W/m <sup>2</sup> K)	TOPLAM ISI KAYBI (W/K)
Betonarme tavan	84	3,349	225,05
Betonarme kolonlar ve kirişler	68,22	2,965	206,02
Tuğla dolgu duvar	124,72	1,215	152,66
Pencere	46,38	2	92,76
Zemine oturan döşeme	84	0,886	37,21
Kapı	1,98	2	3,96
<b>Toplam</b>			<b>717,66</b>

iken yalıtımsız binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı  $91,84 \text{ kWh/m}^3$  tür. Yalıtımsız binanın yapı elemanlarının ısı kayıpları aşağıdaki gibidir (Çizelge 4).

**İçten yalıtımlı tuğla duvar uygulaması (Internally insulated brick wall application):** Üçüncü derece gün

kalınlık  $5 \text{ cm}$ 'dir. Isı geçirgenlik katsayısı  $U = 0,445 \text{ W/m}^2\text{K}$  olarak bulunmuştur ve yoğuşma meydana gelmemiştir. Kolon kiriş bölgesinde gerekli yalıtım kalınlığı  $6 \text{ cm}$  olarak tespit edilmiştir, ısı geçirgenlik katsayısı  $U = 0,489 \text{ W/m}^2\text{K}$  olarak hesaplanmış ve bu

**Çizelge 5.** İçten/dıştan yalıtımlı duvarda hesaplanan ısı kaybı ve enerji ihtiyacı değerleri (Calculated values of heat loss and energy needs in internal / external wall insulation)

İletim yolu ile ısı kaybı (W/K)	220,09
Havalandırma yoluyla ısı kaybı (W/K)	115,32
Toplam ısı kaybı (W/K)	336,22
TS 825'e göre yıllık ısıtma ihtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	29,99
Yapının hesaplanan yıllık ısıtma ihtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	29,47

**Çizelge 6.** Ortadan yalıtımlı duvarda hesaplanan ısı kaybı ve enerji ihtiyacı değerleri (Calculated values of heat loss and energy needs in double-layer walls)

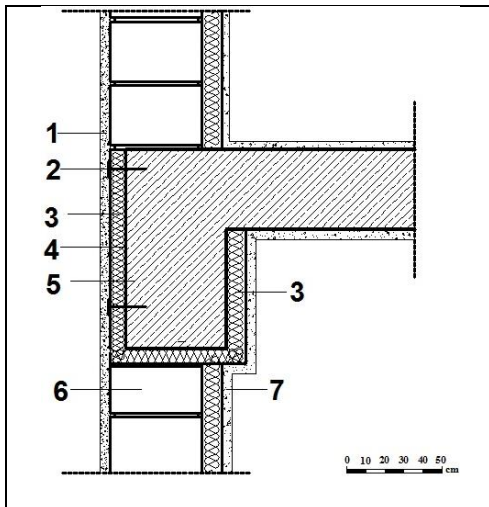
İletim yolu ile ısı kaybı (W/K)	223,5
Havalandırma yoluyla ısı kaybı (W/K)	115,32
Toplam ısı kaybı (W/K)	338,82
TS 825'e göre yıllık ısıtma ihtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	29,99
Yapının hesaplanan yıllık ısıtma ihtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	29,30

bölgede de yoğuşma meydana gelmemiştir. Yalıtım kalınlığının dış cephede süreklilik ve işçilik kolaylığı açısından 6 cm alınması uygun olacaktır (Şekil 7). Binanın dıştan yalıtımlı durumu için hesaplanan ısı kaybı ve enerji ihtiyacı değerleri içten yalıtımlı durumla aynıdır (Çizelge 5)

**Ortadan yalıtımlı tuğla duvar uygulaması (Insulated cavity brick wall application):** Üçüncü derece gün bölgesi için çift tabakalı tuğla duvar arasında EPS köpük ( $\lambda=0,035$  W/mK) ısı yalıtım malzemesi için gerekli kalınlık 5 cm'dir. Isı geçirgenlik katsayısı  $U = 0,434$  W/m<sup>2</sup>K olarak hesaplanmıştır. Duvarda ısı yalıtım tabakasında yoğuşma meydana gelmiştir, ancak duvarda yoğuşan su miktarı TS 825'te belirtilen sınırlar içerisinde ve yoğuşan suyun kütlesi buharlaşan suyun kütlesinden küçük ( $0,24$  kg/m<sup>2</sup> <  $0,50$  kg/m<sup>2</sup>) olduğundan yoğuşma zararsızdır. Kolon kiriş bölgesinde gerekli yalıtım kalınlığı 6 cm olarak tespit edilmiştir, ancak yoğuşmanın standart değerlerde kalması için yalıtımın 3 cm'si içten, 3 cm'si dıştan uygulanmıştır. Bu şekilde ve kolon kiriş bölgesi için ısı geçirgenlik katsayısı  $U=0,489$  W/m<sup>2</sup>K olarak hesaplanmış ve yoğuşma meydana gelmemiştir (Şekil 8). Binanın ortadan yalıtımlı durumu için hesaplanan ısı kaybı ve enerji ihtiyacı değerleri çizelgede verilmiştir (Çizelge 6).

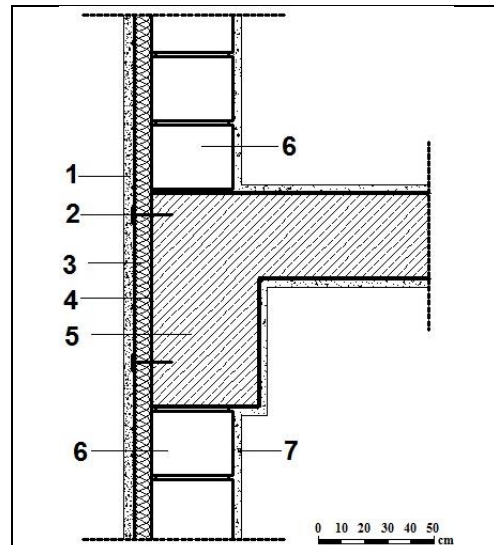
**Gaz beton uygulaması (Aerated concrete application):** Gaz beton blok uygulaması için iki farklı hesap yapılmıştır. İlki 400 kg/m<sup>3</sup> birim hacim ağırlıklı (BHA),  $\lambda=0,13$  W/mK ısı iletkenlik hesap değerine sahip gaz beton bloktur ve gerekli ısı yalıtımı değerini sağlayan gaz beton blok kalınlığı 25 cm'dir. Isı geçirgenlik katsayısı  $U = 0,434$  W/m<sup>2</sup>K olarak hesaplanmıştır. Duvarda yoğuşma standart tabakalarda meydana gelmiştir, ancak duvarda yoğuşan su miktarı TS 825'te belirtilen sınırlar içerisinde ve yoğuşan suyun kütlesi buharlaşan suyun kütlesinden küçük ( $0,60$  kg/m<sup>2</sup> <  $1$  kg/m<sup>2</sup>) olduğundan yoğuşma zararsızdır. Kolon kiriş bölgesinde  $U=0,469$  W/m<sup>2</sup>K olarak hesaplanmış ve kolon kiriş bölgesinde dıştan 9 cm kalınlığında gaz beton ısı yalıtım levhası kullanılarak yoğuşma engellenmiştir. Kolon kiriş bölgesinde EPS köpük ( $\lambda=0,035$  W/mK) ile yalıtım uygulandığında gerekli kalınlık 6 cm'dir (Şekil 9). Binanın gaz beton blok uygulaması için hesaplanan ısı kaybı ve enerji ihtiyacı değerleri çizelgede verilmiştir (Çizelge 7).

İkincisi 600 kg/m<sup>3</sup> BHA'lı,  $\lambda=0,19$  W/mK ısı iletkenlik hesap değerine sahip gaz beton bloktur ve gerekli ısı yalıtımı değerini sağlayan gaz beton blok kalınlığı 35 cm'dir. Isı geçirgenlik katsayısı  $U = 0,487$  W/m<sup>2</sup>K olarak hesaplanmıştır. Duvarda yoğuşma standart tabakalarda



Çimento harçlı dış sıva 2 cm  $\lambda=1,60$  W/mK,  $\mu= 15$   
 Döbel  
 Isı yalıtım levhası (eps) duvarda 5 cm kalınlığında kolon kiriş birleşiminde 3 cm içten 3 cm dıştan toplam 6 cm kalınlığında  $\lambda=0,035$  W/mK,  $\mu=30$   
 Yapıştırıcı  
 Betonarme kiriş 30 cm  $\lambda=2,5$  W/mK,  $\mu= 100$   
 Yatay delikli tuğla 20 cm  $\lambda=0,33$  W/mK,  $\mu= 8$   
 Alçı harçlı, kireçli alçı harcı 2 cm  $\lambda=0,70$  W/mK,  $\mu= 10$

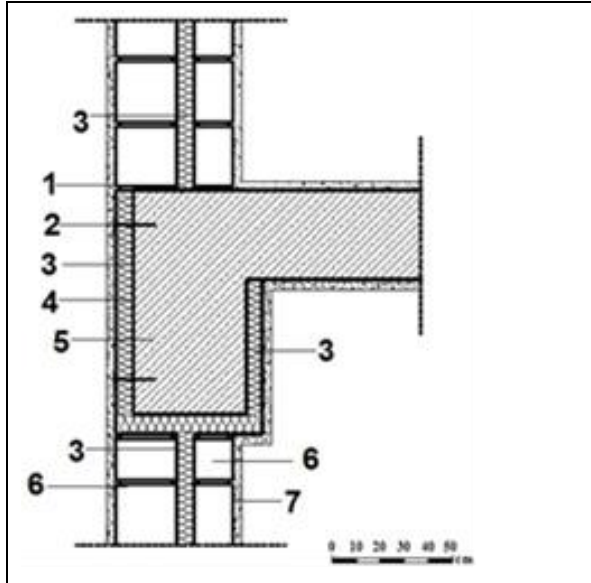
Şekil 6. İçten yalıtımlı duvar detayı (Internally insulated wall detail)



Çimento harçlı dış sıva 2 cm  $\lambda=1,60$  W/mK,  $\mu= 15$   
 Döbel  
 Isı yalıtım levhası (eps) 6 cm  $\lambda=0,035$  W/mK,  $\mu=30$   
 Yapıştırıcı  
 Betonarme kiriş 30 cm  $\lambda=2,5$  W/mK,  $\mu= 100$   
 Yatay delikli tuğla 20 cm  $\lambda=0,33$  W/mK,  $\mu= 8$   
 Alçı harçlı, kireçli alçı harcı 2 cm  $\lambda=0,70$  W/mK,  $\mu= 10$

Şekil 7. Dıştan yalıtımlı duvar detayı (Externally insulated wall detail)

meydana gelmiştir, ancak duvarda yoğuşan su miktarı TS 825'te belirtilen sınırlar içerisinde ve yoğuşan suyun kütlesi buharlaşan suyun kütlesinden küçük ( $0,25 \text{ kg/m}^2 < 1 \text{ kg/m}^2$ ) olduğundan yoğuşma zararsızdır. Kolon giriş bölgesinde  $U=0,469 \text{ W/m}^2\text{K}$  olarak hesaplanmış ve kolon giriş bölgesinde dıştan 9 cm kalınlığında gaz beton ısı yalıtım levhası kullanılarak yoğuşma engellenmiştir. Kolon giriş bölgesinde EPS köpük ( $\lambda=0,035 \text{ W/mK}$ ) ile yalıtım uygulandığında gerekli kalınlık 6 cm'dir (Şekil 9).



- 1- Çimento harçlı dış sıva 2 cm  $\lambda=1,60 \text{ W/mK}$ ,  $\mu= 15$
- 2- Dübeler
- 3- Isı yalıtım levhası (eps) duvarda 5 cm kalınlığında kolon giriş birleşiminde, 3cm içten 3 cm dıştan toplam 6 cm kalınlığında  $\lambda=0,035 \text{ W/mK}$ ,  $\mu= 30$
- 4- Yapıştırıcı
- 5- Betonarme kiriş 30 cm  $\lambda=2,5 \text{ W/mK}$ ,  $\mu= 100$
- 6- Yatay delikli tuğla 13,5 - 8,5 cm  $\lambda=0,33 \text{ W/mK}$ ,  $\mu= 8$
- 7- Alçı harç, kireçli alçı harcı 2 cm  $\lambda=0,70 \text{ W/mK}$ ,  $\mu= 10$

**Şekil 8.** Çift tabakalı duvar detayı (Wall detail with double layer)

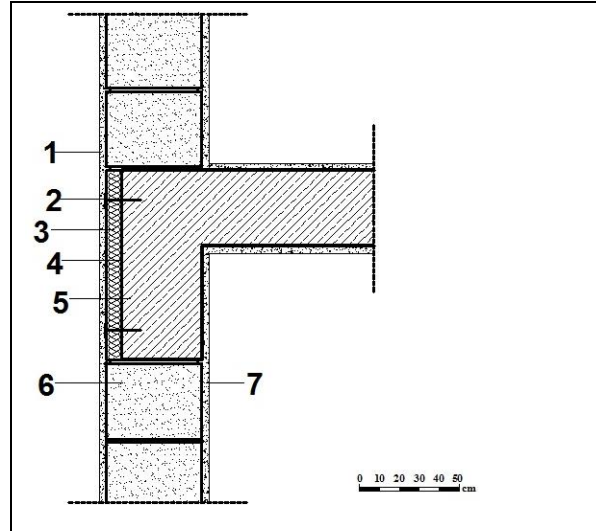
**Çizelge 7.** Gaz beton ( BHA:  $400 \text{ kg/m}^3$ ) duvarda hesaplanan ısı kaybı ve enerji ihtiyacı değerleri (Calculated values of heat loss and energy needs in aerated concrete block wall)

İletim yolu ile ısı kaybı (W/K)	226,50
Havalandırma yoluyla ısı kaybı (W/K)	115,32
Toplam ısı kaybı (W/K)	341,82
TS 825'e göre yıllık ısıtma ihtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	29,99
Yapının hesaplanan yıllık ısıtma ihtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	29,67

Binanın gaz beton blok uygulaması için hesaplanan ısı kaybı ve enerji ihtiyacı değerleri çizelgede verilmiştir (Çizelge 8).

#### Bims blok uygulaması (Pumice block application):

Duvar bileşeni olarak bims blok ( $\lambda=0,186 \text{ W/mK}$ ) kullanıldığında duvarda gerekli ısı yalıtımı değerini sağlayan blok kalınlığı 35 cm'dir. Isı geçirgenlik katsayısı  $U = 0,478 \text{ W/m}^2\text{K}$  olarak hesaplanmış ve duvarda yoğuşma meydana gelmemiştir. Kolon giriş bölgesinde  $U=0,489 \text{ W/m}^2\text{K}$  olarak hesaplanmış ve kolon giriş bölgesinde dıştan 6 cm kalınlığında EPS köpük ısı yalıtım levhası kullanılarak yoğuşma engellenmiştir (Şekil 10). Binanın bims blok uygulaması



- 1- Çimento harçlı dış sıva 2 cm  $\lambda=1,60 \text{ W/mK}$ ,  $\mu= 15$
- 2- Dübeler
- 3- Isı yalıtım levhası (gazbeton) kolon giriş birleşiminde, 9 cm kalınlığında  $\lambda=0,05 \text{ W/mK}$ ,  $\mu= 3$
- 4- Yapıştırıcı
- 5- Betonarme kiriş 30 cm  $\lambda=2,5 \text{ W/mK}$ ,  $\mu=100$
- 6- A)  $400 \text{ kg/m}^3$  yoğunluğa sahip gaz beton blok 25 cm kalınlığında  $\lambda=0,13 \text{ W/mK}$ ,  $\mu= 8$
- 6- B)  $600 \text{ kg/m}^3$  yoğunluğa sahip gaz beton blok 35 cm kalınlığında  $\lambda=0,19 \text{ W/mK}$ ,  $\mu= 8$
- 7- Alçı harç, kireçli alçı harcı 2cm  $\lambda=0,70 \text{ W/mK}$ ,  $\mu= 10$

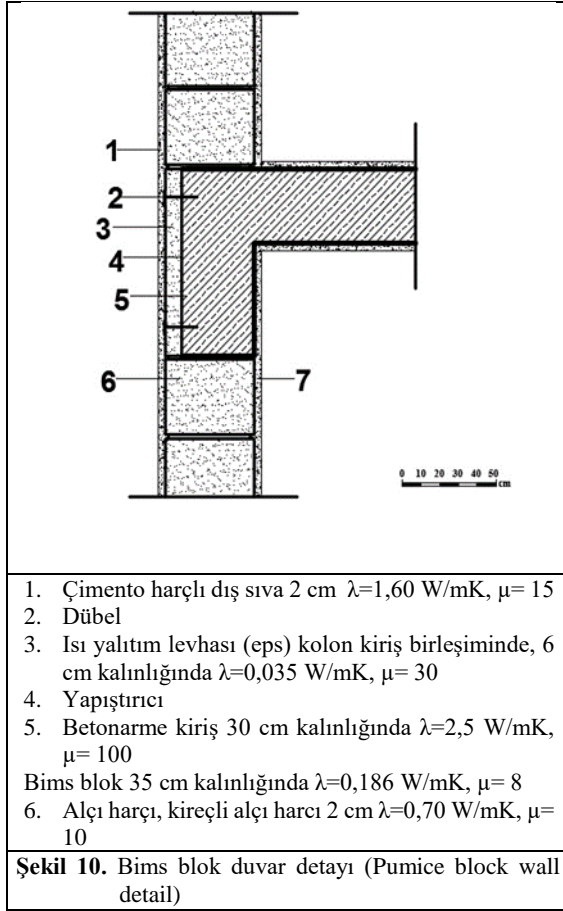
**Şekil 9.** Gazbeton blok duvar detayı (Wall detail of aerated concrete block)

**Çizelge 8.** Gaz beton (BHA:  $600 \text{ kg/m}^3$ ) duvarda hesaplanan ısı kaybı ve enerji ihtiyacı değerleri (Calculated values of heat loss and energy needs in aerated concrete block wall)

İletim yolu ile ısı kaybı (W/K)	228,75
Havalandırma yoluyla ısı kaybı (W/K)	115,32
Toplam ısı kaybı (W/K)	344,07
TS 825'e göre yıllık ısıtma ihtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	29,99
Yapının hesaplanan yıllık ısıtma ihtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	29,95



için hesaplanan ısı kaybı ve enerji ihtiyacı değerleri çizelgede verilmiştir (Çizelge 9).

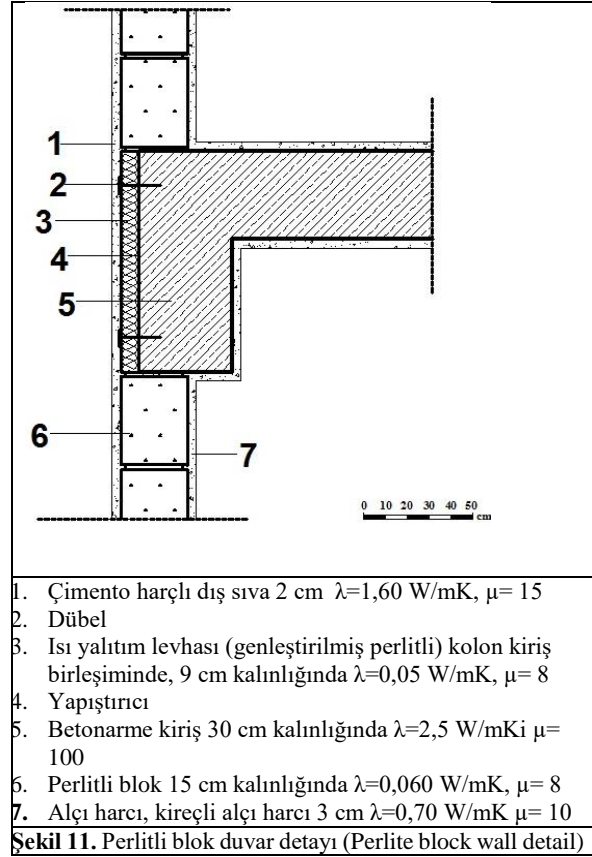


Çizelge 9. Bims blok duvarda hesaplanan ısı kaybı ve enerji ihtiyacı değerleri (Calculated values of heat loss and energy needs in pumice block wall)	
İletim yolu ile ısı kaybı (W/K)	228,99
Havalandırma yoluyla ısı kaybı (W/K)	115,32
Toplam ısı kaybı (W/K)	344,31
TS 825'e göre yıllık ısıtma ihtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	29,99
Yapının hesaplanan yıllık ısıtma ihtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	29,98

**Perlit agregalı blok uygulaması (Perlite aggregated block application):** Duvar bileşeni olarak perlit agregalı blok ( $\lambda=0,060$  W/mK) kullanıldığında duvarda ısı yalıtımı değerini sağlayan blok kalınlığı 15 cm'dir, ticari olarak 16 cm kalınlıkta temin edilebilmektedir. Isı geçirgenlik katsayısı  $U = 0,367$  W/m<sup>2</sup>K olarak hesaplanmıştır.

Duvarda yoğuşma standart tabakalarda meydana gelmiştir, ancak duvarda yoğuşan su miktarı TS 825'te belirtilen sınırlar içerisinde ve yoğuşan suyun kütlesi buharlaşan suyun kütlesinden küçük ( $0,49$  kg/m<sup>2</sup> <  $1$  kg/m<sup>2</sup>) olduğundan yoğuşma zararsızdır. Kolon kiriş bölgesinde  $U=0,469$  W/m<sup>2</sup>K olarak hesaplanmış ve

kolon kiriş bölgesinde dıştan 9 cm kalınlığında perlit agregalı ısı yalıtım levhası kullanılarak yoğuşma

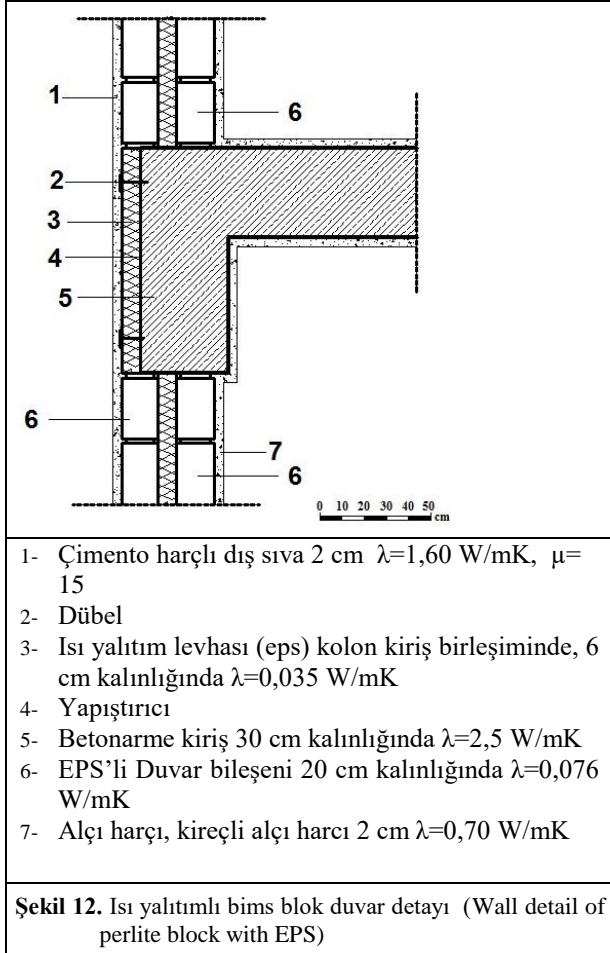


Çizelge 10. Perlit agregalı blok duvarda hesaplanan ısı kaybı ve enerji ihtiyacı değerleri (Calculated values of heat loss and energy needs in perlite block wall)	
İletim yolu ile ısı kaybı (W/K)	213,57
Havalandırma yoluyla ısı kaybı (W/K)	115,32
Toplam ısı kaybı (W/K)	328,89
TS 825'e göre yıllık ısıtma ihtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	29,99
Yapının hesaplanan yıllık ısıtma ihtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	28,08

engellenmiştir. Kolon kiriş bölgesinde EPS köpük ısı yalıtım levhası kullanıldığında 6 cm kalınlık yeterli olmaktadır. (Şekil 11). Binanın perlit agregalı blok uygulaması için hesaplanan ısı kaybı ve enerji ihtiyacı değerleri çizelgede verilmiştir (Çizelge 10).

**EPS yalıtımlı bims blok uygulaması (Application of pumice block with EPS insulated):** EPS yalıtımlı bims blok için gerekli kalınlık 20 cm olarak tespit edilmiştir. Bu kalınlık için  $U=0,352$  W/m<sup>2</sup>K olarak hesaplanmış ve duvarda yoğuşma standart tabakalarda meydana gelmiştir. Duvarda yoğuşan su miktarı TS 825'te belirtilen sınırlar içerisinde  $6,26 > 1$  kg/m<sup>2</sup> değildir. Yoğuşan suyu buharlaşma yoluyla atılabilmektedir.

Ancak yapı bileşenlerinin nemlenmesi ısı iletkenlik katsayılarını arttıracığından yoğuşmanın da artması muhtemeldir. Kolon giriş bölgesinde dıştan 6 cm kalınlığında EPS köpük ısı yalıtım levhası kullanılarak  $U=0,489$  W/m<sup>2</sup>K olarak hesaplanmış ve yoğuşma engellenmiştir (Şekil 12). Binanın perlit agregalı blok uygulaması için hesaplanan ısı kaybı ve enerji ihtiyacı değerleri çizelgede verilmiştir (Çizelge 11).



**Çizelge 11.** Bims agregalı hafif beton ve EPS yalıtımlı blok duvarda hesaplanan ısı kaybı ve enerji ihtiyacı değerleri (Calculated values of heat loss and energy needs in double-layer block wall)

İletim yolu ile ısı kaybı (W/K)	213,27
Havalandırma yoluyla ısı kaybı (W/K)	115,32
Toplam ısı kaybı (W/K)	328,59
TS 825'e göre yıllık ısıtma ihtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	29,99
Yapının hesaplanan yıllık ısıtma ihtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	28,05

Aşağıda farklı duvar detayları için yapılan analiz sonuçları toplu olarak çizelge halinde verilmiştir (Çizelge 12). Sonuçlarda yapı elemanları aracılığı ile gerçekleşen ısı kayıplarındaki artışa paralel olarak, binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının da arttığı görülmüştür. Yapının duvarlarının ısı yalıtımsız hali ile standarda uygun yalıtım şartlarının sağlandığı durumlar karşılaştırıldığında enerji ihtiyacının en az 1/3 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

**Çizelge 12.** Farklı bileşenlerle oluşturulmuş duvarlarda oluşan ısı kayıpları ve bu duvarların bulunduğu yapıların yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Heat losses in walls formed with different components and annual heating energy need of the buildings that have these walls)

Duvar örnekleri	Duvar kalınlığı (cm)	Isı yalıtım (eps) kalınlığı (cm)	Betonarme yüzey yalıtımı	Duvarda yoğuşma tahkiki sonucu	Kolon-kiriş bölgesinde yoğuşma tahkiki sonucu	U değeri (W/m <sup>2</sup> K)	Toplam ısı kaybı (W/K)	TS 825'e göre yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )	Hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (kWh/m <sup>3</sup> )
<b>Yalıtımsız duvar örneği</b>									
Yalıtımsız duvar	19	Yok	Yok	Var	Var	1,215	808,75	29,99	91,84
<b>Yalıtımlı duvar örnekleri</b>									
İçten yalıtımlı duvar	19	5	6 cm (eps)	Zararsız	Yok	0,445	224,87	29,99	29,47
Dıştan yalıtımlı duvar	19	5	3 cm + 3 cm (eps)	Yok	Yok	0,445	224,87	29,99	29,47
Ortadan yalıtımlı duvar	19	5	6 cm (eps)	Zararsız	Yok	0,434	338,82	29,99	29,30
<b>Uygun yapı malzemesi seçilen duvar örnekleri</b>									
Gaz beton duvar (400 kg/m <sup>3</sup> )	25	Yok	9 cm (gaz beton)	Zararsız	Yok	0,434	341,82	29,99	29,67
Gaz beton duvar (600 kg/m <sup>3</sup> )	35	Yok	9 cm (gaz beton)	Zararsız	Yok	0,487	344,07	29,99	29,95
Bims blok duvar	35	Yok	6 cm (eps)	Yok	Yok	0,478	344,31	29,99	29,98
Perlitli blok duvar	15	Yok	9 cm (perlit)	Zararsız	Yok	0,367	328,89	29,99	28,08
Tabakalı blok duvar	20	Yok	6 cm (eps)	Zararsız	Yok	0,352	328,59	29,99	28,05

Yalıtım malzemesi kullanılan duvar detayları ile doğrudan yapı bileşenleri ile yalıtım şartlarının sağlandığı detaylar karşılaştırıldığında ise, yapı bileşenlerinin kalınlığının çok fazla arttırmaya gerek kalmaksızın, enerji kaybı değerinin ısı yalıtımlı örneklerden daha düşük seviyede kaldığı belirlenmiştir. Yapı bileşeni ve yalıtım malzemesi için elde edilen kalınlık değerleri 3. Derece gün bölgesi için TS 825 tarafından istenen yapı elemanları ısı geçirgenlik (U) sayısını sağlayan ölçülerdir. Yapının ısı kayıplarını daha fazla azaltmak ve yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacını düşürmek için ısı yalıtım malzemesi ve yapı bileşeni kalınlıkları artırılabilir.

#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Oluşturulan farklı detaylandırmalara ait veriler şu şekilde değerlendirilmiştir;

Tuğla dolgu duvarlı betonarme iskelet yapı, EPS köpük ısı yalıtım malzemesi ile içten, dıştan ve çift tabakalı duvarda ortadan yalıtılmıştır. Her üç uygulama için de

yalıtım kalınlığı 5 cm olarak tespit edilmiştir. İçten yalıtım ve sandviç duvar yalıtım uygulamasında kolon giriş bölgesinde içten ve dıştan üçer santimetre yalıtım yapılarak yoğunlaşma oluşması engellenmiştir. Dıştan yalıtımda ise kolon giriş bölgesinde EPS köpük ısı yalıtım malzemesi ile 6 cm yalıtım yapılmıştır.

Yalıtımlı uygulamalara alternatif olarak görülebilecek gaz beton, bims, perlit, yalıtımlı blok uygulamaları için malzeme kalınlığı ve kolon giriş bölgesinde yalıtım malzemesi kalınlığı tespit edilmiştir. 400 kg/m<sup>3</sup> yoğunluklu, 0,13 w/mK ısı iletkenlik hesap değerine sahip gaz beton için, gerekli duvar kalınlığı, 3. Derece gün bölgesi için 25 cm olarak tespit edilmiştir. Kolon giriş bölgesinde uygulanması gereken yalıtım kalınlığı 0,05 W/mK ısı iletkenlik hesap değerine sahip gaz beton yalıtım paneli için 9 cm, EPS köpük için 6 cm'dir. 600 kg/m<sup>3</sup> yoğunluklu, 0,19 w/mK ısı iletkenlik hesap değerine sahip gaz beton için gerekli duvar kalınlığı, 3. Derece gün bölgesi için 35 cm olarak tespit edilmiştir. Zararsız seviyede yoğunlaşma meydana gelmiştir. Kolon giriş bölgesinde ise yoğunlaşma yoktur.

Bims blok için ise, gerekli duvar kalınlığı, 3. Derece gün bölgesi için 35 cm olarak tespit edilmiştir. Kolon giriş bölgesinde uygulanması gereken yalıtım kalınlığı 0,035 W/mK ısı iletkenlik hesap değerine sahip EPS köpük ısı yalıtım malzemesi ile 6 cm yalıtım yapılmıştır. Duvarda ve kolon giriş bölgesinde ise yoğunlaşma yoktur.

2200 kg/m<sup>3</sup> yoğunluklu, 0,060 w/mK ısı iletkenlik hesap değerine sahip perlit agregalı duvar bloğu için, gerekli duvar kalınlığı, 3. Derece gün bölgesi için 15 cm olarak tespit edilmiştir. Kolon giriş bölgesinde uygulanması gereken yalıtım kalınlığı 0,05 W/mK ısı iletkenlik hesap değerine sahip perlit esaslı ısı yalıtım paneli için 9 cm, EPS köpük ısı yalıtım malzemesi için 6 cm dir. Yoğunlaşma meydana gelmiştir ancak yoğunlaşan su buharlaşma yoluyla atılabilmektedir. Kolon giriş bölgesinde ise yoğunlaşma yoktur.

EPS yalıtım tabakalı bims agregalı hafif beton 0,076 w/mK ısı iletkenlik hesap değerine sahiptir. Bu duvar bloğu için, gerekli kalınlık, 3. Derece gün bölgesi için 20 cm olarak tespit edilmiştir. Yoğunlaşma miktarı 6,26>1 kg/m<sup>2</sup> olarak diğer detaylandırmalara kıyasla yüksek seviyede bulunmuştur. Bu yoğunlaşma diğer aylarda buharlaşma yoluyla atılabilir gözükse de yoğunlaşmanın meydana geldiği dönemlerde yapı elemanlarının ısı geçirgenliklerini arttıracığından zararlı boyutlara ulaşacağı beklenebilir. Kolon giriş bölgesinde ise yoğunlaşma yoktur.

Bir yapı sistemi içinde yer alan her yapı gereci, difüzyon olayına karşı birbirinden oldukça farklı dirençleri ortaya koyarlar. Difüzyon dirençleri, nemsel akım yönünde belli ölçülerde azalarak gelişen yapı düzenlerinde, yoğunlaşma yönünden herhangi bir sakınca olmayacaktır. Aynı şekilde, tek bir katmandan oluşan yapı elemanında da, difüzyon direnci ne düzeyde olursa olsun, söz konusu eleman açısından nemsel bir sakıncadan bahsedilemez. Katman sayısı çoğaldığında, bu katmanlara ait difüzyon dirençlerinin, nemsel akım yönünde belli ölçülerde

artarak sıralanması, nemsel akımın yapı bileşeni içinde uzun süre alıkonulması ya da en azından yavaşlatılması anlamına gelir. Bu, difüzyon olayı ile ilgili en önemli sorunlardan birisidir. Bu açıdan bakıldığında ortadan ısı yalıtımlı ve havalandırmasız çift kabuk dış duvarların, kış aylarında ısı akımına paralel gelişen su buharı akımı sonucu, yoğunlaşma olayı nedeni ile nemlenme olasılığı vardır. Duvar katmanları arasında higrotermik uyumun sağlanması için bir dizi önleme ek olarak iç, dış kabuk ve ısı yalıtım malzemelerinin uygun seçilmesi gerekir [27].

Yoğunlaşmanın hiç oluşmadığı konstrüksiyonlar en uygun konstrüksiyonlardır. Ancak, yoğunlaşmanın oluştuğu konstrüksiyonlarda mevsimlik yoğunlaşma suyu miktarı, belirlenen veya standartların önerdiği bir limitin altındaysa, yoğunlaşma düzlemi veya bölgesindeki tabakaların ısı iletkenlik katsayıları ve duvarın ısı geçirgenlik direnci hesaplanır. Dirençte bir azalma söz konusu değilse ve yoğunlaşma suyu sıcak dönemde buharlaşabiliyorsa, bu konstrüksiyonlar da uygun kabul edilir. Yoğunlaşma suyunun, belirlenen bir limiti aşması halinde, duvar tasarımının yeniden yapılması gerekir.

Isı tutuculuğu yeterli çok tabakalı bir duvarda, malzemelerin su buharı difüzyon direnç faktörü değerlerinin içten dışa doğru gittikçe küçülmesi halinde, buhar yoğunlaşması tehlikesi azalmakta, kuruma kolaylaşmaktadır [28].

Yapı malzemeleri içinde meydana gelen yoğunlaşmayı önlemek veya zararsız miktarlara indirebilmek için yapı elemanını meydana getiren tabakaları difüzyon tekniğine uygun bir şekilde sıralamak yani, yapı elemanının sıcak tarafına yalıtım malzemesi, soğuk tarafına buhar kesici koymaktan kaçınılmalıdır. Ayrıca iç ortam bağıl nemini mümkün olduğu kadar azaltmak da yararlıdır [29].

Farklı yapı bileşenleri ile oluşturulan detaylar için yapılan hesaplamalarla elde edilen sonuçlar yapının ısı yalıtım performansını arttırmak için yalıtım malzemesi kullanılabilir gibi, ek yalıtım malzemesi kullanmadan da uygun ısı geçirgenlik değerine sahip yapı bileşenleri kullanılarak eşdeğer performans sağlanabileceği ortaya konulmuştur. Bunun yanında duvar ve yalıtım uygulaması için ayrı ayrı malzeme ve işçilik maliyeti yerine duvar bloğu ile gerekli yalıtım koşulları sağlandığında sadece tek bir kalem için malzeme ve işçilik maliyeti söz konusu olacaktır.

Bims, perlit, silisli kum gibi malzemeler Türkiye coğrafyasında bol miktarda bulunan doğal kaynaklardır. Bims, perlit, silisli kum gibi yöresel malzemeler kullanılarak üretilen yapı malzemelerinin kullanımı, ithalat yolu ile elde edilen malzemelere olan bağımlılığı azaltır ve önemli ekonomik yararlar sağlar. Yöresel işgücünü harekete geçirerek bölgelerin ekonomisinin gelişmesine de katkı sağlar. Ayrıca hammaddesi dış kaynaklı malzemeler için harcanan taşıma enerjisinden de tasarruf edilmiş olur. Yapıların inşasında bulunduğu derece gün bölgesi dikkate alınmalıdır. Yapı elemanlarında gerekli U değerlerini sağlayan kesitlerin kalınlıkları ve özellikle ısı yalıtım katmanının konumu yoğunlaşma riski dikkate alınarak belirlenmelidir. Ayrıca bu

özelliklerle beraber yapı malzemesi ve bileşenin seçiminde enerji içeriği düşük malzemelere öncelik verilmelidir. Hammaddesi yöresel olarak elde edilebilen, yöresel olarak üretilen malzemeler taşıma enerjisinden de tasarruf sağlarlar. Doğal ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilmiş, geri dönüştürülebilir, yaşam döngüsü boyunca çevresel etkisi az olan malzemeler yapıların çevresel etkisinin azaltılmasına katkı sağlar. Yapı profesyonellerinin yapı malzemesi ve bileşeni seçiminde önceliklerini bu bağlamda belirlemeleri önem kazanmaktadır.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Isıtma ve Soğutma Gün Dereceleri <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/gun-derece.aspx> Erişim:03.05.16
- [2] Bolattürk, A., “Binalarda Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Hesabı ve Enerji Tasarrufundaki Rolü”, *14. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, Isparta, 41-47, (2003).
- [3] Bolattürk, A., “Determination of optimum insulation thickness for building walls with respect to various fuels and climate zones in Turkey”, *Applied Thermal Engineering*, 26: 1301–1309, (2006).
- [4] Bolattürk, A., “Optimum insulation thicknesses for building walls with respect to cooling and heating degree-hours in the warmest zone of Turkey”, *Building and Environment*, 43: 1055-1064, (2008).
- [5] Çomaklı, K., Yüksel, B., “Optimum insulation thickness of external walls for energy saving”, *Applied Thermal Engineering*, 23: 473-479, (2003).
- [6] Hasan, A., “Optimizing insulation thickness for buildings using life cycle cost”, *Applied Energy*, 63: 115-124, (1999).
- [7] Kaynaklı, O., “A study on residential heating energy requirement and optimum insulation thickness”, *Renewable Energy*, 33: 1164-1172, (2008).
- [8] Özel, M., Pıhtılı, K. “Determination of optimum insulation thickness by using heating and cooling degree-day values”, *Sigma, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 26 (3): 191-197, (2008).
- [9] Şişman, 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 regions”, *Energy Policy*, 35: 5151-5155, (2007).
- [10] Uçar, A., Balo, F. “Effect of fuel type on the optimum thickness of selected insulation materials for the four different climatic regions of Turkey”, *Applied Energy*, 86: 730–736, (2009).
- [11] Kürekçi, A., Bardakçı, A.T., Çubuk, H., Emanet, O., “Türkiye’nin tüm illeri için optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 131: 5-21, (2012).
- [12] Bostancıoğlu, E., “Residential building envelope alternatives with equivalent cost”, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 24 (2): 355-363, (2011).
- [13] Fertelli, A. “Determination of optimum insulation thickness for different building walls in Turkey” *Transactions of Famena*, 37 (2): 103-113, (2013).
- [14] Mishra, S., Usmani, J.A., Varshney, S., “Energy saving Analysis in building walls through thermal insulation system”, *International Journal of Engineering Research and Applications* 2 (5): 128-135, (2012).
- [15] Kaya, A.F., “Binalarda Isı Yalıtım Kurallarına Uygun Yapı Üretiminde Duvar Malzemesi Seçimine Yönelik Öneriler”, *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, (2010).
- [16] Aksoy, T.U., “Sandviç ve gaz beton duvar uygulamalarının ortalama ısı geçirgenlik katsayısı ve ısı kaybı üzerindeki etkisinin incelenmesi”, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 24, (1-2): 277- 290, (2008).
- [17] Koçu, N., Korkmaz, S.Z., “Konya çevresindeki yapılarda ısı yalıtımı uygulamalarının TS 825’e göre değerlendirilmesi ve çevre kirliliğine etkisi”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 74: 35-43, (2003).
- [18] Cihan, M.T., Sezer, F.Ş., Dilmaç, Ş., “Ülkemizde çift duvar arası yalıtım uygulamalarında betonarme kirişlerin oluşturduğu ısı köprülerinin değerlendirilmesi”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 10 (2): 33-47, (2005).
- [19] Umaroğulları, F., Gedik, G.Z. Mihlayanlar, E., “Periyodik rejimde yalıtımlı ve yalıtımsız betonarme duvarlarda yoğuşma denetimi: Edirne örneği”, *Megaron Dergisi*, 6 (1): 13-20, (2011).
- [20] Türkylmaz, O., “Türkiye enerjide nereye gidiyor?” *Mühendis ve Makine Dergisi*, 52(617): 40-46, (2011).
- [21] Esin T., Yüksek İ.,”Yapıların kullanım sürecindeki enerji etkinliğine etki eden faktörler” *International Sustainable Buildings Symposium*, Ankara, 562-564, (2010).
- [22] Keskin, T., “Binalar sektörü mevcut durum değerlendirmesi raporu”, Türkiye’nin İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planının Gerçekleştirilmesi Projesi, *Çevre ve Orman Bakanlığı*, Ankara. (2010).
- [23] WEB (2016). Isı yalıtım sanayicileri derneği, XPS Derneği’nden Türkiye’nin Isı Yalıtımı Bilinci Haritası, <http://www.xpsturkiye.org/haber-detay.asp?ID=10> Erişim Tarihi 03.05.16
- [24] TS 825 “Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı”, Türk Standartları Enstitüsü, (2008).
- [25] Sezer, F.Ş., “Türkiye’de ısı yalıtımının gelişimi ve konutlarda uygulanan dış duvar ısı yalıtım sistemleri”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 10 (2): 79-85, (2005).
- [26] TGUB Türkiye Gaz beton Üreticileri Birliği, “TS 825 Isı Yalıtımı Hesaplama Programı” <http://www.tgub.org.tr/default.asp?mid=239&L=TR> (2016).
- [27] Pehlevan, A., “Difüzyon tekniği açısından ortadan ısı yalıtımlı dış duvarlar”, *V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İzmir, (2001).
- [28] Gürdal, E., Acun, S., “Dış duvarların tasarımında ısı ve rutubet Etkisi”, *Çatı Cephe Fuarı - CNR*, İstanbul, 94-100, (2005).
- [29] Heperkan, H.A. Bircan, M.M. Sevindir, M.K. “Yapı malzemelerinde buhar difüzyonu ve yoğuşma”, *5. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*, İzmir, 461-470, (2001).