



## SANDVIÇ VE GAZBETON DUVAR UYGULAMALARININ ORTALAMA ISI GEÇİRGENLİK KATSAYISI VE ISI KAYBI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

U. Teoman AKSOY\*

Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü

### ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye'nin soğuk şehirlerinden biri olan Elazığ'daki (TS 825-3.Bölge) sandviç ve gazbeton duvar uygulamalarının, ortalama ısı geçirgenlik katsayısı ( $U_{ort}$ ) ve ısı kaybı (Q) araştırılmıştır. Mevcut durum ve yönetmelikteki uygulamaların ortalama U-değerleri ve ısı kaybı hesaplanmış ve karşılaştırılmaları yapılmıştır. Duvar uygulamalarının ortalama U-değerleri ve ısı kaybı TS 825'e göre hesaplanmıştır. Mevcut durum, gazbeton duvar uygulamalarında  $U_{ort}=0.99$  ve  $1.21$  W/m<sup>2</sup>K ve sandviç duvar uygulamalarında ise  $U_{ort}=0.94-1.13$  W/m<sup>2</sup>K olarak hesaplanmıştır. 3. bölge için istenen  $U=0.5$  W/m<sup>2</sup>K göre detaylandırılan, duvar uygulamalarında ısı kayıplarının yaklaşık % 35-55 azaldığı tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Isı geçirgenlik katsayısı; Gazbeton; Sandviç duvar; Isı kaybı.

## INVESTIGATION OF THE EFFECT ON OVERALL HEAT TRANSITION COEFFICIENT AND HEAT LOSS OF WALL APPLICATIONS WITH SANDWICH AND AERATED CONCRETE

### ABSTRACT

This study was investigated overall heat transition coefficient ( $U_{ove}$ ) and heat lost (Q) of sandwich and gasconcrete walls in the a cold city of Turkey like Elazığ (TS 825-3.Region). In study was compared the present applications and applications in the regulation. Overall U values and heat lost were calculated with Ts 825 method. In present applications of gasconcrete and sandwich wall, the  $U_{ove}$  values are determined as 0.99 and 1.21 W/m<sup>2</sup>K, 0.94-1.13 W/m<sup>2</sup>K respectively. If wall applications designed according to U value of 0.5 W/m<sup>2</sup>K for the 3 region, heat losses would decrease approximately 35-55 %.

**Keywords:** Heat transition coefficient; Aerated concrete; Sandwich wall; Heat loss.

\*E- posta: [taksoy@firat.edu.tr](mailto:taksoy@firat.edu.tr)

## 1. GİRİŞ

Yalıtım uygulaması bir ülke için vazgeçilmez bir unsurdur. Yalıtım sayesinde; enerji kaybının aşağıya çekilmesi, hava kirliliğinin azaltılması ve insanlardan alınan verimin artması sağlanır. Binalarımız için nasıl bir elektrik tesisatı, su tesisatı gerekliyse yalıtım da gereklidir. Çünkü ülkemizde büyük bir enerji tüketimi vardır. Dünya genelinde enerji tüketimi, son 25 yılda kişi başına %5 artmış olmasına rağmen, Türkiye’de bu oran %100’ün üzerindedir. Isıtma için harcanan enerji çok fazladır. Çünkü, binalarda hemen hemen hiç yalıtım yoktur ve konutlarda ısıtma için harcanan ortalama enerji tüketimi yılda 200 kWh/m<sup>2</sup>’nin üzerindedir [1]. 2000 yılında konutların ısıtılması için 20.4 Milyon TEP enerji tüketilmiştir. Bu konutların ısıtılması için 3.5 Milyar \$ finansal kaynak kullanılmıştır. Günümüzde konutların ısıtılması için gerekli olan enerjinin maliyetinin 4 Milyar \$’dan fazla olduğu tahmin edilmektedir. Yapılan hesaplamalar neticesinde tüm bina stoğunun mevcut standartlara göre yalıtılması durumunda enerji tasarrufunun parasal olarak yılda 2 Milyar \$’ın üstünde olacağını göstermektedir [2].

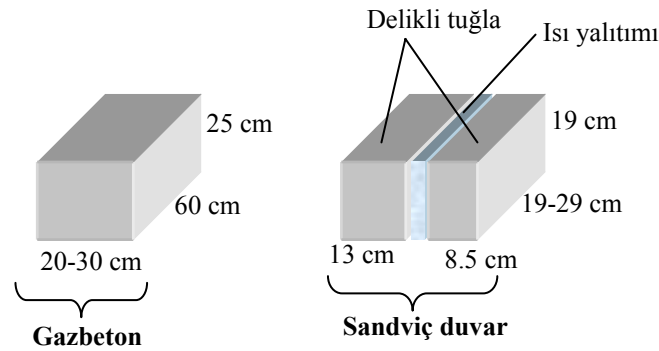
Binalardaki ısı kaybının, %40 duvarlarda, %30 pencerelerde, %17 si hava sızıntıları, %7 çatılarda, %6 sı ise bodrum kat da gerçekleşmektedir [3]. Görüldüğü gibi en fazla ısı kaybı duvarlar da meydana gelmektedir. uygulamalardaki eksiklikler de dikkate alındığında ısı kayıpları daha da artmaktadır. Dolayısıyla yalıtım uygulamalarındaki yetersizlikler, ısınma için her yıl daha fazla yakıt tüketimine neden olmaktadır. Yalıtımsız bir duvarda ki ısı kaybını %100 olarak sayarsak, vasat bir yalıtım uygulamayla bu oran %40-60’ lara, yeterli bir yalıtım uygulamasıyla da %15-35’ lere düşmektedir.

Klasik yapı malzemeleri ile (normal delikli tuğla, beton, ahşap vb.) inşa edilen bina kabuğunda ısı kaybı ve dolayısıyla yakıt tüketimi de fazla olur. Ayrıca bu tür bina kabuğuna sahip mekanlar yaz mevsiminde (özellikle güneş alan cephelerde) dayanılmaz derecede sıcak olur. Bu sakıncaları gidermek, az yakıtla kolay ve iyi ısıtılan, kışın sıcak yazın serin mekanlar elde etmek amacıyla bina kabuğu;

- . dış taraftan ısı yalıtımlı,
- . iç taraftan ısı yalıtımlı,
- . çift duvar arası (sandviç) ısı yalıtımlı

olarak düzenlenmektedir [4]. Isı kaybı açısından en iyi performansı, yalıtım sürekliliğinin sağlandığı dıştan yalıtımlı duvar sağlar. Dıştan yalıtımlı duvarlar, kaplama yapılması zorluğu, maliyet gibi nedenlerden dolayı ülkemizde, sandviç duvar uygulaması yoğun olarak kullanılmaktadır (Şekil 1). Sandviç duvar, iç ve dıştaki iki tuğla tabakanın arasına yerleştirilen ısı yalıtım tabakasından ibaret bir duvar sistemidir. Ortadaki yalıtımın tabakasının kalınlığı, sistemin maliyetini ve enerji tasarrufunu belirler. Çünkü yalıtım, binanın ilk yatırım giderlerini arttıran bir uygulamadır. Ancak, maliyet ve enerji

tasarrufuna bağlı olarak hesaplanan geri dönüşüm süresiyle, sonraki yıllarda ekonomiye artı bir katkı ve enerji tüketiminde de azalma sağlanır [5]. Dış duvar uygulamalarında yalın duvar olarak, gazbeton uygulamalarda vardır. Gazbeton, hafif beton sınıfına giren silisyum, kum, çimento, kireç ve alüminyumun farklı miktarlardaki karışımından elde edilen bir yapı malzemesidir (Şekil 1). Gazbetonlar, düşük ısı iletim katsayısına sahip olmasından dolayı genelde farklı bir yalıtım malzemesiyle kullanılmazlar. Gazbetonun boyutları sistemin enerji tasarrufu üzerinde etkili olmaktadır. Zira piyasada, genelde 20 ve 30 cm'lik ürünler tercih edilmektedir. Ancak gazbeton duvar uygulamalarında, genelde giriş ve kolondan oluşan betonarme bölgenin yalıtılmaması ısı köprülerinin oluşmasına neden olmaktadır.



Şekil 1. Gazbeton ve sandviç duvar.

Ülkemizde binalarda ısı konforun sağlanmasına yönelik standart, TS 825'dir (Binalarda ısı Yalıtım Kuralları). Bu standart 14.06.2000 tarihinden itibaren yeni yapılacak binalarda uygulanmaya başlanmıştır. Isıl konforun sağlanmasında yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacının minimumda tutulması, dikkate alınması gereken önemli bir noktadır. Bir binanın ısıtılması için gerekli olan enerji ihtiyacında, yapı elemanlarının ısı geçirgenlik katsayısı ( $U$ ,  $W/m^2K$ ) en önemli parametredir. Isı geçirgenlik katsayısı, çeşitli kalınlıklardaki katmanlardan (iç sıva+delikli tuğla+dış sıva gibi) oluşan yapı bileşeninin  $1 m^2$ 'sinden  $1 ^\circ C$ 'lik sıcaklık farkı bulunması durumunda saatte  $kJ$  cinsinden geçen ısı miktarını vermektedir [6]. TS 825; Türkiye'yi dört derece gün bölgesine ayırmış ve her bölge için farklı  $U$ -değerleri belirlemiştir. Isıl konforun sağlanması açısından, yapı elemanlarının belirtilen  $U$ -değerini sağlayacak şekilde detaylandırılması gerekmektedir. Oral [7], iklimsel konfor ve enerji tasarrufu sağlamak için, bina kabuğu ile ilgili bazı tasarım parametreleri ve bina alanının hacmine oranına ( $A/V$ ) göre bina kabuğu limit  $U$ -değerlerini belirlemiştir. Dilmaç [8], TS 825'i değerlendirdiği çalışmada, binaların yıllık enerji tüketiminde yapı elemanlarına (örneğin duvar, pencere, çatı gibi) ve özellikle saydam yüzeylere ait  $U$ -değerinin önemini belirtmiştir. Oral [9], bina formu ve bina kabuğu  $U$ -değeri arasındaki ilişkiyi

araştırmış ve bina kabuğu U-değerinin bir binadaki ısı kayıplarını belirleyen en önemli faktör olduğunu belirtmiştir.

Bu çalışmada da; Türkiye'nin soğuk illerinden biri olan Elazığ'daki, sandviç ve gazbeton duvar uygulamaları incelenerek, mevcut durum ve Bayındırlık Bakanlığı'nın yönetmeliğinde verilen detayları, ortalama ısı geçirgenlik katsayısı ve ısı kaybına göre değerlendirilmiştir. Ortalama ısı geçirgenlik katsayısı ve ısı kaybı hesaplamalarında TS 825 hesaplama yöntemi kullanılmıştır.

## 2. UYGULAMA VE DEĞERLENDİRME

Isı yalıtımı uygulamalarında iki önemli ilke vardır. Birincisi; kuru ve hareketsiz bir gaz tabakası oluşturmaktır. Hava, en kolay bulunan ve çevre dostu olması sebebiyle, büyük ölçüde kullanılan gazdır. Isı yalıtımı için, küçük kapalı gözenekler içinde hapsedilmiş hava oluşturulması amaçlanır. Diğeri ise; yalıtımın sürekli bir şekilde uygulanmasıdır. Süreklilik sağlanmadığı sürece, ısı yalıtımından alınacak verim düşer. Isı yalıtımının verimini düşüren önemli bir olay, ısı köprülerinin meydana gelmesidir [10].

Farklı ısı iletkenliğine sahip malzemelerin yan yana kullanılması ısı köprülerinin oluşmasına neden olmaktadır. Türkiye'de binalar üzerinde yapılan bir araştırmaya göre ısı köprülerinden dolayı duvarların U değeri yaklaşık %95 artmıştır [8]. İnşaat sektöründe yapılan hatalı uygulamalar, bilgi eksikliği ve uygulama kolaylığından kaynaklanmaktadır. Konunun daha iyi anlaşılması amacıyla, aşağıda örneklem alanı olarak seçilen Elazığ'daki bazı uygulamalara ait şekiller (Şekil 2, 3, 4 ve 5) verilmiştir.

Şekiller, Elazığ'da inşaatı devam eden, gazbeton (Şekil 2, 3) ve sandviç duvarlı (Şekil 4, 5) binalara aittir. Şekil 2'deki uygulamada, duvar bölümü, gazbeton malzemeyle örülürken, kolon ve kirişten oluşan betonarme bölüm yalıtılmamıştır. Şekil 3'deki uygulamada ise; duvar gazbetonla örülmüş, kirişler yalıtılmış fakat kolonlar yalıtılmamıştır. Şekil 4 ve 5'deki uygulamalarda da; sandviç duvar uygulaması yapılmış, fakat kolon ve kirişler yalıtılmamıştır. Gazbeton ve sandviç duvar uygulamalarından, tam anlamıyla verim alabilmek için, kirişlerin, kolonların kısacası tüm cephenin kesintisiz olarak yalıtılması gerekmektedir.

Çalışmada, mevcut durum ve yönetmeliğin verdiği detayların, ortalama ısı geçirgenlik katsayıları araştırıldığı için, yapı elemanlarının değil, binanın tüm cephesine ait ortalama ısı geçirgenlik katsayısının hesaplanması gerekmektedir. Bir yapı elemanına ait toplam ısı geçirgenlik katsayısı;



Şekil 2. Gazbetonla yapılan dış duvar uygulaması.



Şekil 3. Gazbeton ve ısı yalıtımının beraber kullanıldığı dış duvar uygulaması.





Şekil 5. Sandviç duvar uygulaması.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{\Lambda} + \frac{1}{\alpha_d} \quad (\text{m}^2\text{K/W}) \quad (1)$$

eşitliğiyle hesaplanmıştır [11]. Eşitlikteki ısı iletkenlik direnci ise;

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} \quad (\text{m}^2\text{K/W}) \quad (2)$$

eşitliğiyle hesaplanmıştır. Burada;  $\alpha_i$  iç ısı taşınım katsayısı ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ),  $\alpha_d$  dış ısı taşınım katsayısı ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ),  $d$  malzeme kalınlığı (m) ve  $\lambda$  malzemenin ısı iletim katsayısıdır ( $\text{W}/\text{mK}$ ). Uygulamalardaki yapı elemanları (dış duvarlar), farklı ısı geçirgenlik katsayısına sahip birkaç bitişik tabakadan oluşan yapı bileşenleri olduğu için, ortalama ısı geçirgenlik katsayısı değerlerinin hesap edilmesinde,

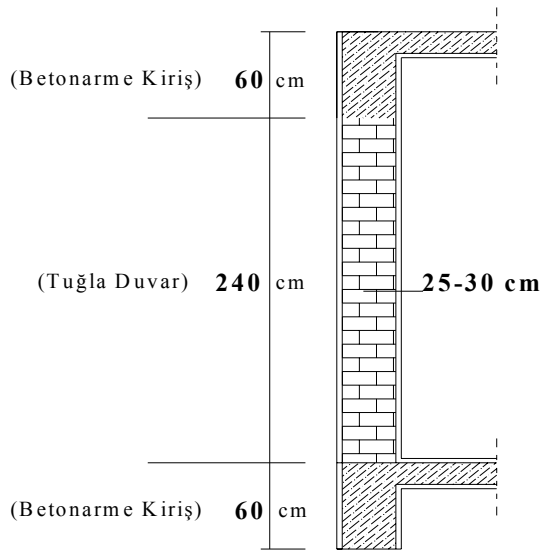
$$U_{\text{ort}} = U_1 \frac{A_1}{A} + U_2 \frac{A_2}{A} + \dots + U_n \frac{A_n}{A} \quad (\text{W}/\text{m}^2\text{K}) \quad (3)$$

eşitliği kullanılmıştır [11]. Burada,  $U_1$  ve  $U_2$  yapı elemanının farklı bölümlerine ait ısı geçirgenlik katsayıları,  $A_1$ ,  $A_2$  ve  $A_n$  yapı elemanlarının alanı ( $\text{m}^2$ ) ve  $A$  ise; yapı elemanının toplam alanıdır. Duvarda iletimle olan ısı kaybı, sabit rejim şartlarında,

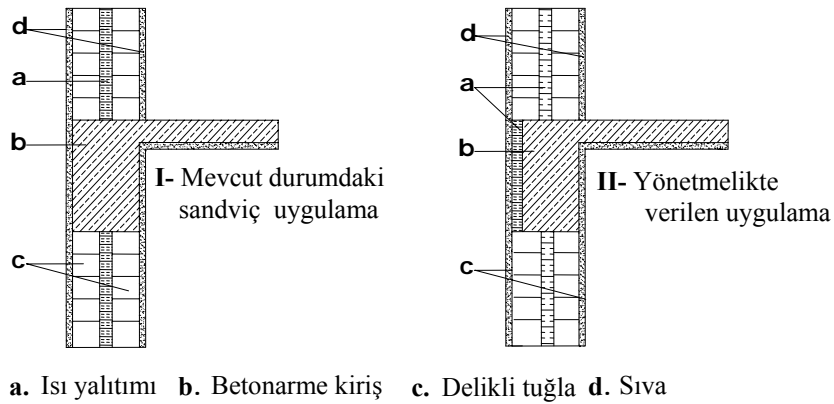
$$Q=U\Delta t \text{ (W/m}^2\text{)} \quad (4)$$

eşitliğiyle bulunmaktadır. Burada,  $Q$  ısı kaybı miktarını,  $\Delta t$  duvarın iki tarafındaki sıcaklık farkını ifade etmektedir.

Mevcut durum ve yönetmeliklerde verilen detaylara ait ortalama ısı geçirgenlik katsayıları ve ısı kaybı yukarıdaki eşitlikler kullanılarak, Şekil 6.'da belirtilen duvar kesitine göre hesaplanmıştır. Sandviç duvar uygulamasının mevcut durum ve yönetmeliklerdeki detayları Şekil 7'de, yapı malzemelerine ait fiziksel özellikler Tablo 1'de ve elde edilen sonuçlar ise, Şekil 8 ve Tablo 2'de gösterilmiştir.



Şekil 6. Bina dış duvar kesiti.



a. Isı yalıtımı b. Betonarme kiriş c. Delikli tuğla d. Sıva

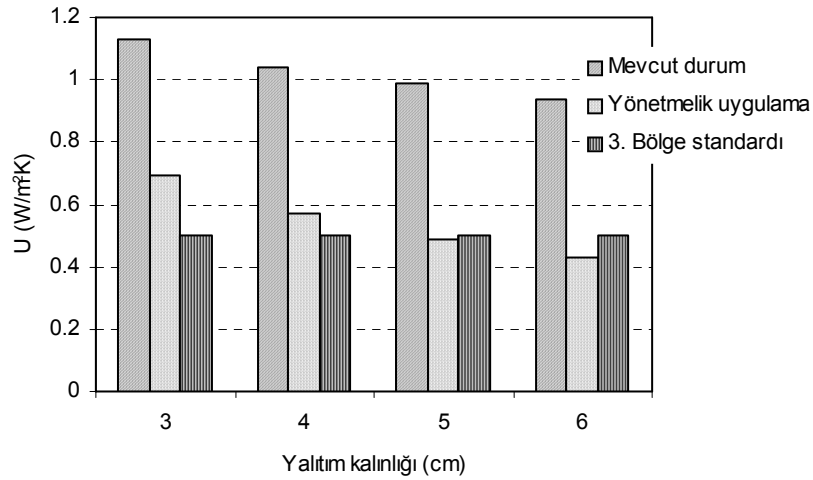
Şekil 7. Sandviç duvar kesiti.

**Tablo 1.**

Yapı malzemelerine ait fiziksel özellikler (Sandviç duvar)

Yapı malzemeleri	$\lambda$ , ısı iletim katsayısı (W/mK)	d, kalınlık (m)
Kireç esaslı çimento sıva (iç sıva)	0.87	0.02
Delikli tuğla duvar (iç)	0.45	0.085
Isı yalıtımı (XPS)	0.035	0.03-0.06
Delikli tuğla duvar (dış)	0.45	0.13
Çimento esaslı sıva (dış sıva)	1.40	0.03
Betonarme giriş	2.1	0.2-0.3

Tablo 2 ve Şekil 8 değerlendirildiğinde; Şekil 7-II' deki ısı kaybı, Şekil 7-I'e göre yaklaşık %40 daha azdır. Şekil 7-I' deki uygulamanın ortalama U değeri ( $1.13 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) standardın üstündedir. Şekil 7-II' deki uygulamada ise; iki duvar arası ve giriş bölgesinin 5 cm yalıtımıyla yeterli U değeri ( $0.49 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) sağlanmıştır.

**Şekil 8.** Sandviç duvar uygulamalarına ait ortalama U değerleri.



**Tablo 2.**

Duvar uygulamalarının U ve Q değerleri (Şekil 6'daki duvar kesitine göre)

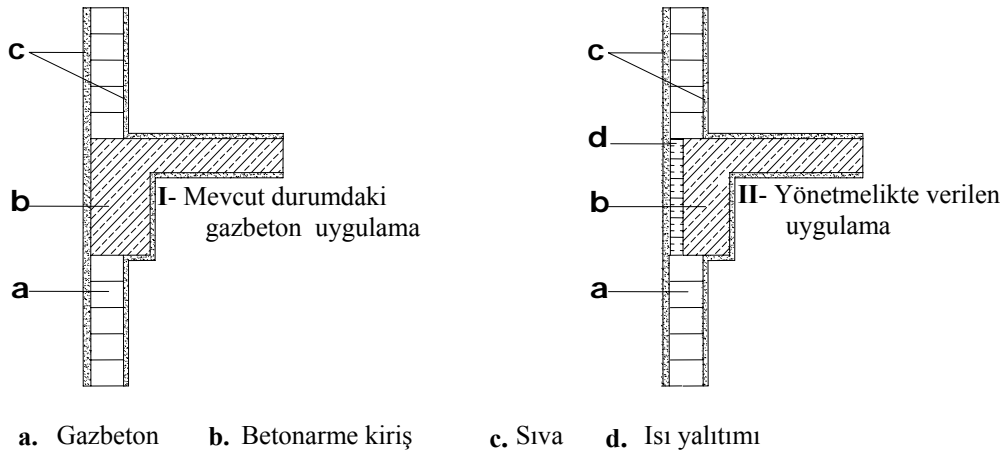
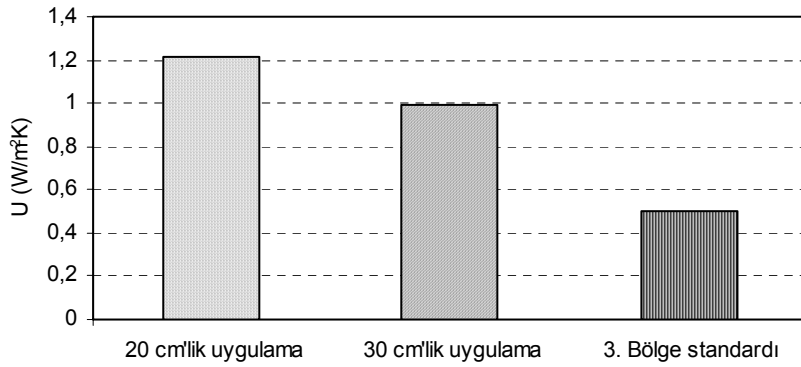
		Ortalama ısı geçirgenlik katsayısı (U (W/ m <sup>2</sup> K))	Isı kaybı (Q (W/m <sup>2</sup> ))
		A <sub>1</sub> =0.15 m <sup>2</sup> A <sub>2</sub> =0.6 m <sup>2</sup> A=0.75 m <sup>2</sup>	Δt=32°C
Gazbeton duvar (20c m)	Mevcut durum	1.21	38.72
	3 cm BA kiriş yalıtımı	0.77	24.64
	3 cm yalıtım (Tüm yüzey)	0.54	17.28
Gazbeton duvar (30 cm)	Mevcut durum	0.99	31.68
	3 cm BA kiriş yalıtımı	0.59	18.68
	3 cm yalıtım (Tüm yüzey)	0.46	14.72
Sandviç duvar	Mevcut durum	1.13	36.16
	3 cm BA kiriş yalıtımı	0.69	22.08

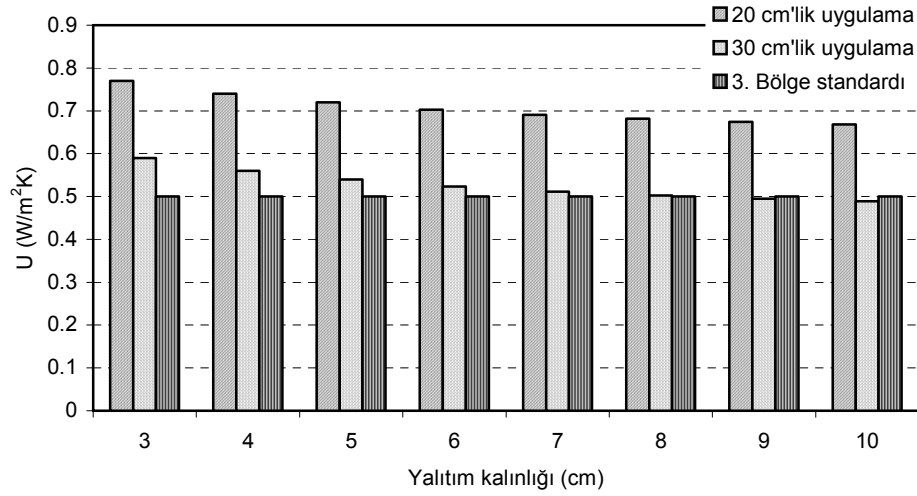
Gazbetonlu duvar uygulamasının mevcut durum ve yönetmeliklerdeki detayları Şekil 9'da, yapı malzemelerine ait fiziksel özellikler Tablo 3'de, elde edilen sonuçlar ise, Şekil 10, 11 ve Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.**

Yapı malzemelerine ait fiziksel özellikler (Gazbeton duvar)

Yapı malzemeleri	$\lambda$ , ısı iletim katsayısı (W/mK)	d, kalınlık (m)
Kireç esaslı çimento sıva (iç sıva)	0.870	0.02
Gazbeton	0.18	0.2
Isı yalıtımı (XPS) (kolon ve kirişlerde)	0.035	0.03-0.06
Çimento esaslı sıva (dış sıva)	1.40	0.03
Betonarme kiriş	2.1	0.2-0.3

**Şekil 9.** Gazbetonlu duvar kesiti.**Şekil 10.** Mevcut durumdaki gazbetonlu duvar uygulamalarına ait ortalama U değerleri.

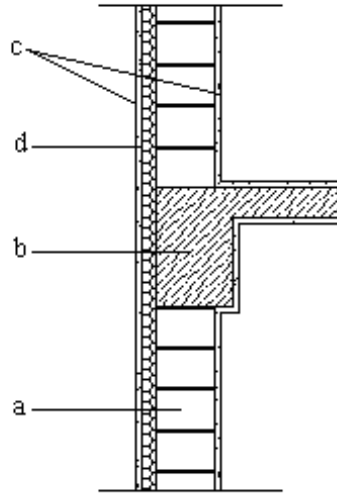


Şekil 11. Yönetmelikteki, gazbetonlu detaylara göre ortalama U değerleri.

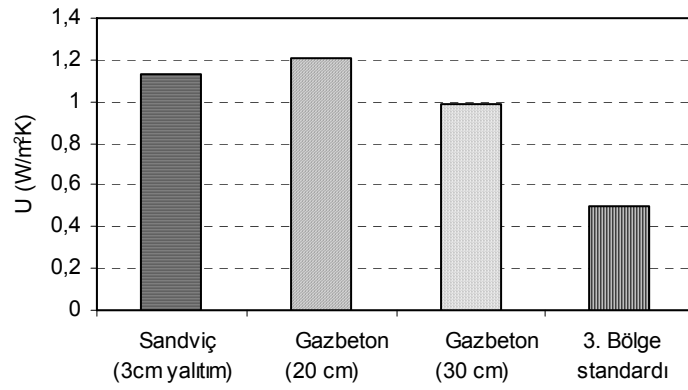
Mevcut durumdaki gazbeton uygulamalarına ait sonuçlar değerlendirildiğinde; 3. Bölge için yüksek U değeri bulunmuştur. Uygulamalarda, ısı iletim katsayısı 0.18 W/mK [11] olan, 20 ve 30 cm'lik gazbeton duvarın karşılaştırılması yapılmıştır. Mevcut uygulamalarda, yaygın olarak 20 cm gazbeton kullanılmaktadır. Buna göre, mevcut uygulamalarda 3. bölge için gerekli olan U değeri sağlanamamaktadır. Yönetmeliğe göre yapılan detaylarda ise, 30 cm'lik gazbeton ve duvar yüzeyindeki betonarme bölgenin (kiriş) 8 cm'lik yalıtımıyla gerekli olan U değeri (0.50 W/m<sup>2</sup>K) sağlanmıştır. Ancak betonarme bölgenin 8 cm kalınlıkta yalıtılmasına hiçbir uygulamada rastlanmamıştır. Şekil 9-II'deki ısı ihtiyacı ise Şekil 9-I'e göre %36 daha azdır. Gazbeton malzemelerin, ısı iletim katsayısının 0.11 W/mK ve daha az olması, çalışmada incelenen uygulamaların, gerekli olan U değerini sağlanması açısından önemli olduğu tespit edilmiştir. Gazbeton duvar uygulamalarında, tüm yüzeyin (duvar+betonarme) yalıtıldığı bir başka uygulama da vardır (Şekil 12). Isı kayıplarının en aza indirildiği bu uygulama, henüz yaygınlaşmamıştır. 3 cm ısı yalıtımı ve piyasadaki 0.18 W/mK ısı iletim katsayısına sahip 20 ve 30 cm'lik gazbeton malzeme ile yapılan uygulamada sırasıyla, 0.54 ve 0.46 W/m<sup>2</sup>K U-değerleri hesaplanmıştır. 20 cm'lik gazbeton ve tüm yüzeyin 3 cm yalıtılmasıyla, hesaplanan ısı kaybı ise, Şekil 9-I ve II'ye göre sırasıyla %55 ve %30 daha azdır.

Sandviç ve gazbeton duvarların, mevcut durum ve yönetmelikteki detaylara göre yapılan uygulamalarının U değerleri, 3. bölge standardına göre Şekil 13 ve 14'de karşılaştırılmıştır. Mevcut uygulamalarda minimum U değeri, 30 cm'lik gazbeton duvarda, yönetmelikteki detaylara göre de, sandviç duvar uygulamasında tesbit edilmiştir. Burada da belirtilmesi gereken, tüm duvar yüzeyinin kesintisiz yalıtılması ve daha düşük ısı iletim katsayısına sahip gazbeton üretilmesidir

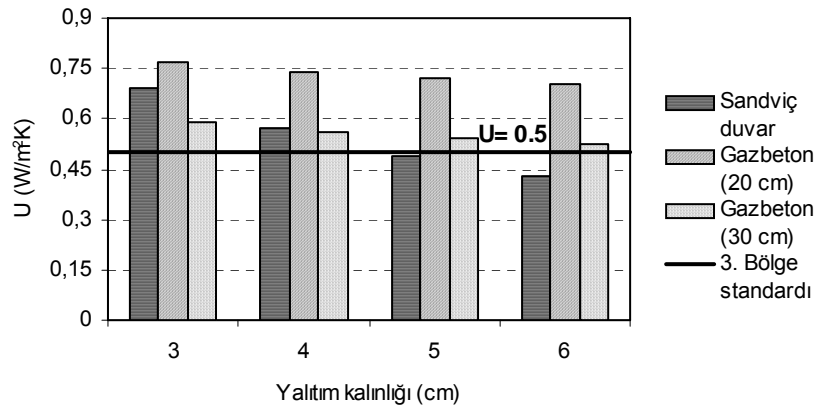
a. Gazbeton b. Betonarme kiriş  
c. Sıva d. Isı yalıtımı



Şekil 12. Tüm yüzeyi yalıtılmış gazbeton duvar kesiti.



Şekil 13. Mevcut durumdaki sandviç ve gazbeton duvar uygulamalarının karşılaştırılması.



Şekil 14. Yönetmelikte verilen sandviç ve gazbeton duvar uygulamalarının karşılaştırılması

### 3. SONUÇLAR

Bu çalışma da, dolu duvar alanları üzerindeki iki farklı uygulamanın değerlendirilmesi yapılmıştır. İncelenen sandviç ve gazbetonlu duvar uygulamalarında, hem duvar çözümleri hem de yalıtım detayları açısından eksikliklerimiz vardır. Ortalama U değerleri ve ısı ihtiyaçları karşılaştırılarak, bu eksiklikler gösterilmeye çalışılmıştır. Buna göre, mevcut durumdaki sandviç duvar uygulamalarında bulunan değerler, 3. Bölge için belirlenen ( $U=0.50 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) değerinden oldukça üzerindedir. Fakat yönetmeliğe uyularak yapılan sandviç duvar uygulamasıyla  $U_{\text{ort}}$  değerleri; duvar yüzeyindeki betonarme bölümde (kiriş) 3 cm yalıtım kullanılmasıyla  $0.686 \text{ W/m}^2\text{K}$ , 4 cm için  $0.572 \text{ W/m}^2\text{K}$ , 5 cm için  $0.491 \text{ W/m}^2\text{K}$  ve 6 cm için  $0.430 \text{ W/m}^2\text{K}$  olarak hesaplanmıştır. 5 cm'lik yalıtımla mevcut duruma göre ısıtma ihtiyacı %57 azaltılmıştır. Görüldüğü gibi, yönetmelikteki sandviç duvar uygulamaları için 5 cm'lik yalıtım 3. bölge için yeterlidir.

Çalışma kapsamında incelenen gazbeton uygulamalarında ise; tek tabakalı duvarların 30 cm olarak yapılması ve yönetmelikteki gibi, betonarme bölümlerin (kiriş) 8 cm yalıtılmasıyla, 3. Bölge için belirlenen değer ( $U=0.50 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) sağlanmaktadır. Mevcut uygulamaya göre de ısıtma ihtiyacı %50 azaltılmıştır. Mevcut uygulamalarda, 20 cm gazbeton kullanılmasıyla  $U_{\text{ort}}=1.21 \text{ W/m}^2\text{K}$ , 30 cm ile  $U_{\text{ort}}=0.99 \text{ W/m}^2\text{K}$  elde edilmiştir. 30 cm'lik gazbeton uygulamasında, yüzeydeki betonarme bölümün (kiriş) 6 cm yalıtılmasıyla  $U_{\text{ort}}=0.523 \text{ W/m}^2\text{K}$ , 7, 8, 9 ve 10 cm'lik yalıtımlar için ise, sırasıyla 0.511, 0.502, 0.495 ve 0.489 değerleri tespit edilmiştir. Ancak yalıtım kalınlığının artması, yapı maliyetlerinin de artması demektir. Bu nedenle, Şekil 12'deki detay 3 cm yalıtımla uygulanmalı veya daha düşük ısı iletim katsayısına sahip gazbetonlar üretilmelidir. Bu iki çözüm, en iyi sonuçları veren uygulamalardır. Isı iletim katsayısı  $0.11 \text{ W/mK}$  olan 20 cm'lik gazbeton uygulamada 5 cm yalıtım, 30 cm uygulamada ise 3 cm yalıtım 3. bölge için yeterli olmaktadır.

Sonuç olarak, malzeme-uygulama ve ısıl konfor ilişkisi, çalışmanın sonuçları ve uygulama alanı genişletilmiş çalışmalarla güncellenmelidir. Mevcut uygulamalarda dahi, ısı ihtiyacının azaldığı düşünülürse, uygulamalardaki eksikliklerin giderilmesi ve kaliteli malzemelerin kullanılmasıyla gerekli olan standartlar sağlanacak ve ısı kayıpları daha da azalacaktır.

#### Semboller

A	Yapı elemanının toplam yüzey alanı, $\text{m}^2$
$A_1..A_n$	Herbir yapı bileşenine ait yüzey alanı, $\text{m}^2$
d	Her bir yapı bileşeninin kalınlığı, m

U	Toplam ısı geçirgenlik katsayısı, W/m <sup>2</sup> K
U <sub>ort</sub>	Birkaç bileşenden meydana gelmiş yapı elemanına ait ortalama ısı geçirgenlik katsayısı, W/mK
$\lambda$	Isı iletim katsayısı, W/mK
1/ $\Lambda$	Isı geçirgenlik direnci, m <sup>2</sup> K/W
$\alpha_i$	İç yüzey ısı taşınım katsayısı, W/m <sup>2</sup> K
$\alpha_d$	Dış yüzey ısı taşınım katsayısı, W/K
Q	Isı kaybı, W/m <sup>2</sup>
$\Delta t$	Sıcaklık farkı, °C

### KAYNAKLAR

1. Ş. Dilmaç, Ç. Tırıs, ve İ.E. Türe, İstanbul'da Dış Duvar Elemanlarından Kaybedilen Isı Enerjisi Miktarının Ölçülmesi ve Enerji Tasarruf Potansiyelinin Hesaplanması, Final Raporu, Proje No:16.2.002, Türk Ytong Sanayi A.Ş., Gebze, 1996.
2. E.Şen, Enerji Verimli, Güvenli ve Konforlu yapılar İçin Yalıtım ve İzoder, Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji Denetimi-Yalıtım Kongresi ve Sergisi, 13-17, İstanbul, 2004.
3. C.E. Ekinci, Yapı Tasarımcının İnşaat El Kitabı, Ankara, 2003.
4. U.T. Aksoy, M. İnallı, Bina Kabuğundaki Yalıtım Uygulamalarının Isıtma Enerjisine Etkisinin Sayısal Analizi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 76, 34-39, 2003.
5. A. Aytaç, U.T. Aksoy, Enerji Tasarrufu için Dış Duvarlarda Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Isıtma Maliyeti İlişkisi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi, 4 (2006) 753.
6. H. Karakoç, Uygulamalı TS 825 ve Kalorifer Tesisatı Hesabı, IZOCAM A.Ş., İstanbul, 2001.
7. G. Koçlar Oral, Z. Yılmaz, The Limit U Values for Building Envelope Related to Building Form in Temperate and Cold Climatic Zones, Building and Environment, 37 (2002) 1173.
8. Ş. Dilmaç, N. Kesen, A Comparison of New Turkish Thermal Insulation Standart (TS 825), ISO 9164, EN 832 and German Regulation, Energy and Building, 35 (2003) 161.
9. G. Koçlar Oral, Z. Yılmaz, Building form for cold climatic zones related to building envelope from heating energy conservation point of view, Energy and Building, 35 (2003) 383.
10. M.T. Cihan, Ş. Dilmaç, Duvarlar için Önerilen Yeni Yalıtım uygulaması ile Çift Duvar Arası Yalıtımın Karşılaştırılması, Yalıtım dergisi, 40, (2003) 50.
11. Anonim, TS 825 Binalarda Isı yalıtımı Kuralları- Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, T.C. Resmi Gazete, Ankara, 2000.