

## Makale

# SOĞUK IKLİM BÖLGESİNDE YALITIMLI YAPI KABUĞU KESİTLERİNİN İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ: ERZURUM ÖRNEĞİ\*

Yrd. Doç. Dr. Gülay Zorer GEDİK

YTÜ Mimarlık Fakültesi Yapı Fiziği Bilim Dalı

Yrd. Doç. Dr. Gülay Zorer GEDİK

1962 yılında Zonguldak'da doğdu. 1984 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nden mezun oldu. 1985 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Yapı Fiziği Bilim Dalında araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 1987 yılında Y.T.U. Yapı Fiziği Bilim Dalında yüksek lisans öğrenimini tamamladı. 1988 - 1989 öğretim yılında bir yıl araştırma için İngiltere'de bulundu. 1995 yılında Y.T.U Teknik Üniversitesi, Yapı Fiziği Bilim Dalında doktora öğrenimini tamamladı. 1996 yılında aynı bilim dalında Yrd. Doç. Dr. oldu. Halen Y.T.U. Mimarlık Fakültesi'nde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Isı ve Güneş enerjisinin mimarlık planında kullanımı konusunda çeşitli yayınları ve araştırmaları bulunmaktadır.

## ÖZET

Bu çalışmada yapı içi çevre ile yapı dışı çevreyi birbirinden ayırıcı öge olan yapı kabuğunun saydamsız (dolu) alanları incelenerek ısı konfor yönünden değerlendirilmiştir. Güncel yalıtım malzemeleriyle oluşturulan dış duvar kesitlerinin en çok uygulanabilir olanları seçilerek soğuk hava koşullarında iç yüzey sıcaklığı hesaplanmış ve yoğunlaşma kontrolü yapılmıştır. Hesaplamalarda soğuk iklim bölgesinden örnek olarak seçilen Erzurum ilinin dış iklimsel verileri kullanılmıştır. Erzurum gibi dış sıcaklığın çok düşük olduğu bir bölgede yalıtımlı duvar kesitleri gerek iç yüzey sıcaklığı gerekse yoğunlaşma açısından incelenerek uygulamada yararlanılabilecek sonuçlar ortaya konulmuştur.

## 1. GİRİŞ

Yapı kabuğu minimum düzeyde yapma enerji kullanımıyla ısı konfora ulaşmada en etkin öğelerden birisidir. Mimarların gerek ön tasarım gerekse ayrıntılı tasarım aşamalarında yapı kabuğunun uygun seçimi konusunda doğru kararlar vermeleri önemlidir. Yapı teknolojisindeki gelişmeler ve buna bağlı değişimler, kalın ve tek katmanlı eski kabuk yapısını değiştirmiş, katmanlardan oluşan duvar kesitlerini gündeme getirmiştir. Bu durum özellikle dış sıcaklığın çok düşük olduğu bölgelerde katmanların doğru sıralanmasını, katmanlaşma seçenekleri için yoğunlaşma denetiminin yapılmasını ve yoğunlaşma olayının kabul edilebilir sınırlar altında kalmasına olanak veren katmanlaşma seçeneklerinin belirlenmesini gerektirmektedir.

## 2. YAPI KABUĞU - ISI GEÇİŞİ - ISIL KONFOR İLİŞKİSİ

Soğuk hava koşullarında yapı içinden yapı dışına doğru (sıcaktan soğuğa doğru) ısı akış dolayısıyla ısı kaybı söz konusudur. Bu ısı kaybının azaltılmasında en temel etmen yapı kabuğunun ısı direncinin yüksek olmasıdır. Yapı kabuğunun ısı direnci, yapı kabuğunda kullanılan gereçlerin ısı iletkenlik katsayılarına ve kalınlıklarına bağlıdır. ısı iletkenlik katsayıları düşük, kalınlıkları fazla olan öğelerin ısısal dirençleri yüksektir. Yapı gereçlerinin ısı iletkenlik katsayısı ise, malzemelerinin gözeneklilik durumuna, gözeneklerin büyüklüğü ile dağılım özelliğine ve nem miktarına yakından bağlıdır. Gözenekler içindeki havanın ısı iletkenlik katsayısının çok küçük olmasından ötürü, gözenekli malzemelerin ısı yalıtım etkinliği fazladır. Gözenek sayısının artışı ısı yalıtım etkinliği ile doğru, yoğunlukla ters orantılıdır. Bundan dolayı gözenek sayısı arttıkça malzemenin yoğunluğu azalır, buna karşılık ısı yalıtım etkinliği artar.

Yapı kabuğunun ısı direncinin yani ısı yalıtım etkinliğinin yüksek olması, gerek yapı içi hava sıcaklığını gerekse iç yüzey sıcaklıklarının ısı konfor açısından gerekli düzeyde tutulmasını sağlar. Yapı kabuğunun iç yüzey sıcaklığı yapı içi ısı konforu etkileyen en önemli öğelerden birisidir. Çünkü kişi ile yapı kabuğunun iç yüzeyi arasında ışınım yoluyla sürekli ısı alışverişi söz konusudur. Eğer kişinin bulunduğu sınırlı ortamda yapı kabuğunun iç yüzey sıcaklığı düşük değerlerde ise, kişiden ışınım yoluyla ısı kaybı olur ve konforsuzluk yaratır, iç yüzey sıcaklıklarının konfor sınırlarında olması yapı kabuğunun ısı geçirmezlik açısından da uygun olduğunu gösterir. Ancak yapı kabuğunun bu niteliğini koruyabilmesi kabukta yoğunlaşma nedeniyle oluşabilecek bozulmaların ve bu bozulmalara bağlı olarak ısı geçişiyle ilgili fiziksel özelliklerde ortaya çıkabilecek değişmelerin önlenmesiyle olanaklıdır. Yapı malzemesi nemlenirse, yani gözeneklerdeki havanın yerini su alırsa ısı yalıtım etkinliği hızla azalır. Yapı kabuğunun nemlenmesinin nedeni, daha sıcak ortamdaki daha soğuk ortama doğru ısı geçişi sırasında, bu geçişe koşut olarak su buharı geçişinin de olmasıdır. Su buharının bu geçiş sırasında yapı kabuğu katmanları arasında özellikle de ısı yalıtım katmanları içinde yoğunlaşması bu katmanların ısı yalıtım etkinliklerinin hızla azalmasına neden olur. Bu olumsuz etkinin önlenmesi için, sıcak ortam havasının neminin azaltılması yanında, yapı kabuğunu oluşturan katmanlar uygun bir biçimde düzenlenmeli, buhar yalıtım özelliği daha fazla olan

katmanlar sıcak ortam yüzeyine yakın konumlandırılmalıdır. Isı yalıtım özelliği yüksek olan katmanlar sıcak ortam yüzeyinden olabildiğince uzaklaştırılmalıdır. Yapı kabuğu katmanlarının bu şekilde düzenlenmesi, daha sıcak olan ortamdaki daha soğuk olan ortama doğru yayılan su buharının ilk katmanlarda tutulmasını sağlayacağından, sıcak ortam havasında bulunan nem, ısı yalıtım özelliği olan katmanlara ulaşamayacaktır.

### 3. YAPI KABUĞU KESİTLERİNİN BELİRLENMESİ

Bu çalışmada güncel ısı yalıtım malzemeleri ile çeşitli duvar yapım gereçlerinden oluşan katmanlı dış duvar kesitlerinin uygulama olanağı fazla olan örnekleri seçilerek incelenmiştir.

Isı yalıtım malzemeleri;

- poliüretan, polistren, polistrol türü katı köpük levhalar,
- camyünütaşyünü gibi lifli mineral yapıllı levhalar,
- bir yüzü alçı plaka ile kaplanmış taşyünü levhalar,

olmak üzere üç ayrı grupta ele alınmıştır.

Duvar gereçleri; dolu tuğla, delikli tuğla ve gaz beton olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında duvar kesitleri, yalıtım malzemelerinin gruplandırılmasına bağlı olarak üç grupta incelenmiştir. Belirlenen kesitler ve değerlendirme sonuçları Bölüm 4'de yer alan Tablo 1'de verilmiştir.

### 4. YAPI KABUĞU KESİTLERİNİN İNCELENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Belirlenen kesitlerin ısı konforu açısından incelenmesi sağlanması gereken iç yüzey sıcaklığını gerçekleştirme özelliğine bağlı olarak değerlendirilmiştir. Bölüm 2'de ayrıntılı olarak açıklandığı gibi iç yüzey sıcaklıklarının yüksek olması yapı kabuğunun ısı geçirmezlik açısından da uygun olduğunu gösterir. Ayrıca kesitler yoğuşma açısından da denetlenmiştir.

Yapılan araştırmalara göre, hacmin kuru termometre sıcaklığı ile iç yüzey sıcaklıkları ayrımı  $\leq \pm 3^{\circ}\text{C}$  olduğu zaman ışımsal sıcaklık açısından konfor oluşur. Kesitlerin iç yüzey sıcaklığı açısından değerlendirilmesi kabul edilen bu sınır değerlere göre yapılmıştır. Kesitlerin iç yüzey sıcaklığı ve yoğuşma hesabında Türkiye'nin soğuk iklim bölgesinden dış hava sıcaklık değerleri en düşük illerden biri olarak seçilen Erzurum ilinin dış iklimsel verileri kullanılmıştır. Erzurum ilinin kış ayları dış hava sıcaklığı hesap değeri  $-21^{\circ}\text{C}$ , dış hava nemliliği hesap değeri %80 alınmıştır(1,2,3). İç sıcaklık hesap değerinin belirlenmesinde değişik hacimlerin kullanım amacı, yapıların ısıtılmasında harcanan yakıt sorunu ve de soğuk iklim bölgesinde kışın iç hava sıcaklığının yüksek tutulmasının yapı kabuğunda yoğuşma olasılığını artırması konuları dikkate alınarak Erzurum ili için  $+20^{\circ}\text{C}$  olarak belirlenmiştir(3). Sıcaklık, nem, hava devinimlerine bağlı olarak ısı konfor bölgesini gösteren grafiklerden iç hava bağıl nem değeri %60 olarak saptanmıştır(4).

1. GRUP KESİTLER (KATI KÖPÜK LEVHALARLA DIŞARDAN YALITIM)					
	DS (°C)	IS (°C)	θ (°C)	IYS (°C)	Kesitte yoğuşma
1) Dış sıva (0,03m.) - Katı köpük levha (0,05m.) - Dolu tuğla (0,19m.) - İç sıva (0,02m.)	-21	20	2,67	17,32 olumlu	Yok
2) Dış sıva (0,03m.) - Katı köpük levha (0,05m.) - Delikli tuğla (0,19m.) - İç sıva (0,02m.)	-21	20	2,52	17,48 olumlu	Çok az var
3) Dış sıva (0,03m.) - Katı köpük levha (0,05m.) - Gaz beton (0,20m.) - İç sıva (0,02m.)	-21	20	1,76	18,24 olumlu	Var
4) Dış sıva (0,03m.) - Delikli tuğla (0,05m.) - Katı köpük levha (0,05m.) - Dolu tuğla (0,19m.) - İç sıva (0,02m.)	-21	20	2,44	17,56 olumlu	Var
5) Dış sıva (0,03m.) - Delikli tuğla (0,09m.) - Katı köpük levha (0,05m.) - Delikli tuğla (0,19m.) - İç sıva (0,02m.)	-21	20	2,32	17,68 olumlu	Var
6) Dış sıva (0,03m.) - Dolu tuğla (0,09m.) - Katı köpük levha (0,05m.) - Dolu tuğla (0,19m.) - İç sıva (0,02m.)	-21	20	2,51	17,48 olumlu	Var
7) Dış sıva (0,03m.) - Gaz beton (0,10m.) - Katı köpük levha (0,05m.) - Dolu tuğla (0,19m.) - İç sıva (0,02m.)	-21	20	2,01	17,99 olumlu	Çok az var
8) Dış sıva (0,03m.) - Gaz beton (0,10m.) - Katı köpük levha (0,05m.) - Delikli tuğla (0,19m.) - İç sıva (0,02m.)	-21	20	1,93	18,08 olumlu	Var
2. GURUP KESİTLER (LİFLİ MINERAL LEVHALARLA ÇİFT CİDAR ARASI YALITIM)					
9) Dış sıva (0,03m.) - Delikli tuğla (0,09m.) - Camyünü (0,05m.) - Delikli tuğla (0,19m.) - İç sıva (0,02m.)	-21	20	2,51	17,48 olumlu	Var
10) Dış sıva (0,03m.) - Gaz beton (0,10m.) - Camyünü (0,05m.) - Gaz beton (0,20m.) - İç sıva (0,02m.)	-21	20	1,52	18,48 olumlu	Var
11) Dış sıva (0,03m.) - Gaz beton (0,10m.) - Camyünü (0,05m.) - Delikli tuğla (0,19m.) - İç sıva (0,02m.)	-21	20	2,06	17,92 olumlu	Var
12) Dış sıva (0,03m.) - Dolu tuğla (0,19m.) - Taşyünü levha+alçı plaka (0,05m.)	-21	20	2,96	17,04 olumlu	Kesit boyunca var
13) Dış sıva (0,03m.) - Delikli tuğla (0,19m.) - Taşyünü levha+alçı plaka (0,05m.)	-21	20	2,78	17,24 olumlu	Kesit boyunca var
14) Dış sıva (0,03m.) - Gaz beton (0,20m.) - Taşyünü levha+alçı plaka (0,05m.)	-21	20	1,88	18,12 olumlu	Kesit boyunca var

Tablo 1- Kesitlerin iç yüzey sıcaklığı ve yoğuşma kontrolü sonuçları

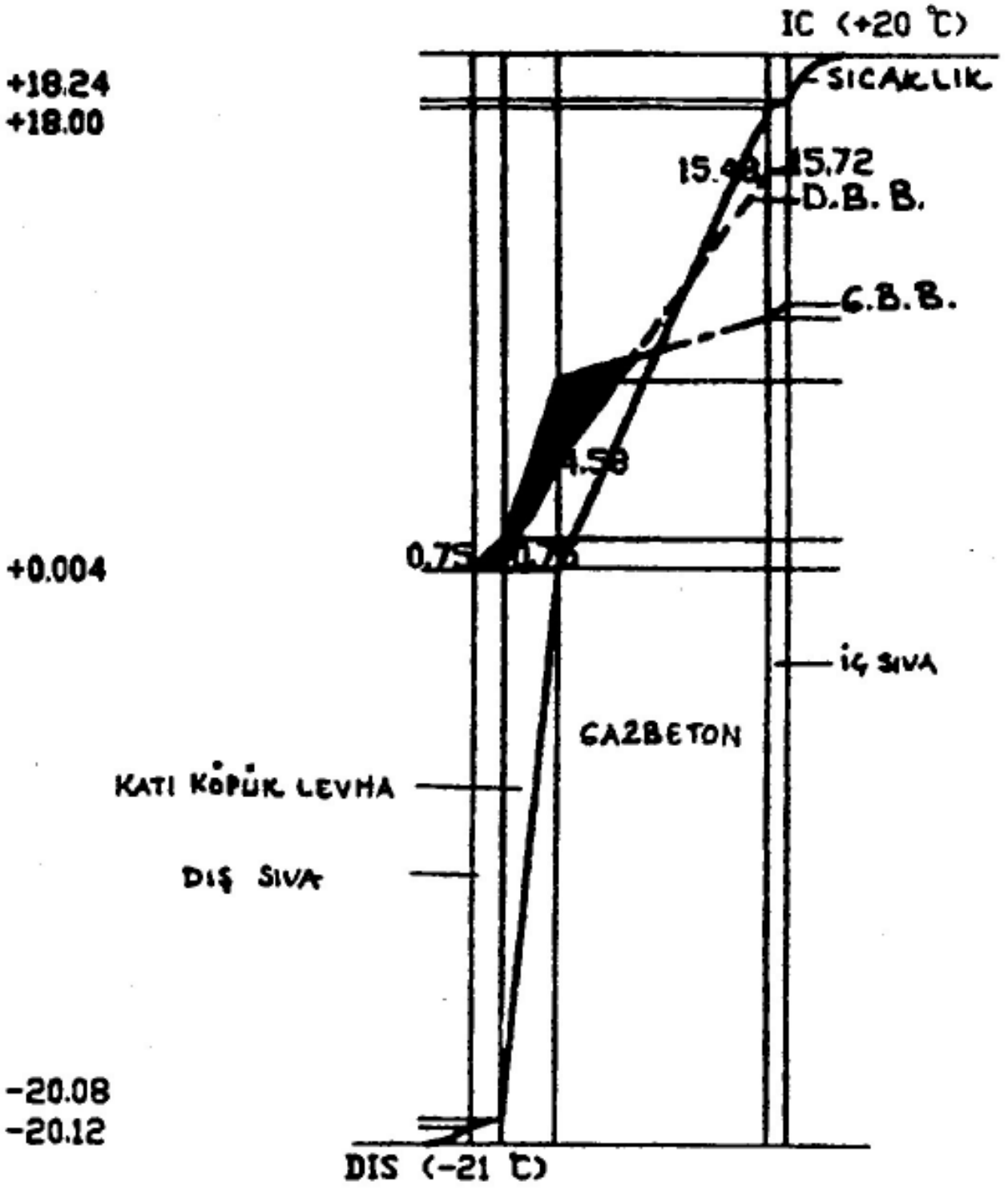
Duvar kesitleri iç yüzey sıcaklığı hesabı;

- kesitlerde önerilen gereçlerin yoğunluklarına göre ısı geçirgenlik katsayılarının  $\lambda$  belirlenmesi, • kesitteki kalınlıklarına göre gereçlerin ısısal dirençlerinin (r) bulunması,
- kesitin toplam ısı direncinden (R) ısı iletme katsayısının hesaplanması (K),
- K değerine ve iç-dış sıcaklık ayırımına göre, iç yüzey sıcaklığı ile hacmin iç hava sıcaklığı arasındaki ayırımın belirlenmesi  $\Theta$ , biçimindedir(5). Ayrıca, yoğuşma kontrolü için, her bir kesitin belirlenen sıcaklıklarda içerden dışarıya ısı akımını gösteren grafik çizilerek katmanlardaki sıcaklık değerleri belirlenmiştir. Belirlenen bu sıcaklık değerlerine göre Doymuş Buhar Basıncı Değerleri (DBB) belirlenerek, gereçlerin kalınlıklarına ve buhar geçirgenlik katsayılarına bağlı olarak buhar dirençleri hesaplanmıştır. Kesit katmanlarındaki Gerçek Buhar Basıncı (GBB) değerleri yine grafik yöntemle, iç ve dış buhar basınçlarına ve katmanlardaki buhar dirençlerine bağlı olarak belirlenmiştir, ölçekli kesit üzerinde DBB ve GBB değerleri işaretlenerek yoğuşma bölgeleri saptanmıştır(6). Kesitlerin iç yüzey sıcaklığı ve yoğuşma kontrolü değerlendirme sonuçları Tablo 1'de yer almaktadır.

Kesitlerin iç yüzey sıcaklığı ve yoğuşma kontrolü hesap sonuçlarının toplu olarak gösterildiği Tablo 1'de görüldüğü gibi, her üç grupta da yer alan kesitlerin tümünün iç yüzey sıcaklıkları konfor sınırlarındadır. Ancak soğuk iklim bölgesinde -21°C gibi çok düşük bir dış sıcaklık değerinde kontrol edilen kesitlerin hemen hemen hepsinde yoğuşma görülmektedir.

- Dışarıdan yalıtımlı birinci grup kesitlerde, ana duvar gereci olarak dolu ve delikli tuğlanın kullanıldığı durumda yoğuşma en dış katmanda (dış sıva) çok küçük bir alanda kabul edilebilir sınırlar içinde kalmaktadır. Ancak ana duvar gereci olarak gaz betonun kullanıldığı durumda yoğuşma bölgesi büyümekte yalıtım tabakasını aşarak ana duvar gereğine ulaşmaktadır. Hesaplarda kullanılan gaz betonun tuğla duvarlara göre buhar geçirgenlik katsayısının yüksek olması yanında, dış sıcaklığın -21 derece olduğu durumda dış katmanlardaki sıcaklık değerlerinin de düşük olması nedeniyle su buharı akışı duvar içinde yoğuşma olmaksızın gerçekleşmemektedir (Şekil 1).
- Çift cidar arası yalıtım kullanılan ikinci grup kesitlerde de iç sıcaklıklar yeterli olmadığından dışa bakan ikinci cidar bölgesinde yoğuşma olmaktadır.
- İçerden yalıtımlı üçüncü grup kesitlerin tümünde ise kesit boyunca yoğuşma olmaktadır.

Soğuk iklim bölgesinde iç dış sıcaklık ayırımının fazla oluşu yoğuşma olasılığını artırmaktadır. Dış sıcaklık değerini denetlemek olanaksız olduğundan günümüzde yaşanan enerji sıkıntısı da göz önüne alınarak iç sıcaklık değeri belli oranda düşük tutulabilir. Özellikle Erzurum gibi kış aylarında dış sıcaklık değerlerinin çok düşük olduğu bir bölgede içerden yalıtım uygulaması kesinlikle yanlıştır. Katmanların doğru sıralandığı kesitlerde bile dış sıcaklığın uç değerlerinde yoğuşmanın engellenemediği görüldüğünde, soğuk bölgelerde yoğuşmayı kesitin çok dar bir bölgesinde tutabilmek için sıcak yüzeyde buhar kesici gereçler uygulanmalıdır.



Şekil 1

## 5. SONUÇ

Sonuçta katmanlı kesit oluşumunda katmanların birbirine göre konumlan, buhar geçirgenlik ve ısı yalıtım özellikleri çok önemlidir, özellikle soğuk iklim bölgelerinde çok daha dikkatli olunmalıdır. Bu çalışmada incelenen kesitlerin iç yüzey sıcaklıkları konfor sınırlarında gerçekleşmekte ancak yoğuşma açısından aynı başarılı sonuçlar elde edilememektedir. Çalışmada soğuk iklim bölgesinde kış ayları iklim değerlerinin zorlayıcı koşullar dikkate alınmış, hesaplar dış hava nem oranının yüksek değerlerine, dış hava sıcaklığının çok düşük uç değerlerine göre yapılmıştır. Yıllık ortalama nem ve sıcaklık değerlerinde, yoğuşma açısından daha uygun sonuçlar elde edileceği açıktır.

## KAYNAKLAR

1. Anon. 1974, Meteoroloji Bülteni, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
  2. Anon, 1994, Meteorolojik Ortalama Değerler Formu, Erzurum Meydan Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü, Erzurum.
  3. Kavas, E., 1987, Doğu Anadolu Bölgesinde Isı Korunumlu Duvar Kesitleri Oluşturulması ve Yoğuşma Kontrolü, YTU Fen Bilimleri Enstitüsü YL Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
  4. Şerefhanoglu, M, 1981, Yapılarda Isıl Konfor ve Cam Yüzeyler, YTU, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, İstanbul.
  5. Şerefhanoglu, M., 1983, Soğuk Hava Koşullarında Yapıların Dış Duvarlarının İç Yüzey Sıcaklıklarının Belirlenmesi ve Isısal Konfor Yönünden Değerlendirilmesi, s. 2, Y. U. Basımevi, İstanbul.
  6. Zorer, C, Akdağ, N., 1997, Yapı Kabuğu Kesitlerinin Isı ve Ses Yalıtım özellikleri Açısından Değerlendirilmesi, 2. Isı-Ses-Su-Yangın Yalıtımı Sempozyumu, İstanbul.
- Bu makale Yapıda Yalıtım Konferansı Bildiriler Kitabı'ndan alınmıştır. 11-12 Şubat 1999 İstanbul.