

Yapı Kabuğunda Isı Kayıplarının Azaltılması ve Bir İyileştirme Projesi Örneği

Hakan ÜNALAN*

Emrah GÖKALTUN**

Ramazan UĞURLUBİLEK***

Özet

Isı enerjisi kaynaklarının sağlanması açısından dışa bağımlı olan ülkemizde, ısı enerjisi tüketimi ve binalarda ısı korunumu oldukça önemli bir konudur. Bu bağlamda yapılan çalışmada da, Eskişehir Anadolu Üniversitesi Lojmanları ele alınarak, lojmanların dış duvarlarında meydana gelen ısı kayıpları analiz edilmiş ve ısı kayıplarının azaltılmasına yönelik bir iyileştirme projesi hazırlanmıştır. İyileştirme için üç farklı ısı yalıtım malzemesi (expande [EPS] ve extrude [XPS] sert köpük ile taş yünü) seçilmiş ve söz konusu bu malzemelere göre de, üç farklı öneri geliştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, proje örneğinde önerilen farklı ısı yalıtım malzemeleri için, optimum ısı yalıtım kalınlıkları hesaplanarak, bulunmuş ve bu kalınlıklara göre yeniden düzenlenecek olan yapı kabuğunun, ısı geçiş katsayıları açısından TS 825'e uygunluğu kontrol edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Enerjinin etkin kullanımı ve korunumu, yapı kabuğu ve elemanları, ısı yalıtım malzemeleri, optimum ısı yalıtım kalınlıkları

GİRİŞ

Yapı kabuğu, kullanıcının; sağlık, konfor, güvenlik ve ekonomiklik gereksinimlerini karşılamalıdır. Sağlık ve konfor şartlarını sağlamak için de yapı kabuğunda; ısı, ses, su, nem, yangın ve ışık gibi temel kıstaslar dikkate alınır. Bu kıstasların yapı kabuğundaki öncelikleri içinde bulunulan doğal çevreye ve yapının işlevine bakılarak belirlenirken konfor şartlarının sağlanması da göz önünde bulundurulur. Konfor şartları, içinde bulunulan mekânın işlevine göre değişir. Konfor şartlarını sağlamak için "İklimlendirme Sistemleri" seçilirken mekânın kulla-

nım süresi ve kullanım periyodu değerlendirilir. Mekânın işlevi ise iklimlendirme sisteminin çalışma süresini belirleyerek enerji tasarrufu sağlar. Örneğin konutların büyük çoğunluğu sürekli kullanıldığından belli bir sıcaklık ortalamasına sahip olmalıdır. Verilen ısı kısa sürede yayılmalı ve uzun süre enerji kaybına uğramamalıdır [1]. Bunun için de konfor şartlarını sağlayan; hava sıcaklığı, bağıl nem, hava hızı, malzemelerin ısı kütlesi özelliği, difüzyon ve yüzey sıcaklıklarını etkin hale getirmek gerekir [2]. Konfor şartlarından hava sıcaklığı, malzemelerin ısı kütlesi özelliği ve yüzey sıcaklığını ısı yalıtımı

* Öğretim Üyesi, Anadolu Üniversitesi Engelliler Entegre Yüksekokulu Mimarlık Bölümü

** Öğretim Üyesi, Anadolu Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi

*** Öğretim Üyesi, Osmangazi Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünde

yalıtım sistemlerini kullanabiliriz [3]. Isı yalıtım sistemleri seçilirken yapı kabuğunu oluşturan yapı elemanlarının ısı performansları da dikkate alınmalıdır. Bu bağlamda yapı kabuğunu oluşturan yapı elemanları;

- Duvarlar,
- Çatılar,
- Kapı ve pencereler,
- Zemine oturan döşeme ve duvarlar olarak sınıflandırılabilir [4, 5].

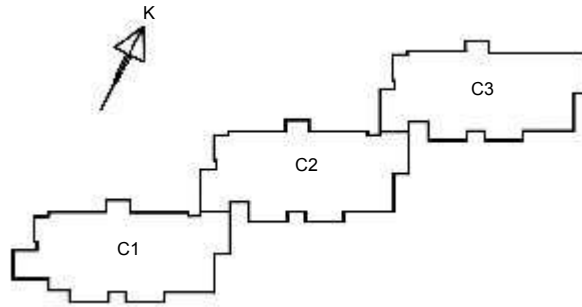
1. İYİLEŞTİRME PROJESİ ÖRNEĞİ

Yapı kabuğunda ısı kayıplarının azaltılmasına yönelik yapılan bu çalışmada gerçekçi ve uy-

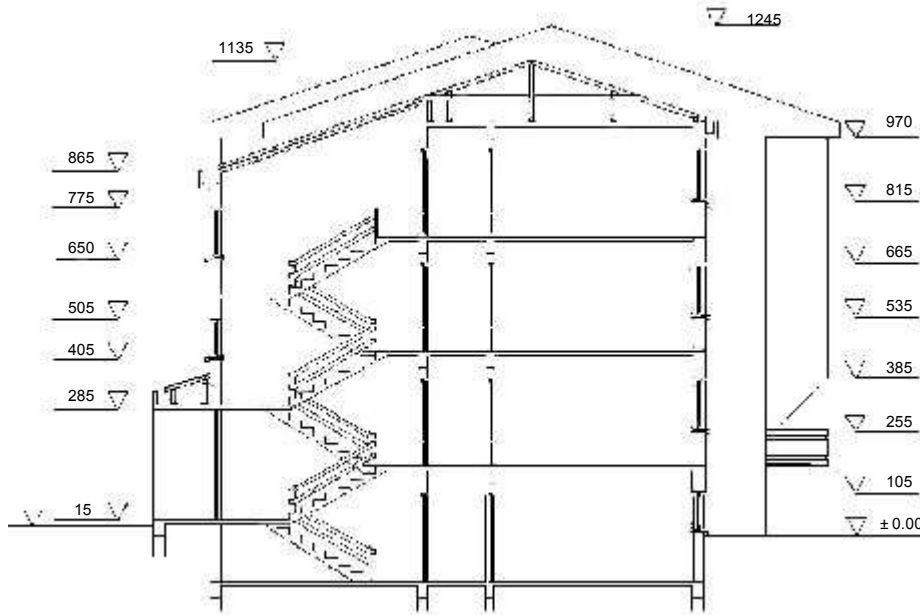
Anadolu Üniversitesi Lojmanları C1-Bloğu seçilmiş ve bu bloğu içeren bir iyileştirme proje önerisi geliştirilmiştir.

1.1. Mevcut Durumun Ortaya Konulması

Eskişehir Anadolu Üniversitesi Yunussemre Kampusunda bulunan lojmanlar 1979 yılında projelendirilmiş ve 1982 yılında tamamlanmıştır. C1, C2 ve C3 olmak üzere toplam üç bloktan meydana gelen C blok binaları, birbirlerine göre 5 m'lik kaydırmalar yaparak araziye aplike edilmiştir (Şekil 1.). Betonarme taşıyıcı konstrüksiyona sahip bloklar dört kattan oluşmakta ve yarım kat kot farkıyla araziye oturmaktadır. İç ve dış duvarlarda 19 ve 29 cm'lik yatay delikli blok tuğla ve pencerelerin altında ise 9 cm.lik



Şekil 1. Eskişehir Anadolu Üniversitesi Lojman binaları vaziyet planı



Şekil 2. Anadolu Üniversitesi Lojmanları C blok bina mevcut yapı kesiti

dekoratif tuğla ile 19 cm'lik blok tuğla kullanılmıştır (Şekil 2.).

Yapılan çalışmada ısıtma dönemi Ekim-Nisan ayları (7 ay) , ısınma süresi günde 12 saat, iç sıcaklık 22°C, dış sıcaklık ise ortalama -12°C

1/ U : Isı geçirgenlik direnci (m²K/W),

1/a_i : İç yüzeyin yüzeysel ısı taşınım direnci (m²K/W),

1/a_d : Dış yüzeyin ısı taşınım direnci (m²K/W)'dir.

kabul edilmiştir. Devlet Meteoroloji İşleri Eskişehir İl Müdürlüğü'nden elde edilen son on yıllık verilerin ortalaması ile toprak sıcaklığı 12,9°C alınmıştır. Lojmandaki duvarları oluşturan yapı elemanları;

- Blok duvarlar,
- Betonarme yüzeyler,
- Pencere altındaki duvarlar,
- Kolon ve duvarlar,
- Toprağa temas eden bodrum duvarları olarak sıralanabilir.

1.2. Hesaplamalarda Kullanılan Formüller

Toplam Isı İletkenlik Direnci (1/ r) (R); Herhangi bir yapı bileşeninin kalınlığı (d) metre, paralel iki yüzeyin sıcaklıkları farkı 1 °C (1K) iken, 1 m²'sinden 1 saatte geçen ısı miktarının geometrik tersidir.

$$\frac{1}{L} = \frac{d_1}{L_1} + \frac{d_2}{L_2} + \dots + \frac{d_n}{L_n} \quad (4-1)$$

burada;

- 1/L : Toplam ısı iletkenlik direnci (m²K/W),
- d : Yapı bileşeninin kalınlığı (m),
- L₁, L₂ : Isı iletkenlik hesap değeri (W/mK)'dir.

Isı Geçirgenlik Direnci (1/U); yapısı ve kalınlığı belirli olan bir yapı bileşeninin iki tarafındaki hava sıcaklıklarının farkı 1 °C (1K) iken, 1 m²'sinden 1 saatte geçen ısı miktarının geometrik tersidir.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots + \frac{1}{L_n} \quad (4-2)$$

burada;

51

Birim alanın yıllık yakıt maliyeti;

$$M_{YAKIT} = T \cdot H \cdot q \cdot F_{YAKIT} / h \cdot V \quad (4-6)$$

formülü ile bulunur. Bu formülde;

- M_{YAKIT} : Yıllık yakıt maliyeti (TL/yıl)
- T : Yıllık ısıtma süresi (gün/yıl)
- H : Günlük ısıtma süresi (h/gün)
- q : Isı kaybı (W/h)
- F : Yakıt birim fiyatı (TL / m³)

Yapı kabuğunun iletim ve taşınım ile olan ortalama ısı geçirgenlik katsayısı;

$$U_{ort} = \frac{U_1 A_1 + U_2 A_2 + U_3 A_3 + \dots + U_n A_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n} \quad (4-3)$$

formülü ile bulunur. Burada;

U₁, U₂, U₃, ... U_n : Yapı bileşenlerinin ısı geçirgenlik katsayıları (W/m²K),

A₁, A₂, ... A_n : Yapı bileşenlerinin yapı kabuğundaki toplam alanları (m²)'dir.

Yapı Bileşeninin Isı Kaybı (q); Kararlı durumdaki bir ısı akış yoğunluğu (q), bir dış yapı bileşeninden T_i sıcaklığındaki iç havanın yüzeyle temas halinde bulunduğu iç tarafa ve T_d sıcaklığındaki dış havanın yüzeyle temas halinde olduğu dış tarafa doğru gerçekleşir. Yapı kabuğundaki ısı kaybı için;

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T = U \cdot A \cdot (t_i - t_d) \quad (4-4)$$

formülü kullanılır.

Birim alana düşen yalıtım maliyetini bulmak için;

$$M_{YALITIM} = l + (a \cdot F_{YALITIM} - M_{RADYATÖR}) \quad (4-5)$$

formülü kullanılır. Bu formülde;

- M_{YALITIM} : Yalıtım maliyeti (TL)
- l : İşçilik (TL)
- a : Yalıtım kalınlığı (cm)
- F_{YALITIM} : Yalıtım birim fiyatı (TL/cm)
- M_{RADYATÖR} : Radyatör dilim maliyeti kazancı (TL)'dir.

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, Sayı 9 4, 2006

formülü ile bulunur. Bu formülde;

- M_{RADYATÖR} : Radyatör maliyeti (TL)
- K_{RADYATÖR} : Radyatör kazancı (dilim)
- F_{RADYATÖR} : Radyatör fiyatıdır (TL/dilim).

1.3 Yalıtım Sistemi ve Yalıtım Malzemesi

Yapının konut olması ve yapı kabuğunun ısıtma döneminde radyatörler kapatıldığında bünnesine depoladığı ısıyı iç mekânlara vermesi

Γ_{YAKIT} : Yakıt birimi fiyatı (TL/m³)
 h : Yakıt alt ısı değeri (W/m³)
 V : Kazan verimidir.

Yalıtım yapılması durumunda Radyatör kazan -
 cı;

$$K_{RADYATÖR} = (Q - Q_{ORT [1]})/q_{RADYATÖR} \quad (4-7)$$

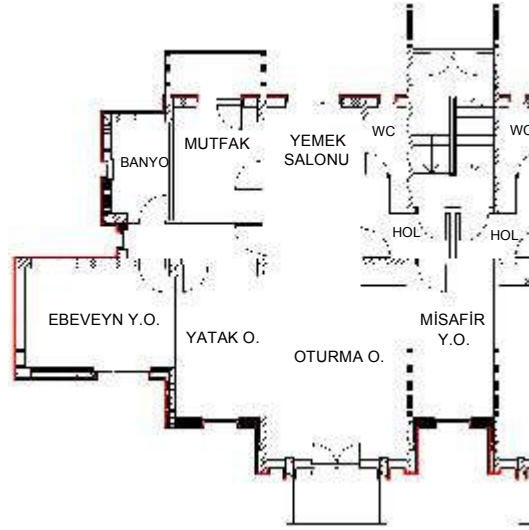
formülü ile bulunur. Bu formülde;

$K_{RADYATÖR}$: Radyatör kazancı (dilim)
 Q : Mevcut durumun ısı ihtiyacı (W/h)
 Q_{ORT} : Yalıtımlı durumun ısı ihtiyacı (W/h)
 $q_{RADYATÖR}$: Radyatörün bir saatte verdiği ısıdır
 (W/h.dilim).

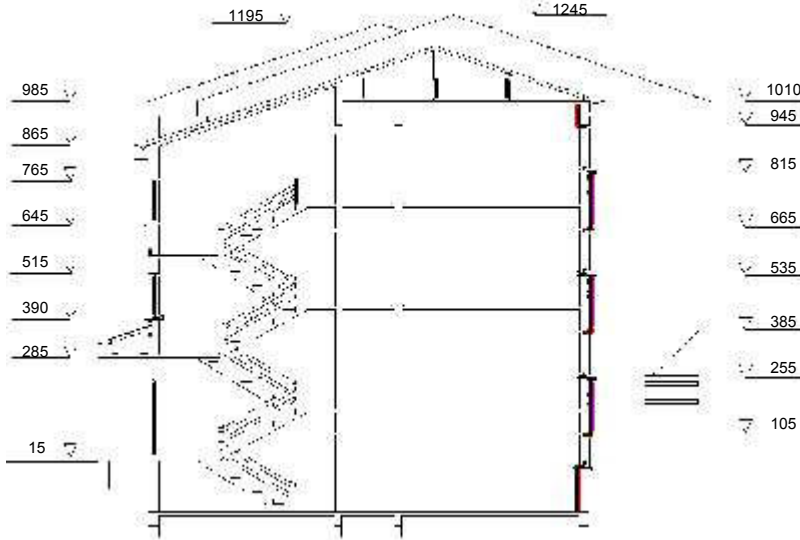
Radyatör maliyeti ise;

$$M_{RADYATÖR} = K_{RADYATÖR} \cdot F_{RADYATÖR} \quad (4-8)$$

yesine depolandığı ısıyı iç mekânlara vermesi
 amacıyla dıştan yalıtım yapılması önerilmiştir.



Şekil 3. C1 Blok normal kat planı
 (yalıtım uygulanması durumunda)



Şekil 4. C1-Blok enine kesiti (yalıtım uygulanması durumunda)

Ayrıca dıştan yalıtım, yoğuşma ile iç ve dış
 bükey köşelerdeki ısı köprüleri sorunlarına da
 ha doğru çözümler getirmektedir. Dıştan yalı -
 tım sisteminde yalıtım malzemesinin duvara uy -
 gulandıktan sonra düşmemesi için dübelle tes -
 pit edilmesi yalıtım sistemi açısından daha ve -
 rimli olacaktır (burada dübelin oluşturacağı ısı
 köprüleri göz ardı edilebilecek kadar düşüktür).
 Sadece dördüncü katta giriş seviyesinde çör -
 tenlerin oluşturduğu ısı köprülerini önlemek
 için ve toprağa temas eden duvarlarda yapı ka -
 buğu dış yüzeyine müdahale edilemeyeceği
 için bu bölgelerde içten yalıtım sistemi tercih
 edilmiştir. C1-Bloğuna dıştan yalıtım uygula -
 masını ifade eden plan ve kesitler Şekil 3-4.'de

Lojman Bloğu dış duvar elemanlarının mevcut
 ve ısı yalıtımı uygulanması durumundaki ısı
 kayıp hesapları Tablo 1. ve Tablo 2.'de görül -
 mektedir.

Elde edilen bu veriler ile (4-3) formülü kullanıla -
 rak;

Hava ile temas eden duvar elemanlarının top -
 lam ısı geçirgenlik katsayısı;

$$U_{ort} = 1,88 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Toprak ile temas eden duvar elemanlarının top -
 lam ısı geçirgenlik katsayısı;

görülmektedir.

$$U_2 = 1,90 \text{ W/m}^2\text{K}$$

1.3 Duvarların Mevcut ve İyileştirme Durumlarının Karşılaştırılması

olarak bulunur (duvar elemanlarının toprak ve



BLOK DUVAR (%21)

BETONARME YÜZEYLER (%52)

PENCERE ALTINDAKİ DUVAR (%6)

PERDE KOLON VE DUVAR (%8)

TOP. TEMAS EDEN BODRUM DUVARI (%13)

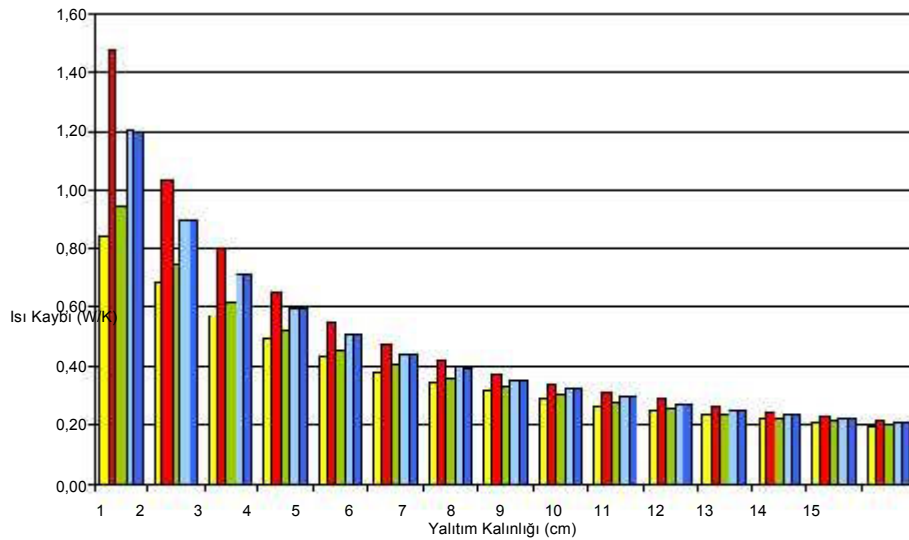
Şekil 5. Lojman Bloğu dış duvar elemanlarının ısı kayıp yüzdeleri

Tablo 1. Lojman Bloğu dış duvar yapı elemanlarındaki mevcut ısı kayıpları

	U (W/m ² K)	Alan (m ²)	q (W/K)
BLOK DUVAR	1,15	248,52	285,02
BETONARME YÜZEYLER	2,70	261,12	705,10
PENCERE ALTINDAKİ DUVAR	1,34	60,29	80,88
KOLON + DUVAR	1,91	54,36	104,00
TOP. TEMAS EDEN BODRUM DUVARI	1,90	96,18	182,91

Tablo 2. Lojman Bloğu dış duvarlarına ısı yalıtımı uygulanması durumunda yapı elemanlarında meydana gelecek ısı kayıpları (ısı yalıtımı kalınlığı 1cm)

	U (W/m ² K)	Alan (m ²)	q (W/K)
BLOK DUVAR	0,87	248,52	216,68
BETONARME YÜZEYLER	0,37	261,12	96,70
PENCERE ALTINDAKİ DUVAR	0,75	60,29	44,94
KOLON + DUVAR	0,52	54,36	28,41
TOP. TEMAS EDEN BODRUM DUVARI	0,53	96,18	50,58



BLOK DUVAR

BETONARME YÜZEYLER

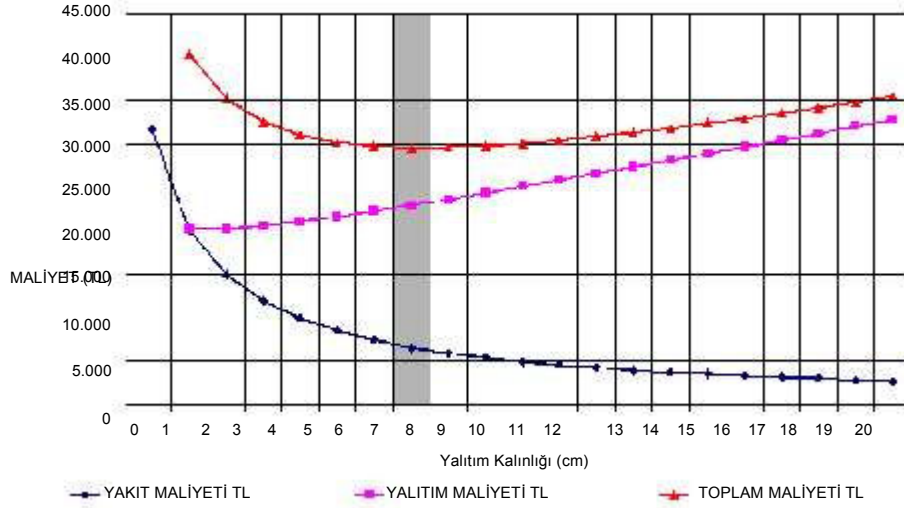
PENCERE ALTINDAKİ DUVAR

PERDE KOLON VE DUVAR

TOP. TEMAS EDEN BODRUM DUVARI

Şekil 6. Lojman Bloğu dış duvarlarına ısı yalıtımı uygulanması durumunda yapı elemanlarında meydana gelecek ısı kayıpları

Şekil 6. Lojman Bloğu dış duvarlarına ısı yalıtımı yapılması durumunda yapı elemanlarında meydana gelen ısı kayıpları



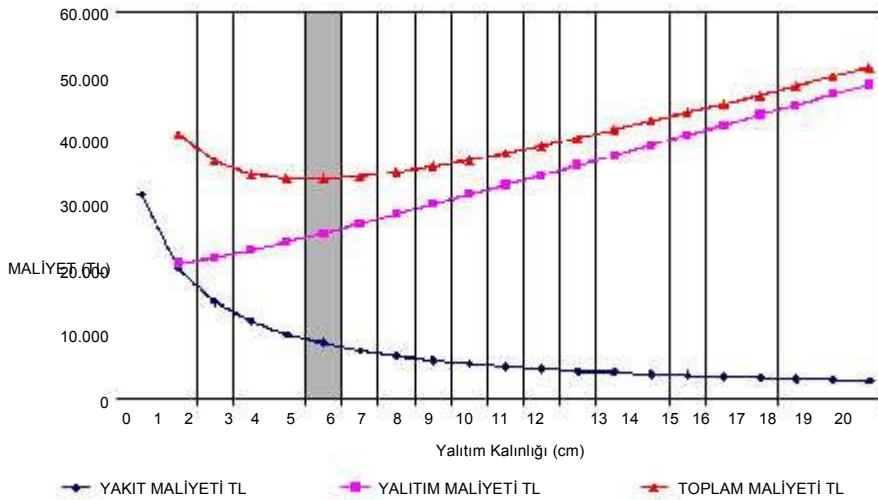
Şekil 7. Lojman Bloğu duvarlarında EPS kullanımına göre optimum ısı yalıtım kalınlıkları

hava ile temas ettiği ortamlardaki sıcaklıklar birbirinden farklı olduğu için ikisinin ortalaması alınmamalıdır).

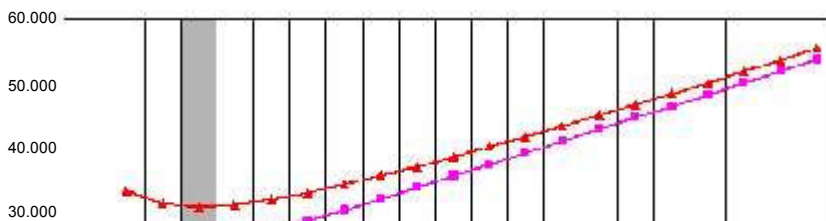
1.3. Değerlendirme

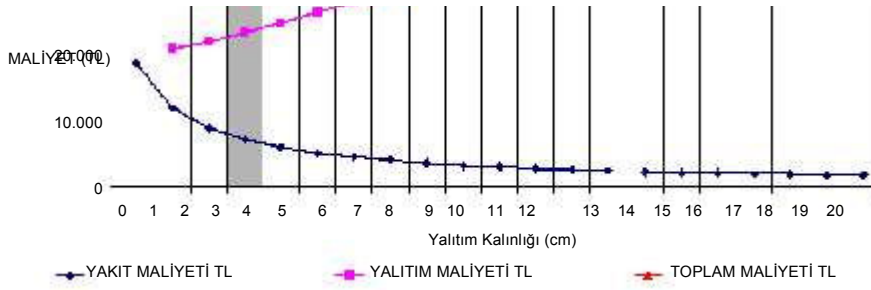
Yapı dış kabuğunu oluşturan elemanlara ısı kayıpları açısından bakıldığında en çok ısı

kaybının betonarme elemanlarda olduğu görülmektedir (Şekil 5.). Bunun sebebi hem yapı kabuğundaki alanların çok fazla, hem de ısı iletkenlik katsayısının çok yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Betonarme elemanlardan sonra en fazla alana sahip olan blok duvarlar ise, ısı kayıpları yönünden ikinci sırayı almaktadır.



Şekil 8. Lojman Bloğu duvarlarında XPS kullanımına göre optimum ısı yalıtım kalınlıkları





Şekil 9. Lojman Bloğu duvarlarında taş yünü kullanımına göre optimum ısı yalıtım kalınlıkları

Toprağa temas eden perde duvarlar ise toprak sıcaklığının dış hava sıcaklığından yüksek olmasından dolayı ($12,9^{\circ}\text{C} > -12^{\circ}\text{C}$) ısı kayıpları açısından "pencere altındaki duvarlar" ve "perde kolon ve duvarlar" ile birbirine yakın değerlerdedir. Yapılan hesaplamalar sonucunda; yalıtım kalınlığı doğrusal olarak arttıkça yapı elemanlarındaki ısı kayıplarının eğrisel olarak azaldığı görülmektedir (Şekil 6.).

Yapı kabuğunda yakıt ve yalıtım maliyetleri top-

lamının minimum olduğu nokta optimum ısı yalıtım kalınlığını belirler. Alternatif ısı yalıtım malzemeleri için optimum ısı yalıtım kalınlıkları yalıtım malzemelerinin birim fiyatına göre değişir (Bkz. Ek-2.). Yatırım süresi 5 yıl olarak kabul edildiğinde farklı ısı yalıtım malzemeleri kullanılması durumunda C1-Blok duvarlarında optimum ısı yalıtım kalınlıkları EPS'de 7cm, XPS'de 5cm ve taş yününde 4cm olarak hesaplanmıştır (Şekil 7.-9.).

SONUÇ

Binalarda enerjinin etkin kullanımı ve korunumu açısından, yapı kabuğunun (ve yapı kabuğunda en fazla alana sahip olan duvarların) üstlenmediği görev; sürekli değişen dış atmosfer koşullarından olumsuz etkilendiği ve gün içinde farklılaşan dış sıcaklığa bağlı olarak farklı ısı geçişleri ile karşılaştığı için oldukça önemlidir. Bu bağlamda kullanıcının ısı konforunu sağlamak için yapı kabuğuna yapılacak ısı yalıtımı yatırımı öne çıkararak, optimum ısı yalıtım kalınlıkları önemli hale gelmektedir. Buna bağlı olarak da ısı kayıplarının azaltılmasına yönelik hazırlanan iyileştirme projelerinde ısı yalıtımı uygulanmadan önce;

- Isı yalıtım sistemi ve yalıtım malzemelerinin seçilmesi,
- Yalıtım kalınlık alternatiflerinin ortaya konulması,
- Yapı kabuğunun toplam ısı kayıp ve kazanç oranlarına göre maliyet analizi yapılması,
- Amortisman süreleri göz önünde bulundurularak optimum ısı yalıtım kalınlıklarının önerilmesi,

kullanıcının ısı konforu ile enerjinin etkin kullanımı ve korunumu açısından oldukça önemli kriterler olarak karşımıza çıkmaktadır.

ve taş yününde 4 cm olarak karşımıza çıkmaktadır (amortisman süresi 5 yıl kabul edilerek değerlendirme yapılmıştır).

Sonuç olarak önerilen iyileştirme projesinde alternatif olarak önerilen ısı yalıtım malzemelerinin ısı iletkenlik hesap değeri aynı kabul edilerek ($0,035 \text{ W/mK}$) yalıtım kalınlığı 5cm. olduğunda, III. bölgede bulunan lojman bloğunun dış duvarlarının $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'lik ısı geçirgenlik katsayısı ile TS 825'e uygunluk gösterdiği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] ÜNALAN H, Yapı Kabuğunda Isı Yalıtımının İrdelenmesi ve Anadolu Üniversitesi Lojmanları İyileştirme Projesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2003
- [2] KAHRAMAN, F., Isı Tutucu Malzemeler ve Yapılarda Uygulanma Olanaklarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (1999)
- [3] GÖKSAL, T., Enerji Korunumlu Binalarda Dış Duvar Kuruluşları, III. Ulusal Enerji Sempozyumu Bildiri Kitabı Cilt 1, 233-240, İstanbul 2000
- [4] ÜNALAN H. ve GÖKALTUN E., Anadolu Üniversitesi Lojmanlarında Yapı Elemanlarının Isı Kavıpları ve Optimum Isı Yalıtım Kalınlıkları

leştirme projesindeki alternatif ısı yalıtımı malzemelerinin (EPS, XPS ve taş yünü) birim fiyatları birbirinden farklı olduğu için, optimum ısı yalıtım kalınlıkları EPS'de 7 cm, XPS'de 5 cm

lıkları, Yalıtım ve Enerji Yönetimi Kongresi 2003, MMO Yayın No; E/2003/316, 13-18, 2003

[5] TS 825 Binalarda Isı Yalıtımı Kuralları, Nisan 1998