

Bina kabuğu ve ısıtma sistemi işletme biçiminin ekonomik analizi

Gülten MANİOĞLU*, Zerrin YILMAZ

İTÜ Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 80191, Taksim, İstanbul

Özet

*Enerji bakımından diğer ülkelere bağımlı hale gelen ülkemizde tüketilen enerjinin büyük bir bölümü binaların ısıtılmasında kullanılmaktadır. Enerjiyi daha etkin kullanabilmek için mimarların, her türlü dış iklim koşulunda binaların yeterliliklerini değerlendirerek iklimsel konforu etkileyen yapma çevre değişkenlerinin bileşimlerini optimize etmeleri gerekmektedir. Ayrıca enerjiye ilişkin tüm değişkenler de ekonomik olarak değerlendirilmelidir. Bu çalışmanın amacı iklimsel konforu sağlamayı amaçlayan, en uygun bina kabuğu ve ısıtma sistemi işletme biçimi seçeneğinin yaşam dönemi maliyetleri açısından belirlenmesidir. Bu amaçla en uygun bina kabuğu-işletme biçimi seçeneğinin belirlenmesi için, kesintili çalışmanın uygulandığı ve yılın ısıtmanın istendiği döneminde ve günün belirli saatlerinde kullanılan bir bina için bir yaklaşım geliştirilmiştir. **Anahtar Kelimeler:** Isıtma enerjisi ekonomisi, ısıtma sistemi işletme biçimi, iklimsel konfor, yaşam dönemi maliyeti.*

The economic analysis of building envelope and operation period of heating system

Abstract

As Turkey imports most of the energy that it consumes, the dependence of other countries from the point of view of energy is increasing year by year. A considerable portion of total energy consumption is used in residential sector, especially for heating. To consume the energy most efficiently, architects should pay attention to optimisation of the combination of design parameters affecting the indoor climate by analyzing building responses to all climatic conditions. Every design should also be agreeable from the economic point of view. Moreover, the economic analysis should be integrated into this optimisation issue. All the energy parameters should be taken into consideration with their financial aspects. The aim of this study is the determination of building envelope details in relation to the operation period of heating system by taking the life cycle cost in account from the standpoint of providing climatic comfort. Thus, an approach for the determination of the most convenient building envelope-operation period alternative in relation to the life cycle cost is improved for a building heated intermittently, used during underheated period of the year and determined time of the day. This article is based on an application, which is carried out in Ankara, İstanbul, Antalya, Diyarbakır and Erzurum that are representative cities of Turkey for temperate-humide, temperate-dry, hot-humide, hot-dry and cold zones respectively, for different heat transfer coefficients.

Keywords: Bioclimatic comfort, heating energy conservation, heating period of heating system, life cycle cost.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Gülten MANİOĞLU. gulten.manioglu2@itu.edu.tr; Tel: (212) 293 13 00 dahili:2361
Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Mimarlık Fakültesi'nde tamamlanmış "Isıtma enerjisi ekonomisi ve yaşam dönemi maliyeti açısından uygun bina kabuğu ve işletme biçimi seçeneğinin belirlenmesinde kullanılacak bir yaklaşım" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 10.09.2002 tarihinde dergiye ulaşıp, 27.09.2002 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 28.02.2003 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Giriş

Birincil enerji kaynakları bakımından yeterli kapasitesi olmayan ülkemizde, tükettiğimiz enerjinin büyük bir bölümü ithal edilmekte ve enerji bakımından diğer ülkelere daha da bağımlı hale gelmektedir. Binaların ısıtılmasında kullanılan enerji miktarı ise, toplam tüketilen enerjinin oldukça büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Binalara ait işletme maliyetlerinin büyük bir bölümünü ise, ısıtma sisteminin enerji maliyetleri oluşturmaktadır. Isıtma sistemine ait enerji maliyetlerini minimuma indirmek, ısıtma sisteminin işletme biçiminin, iklimsel konfor şartlarını minimum ısı kaybı ile sağlayabilen bina kabuğu ile birlikte kontrol altına alınması ile mümkündür. Ancak tasarım aşamasında olan bir proje için, bina kabuğuna ait ilk yatırım maliyetlerinin de kontrol edilmesi binanın ömrü boyunca aynı kabuk yolu ile sağlanabilecek ısı kayıplarının ve kazançlarının getireceği maliyetlerle birlikte bir karşılaştırma yapabilmeyi olanaklı kılar. Bu tür bir maliyet kontrolü ile iklimsel konfor koşullarını minimum ısı kaybı ile sağlayan bina kabuğu-ısıtma sisteminin işletme biçimi seçenekleri arasında, bina kabuğunun ilk yatırım maliyeti en düşük olanını seçmek mümkün olabilecektir. Bu şekilde hem yüklenicinin hem de kullanıcının ülke kaynaklarını en ekonomik bir biçimde kullanmaları sağlanabilecektir.

İç iklim elemanlarının dış iklim elemanlarının değerlerine bağlı olarak alacağı değerler, yapma çevre değişkenleri olarak nitelenen tasarım parametrelerinin performanslarına bağlıdır (Zeren v. diğ., 1987). Isıtma enerjisi ekonomisinde etkili olan yapma çevre değişkenleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

Binanın yeri

Binanın yeri arazi parçasının eğimi, konumu, bitki örtüsü ve baktığı yönün ifade edildiği, iklim kontrolünde ve hava kirliliğini önlemede etkili olan bir tasarım parametresidir. Aynı zamanda yapma ısıtma ve iklimlendirme ihtiyacının ve buna bağlı olarak enerji harcamalarının minimize edilmesini ve dolayısıyla hava kirliliğinin önlenmesini olanaklı kılar (Berköz v. diğ., 1995).

Binanın diğer binalara göre konumu

Binayı etkileyen dış iklim elemanlarından güneş ışınımı ve hava hareketi hızı çevre binaların veya diğer engellerin ele alınan binadan uzaklığına, yüksekliğine ve bu binaya göre konumlandırılış durumuna bağlı olarak değişkenlik gösterir. Güneş ışınımından maksimum yararlanılmak istendiğinde, bina aralıkları komşu binaların ve diğer engellerin en uzun gölge boyuna eşit ya da bundan büyük olmalıdır (Bayazıt v. diğ., 1992).

Binanın boyutları ve biçim faktörü

Hacmin yatay ve düşey doğrultudaki boyutları, hacmi çevreleyen elemanların ve dolayısıyla kabuk elemanının yüzey alanını belirleyen değişkenlerdir. Kabuk iç yüzey sıcaklığı diğer yüzeylerin sıcaklığından farklı olduğu için, kabuk alanının değişimi, ortalama ışınımsal sıcaklığın, kabuk elemanından geçen ısı miktarının ve dolayısıyla iç hava sıcaklığının değişimine yol açar.

Binanın yönlendiriliş durumu

Binayı çevreleyen kabuk elemanlarından güneş ışınımı aracılığı ile kazanılan ısı miktarı, iklimsel konforu etkileyen iç hava sıcaklığı ve ortalama ışınımsal sıcaklık gibi çevresel değişkenlerin değerlerinin değişiminde rol oynayan önemli etkenlerden biridir. Buna göre, farklı yönlerde bakan yüzeyleri etkileyen güneş ışınımı şiddeti de farklı olacaktır (Yılmaz, 1988). Bu nedenle, bina içi hacimlerin güneş ışınımından kazandığı ısı miktarı bina dış kabuğunun baktığı yönün bir fonksiyonudur.

Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri

Bina kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri ısıtma sisteminin de etkisiyle kabuğun opak ve saydam bileşenlerinden geçen ısı miktarının ve hacimde gerçekleşen iç hava sıcaklığı ve iç yüzey sıcaklıklarının belirlenmesinde etkili olurlar.

İç çevre iklimsel koşulları ve yapma ısıtma ve iklimlendirme yükleri bina kabuğundan yitirilen

ve kazanılan toplam ısı miktarlarına bağlı olarak değişim gösterir. Opak ve saydam bileşenlerden oluşan kabuk elemanlarının ısı geçişini etkileyen optik ve termofiziksel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Opak ve saydam bileşenlerin toplam ısı geçir-me katsayısı
- Opak bileşenlerin zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü
- Opak ve saydam bileşenlerin güneş ışınımına karşı yutuculuk geçirgenlik ve yansıtıcılık katsayıları
- Saydamlık oranı

Isıtma sisteminin işletme biçimi

Pasif sistemlerle tasarlanmış bir bina iç çevresi istenen iç iklimsel koşulları sağlayamıyorsa, kullanıcının iklimsel konfor durumunda bulundurulabilmesi için yapma ısıtmaya ihtiyaç duyulur. Yapma ısıtma sistemleri hizmet ettikleri binanın fonksiyonuna ve gün içindeki kullanım süresine bağlı olarak zaman zaman durdurulabilirler veya sürekli çalıştırılıp belirli saatlerde yavaşlatılabilirler. Sistemin farklı saatlerde çalıştırılması, farklı fonksiyonlara sahip binalarda bina kabuğunun ısı depolama özelliğine de bağlı olarak farklı ek enerji ihtiyaçlarına yol açmaktadır. Buna göre, ek bir yapma ısıtma sistemine gereksinim duyulduğunda, sistemin işletme şekli, iklimsel konfor ve enerji harcamaları üzerindeki etkisi diğer yapma çevre değişkenlerine ve özellikle de bina kabuğunun termofiziksel özelliklerine bağlı olarak belirlenmelidir. Ancak bu şekilde, ısıtma sisteminin işletme maliyetini minimuma indireyecek bina kabuğu-ısıtma sistemi işletme şekli seçenekleri belirlenebilir. Toplam maliyeti düşürmek için ise bu seçenekler arasından ilk yatırım maliyeti en düşük olan kabuğu belirlemek üzere maliyet analizi yapmak gerekir.

Maliyet faktörünün hesaba katılmasıyla birlikte son yıllarda ısıtmada enerji ekonomisini hedefleyen çalışmalar artmıştır.

Bekar (1990) iklimsel konfor ve ekonomik verimliliği esas alarak farklı özelliklerdeki binalar için optimum duvar seçimini sağlayan bir bilgisayar programı hazırlamıştır. Programda hesaplamalarda kullanılmak üzere malzemelerin

termofiziksel özellikleri, ve m² birim fiyatları, tüm şehirlere ait iç ve dış iklimsel veriler, standart işletme biçimleri yakıt fiyatları veri tabanı olarak hazırlanmış, yapılan hesaplamalar sonucu ısı ve ekonomik verimlilik için dış duvar seçimi yapılmıştır. Baysal (1996) bir binanın ısısal performansına bağlı olarak, ilk yatırım ve işletme giderlerini dikkate almış ve ekonomik analiz yapmıştır. Yöntemin amacı çeşitli tasarlanmış bina tiplerinin ilk yatırım ve kullanım maliyetlerini hesaplayıp, içlerinden en düşük “yaşam dönemi maliyeti” sağlayan seçeneği kriter olarak alıp, diğer seçeneklerin bu kritere göre düzeltilmesini sağlayacak yapı bileşeni ölçeğinde öneriler getirmektir. Bakos ve diğerleri (1999) çalışmasında, konut veya başka bir binaya ait merkezi ısıtma sisteminde yakıt tasarrufu yapmak amacıyla, işletme biçiminin günlük döngüsünü dış hava sıcaklığına bağlı olarak farklı periyotlara bölmüştür. Büyükyıldız (1997) çalışmasında, konutlarda yıllık enerji ihtiyacının modellenebilmesi için hazırlanmış bir bilgisayar programı yardımıyla örnek iki bina üzerinde yapılan hesaplamalar sonucu iç hava sıcaklığını ve yakıt sarfiyatını kontrol etmeyi amaçlamıştır. Çalışma sonucunda, kesintili çalışma durumunda farklı kontrol sistemlerine göre %10 ile %20 civarında yakıt sarfiyatı farkı görülmüştür. Manioğlu (1995) çalışmasında, günün belirli saatlerinde kullanılan hacimler için, iklimsel konfor ve enerji ekonomisini sağlamak amacıyla, hacme ait kabuk elemanının ısısal performansının ısıtma sisteminin işletme şekline bağlı olarak değerlendirilmesinde kullanılabilir bir yaklaşım geliştirmiş ve işletme şeklinin çalışma süresini gözönünde bulundurularak, en ekonomik olan işletme şeklinin seçilmesi, kabuk bileşeni iç yüzey sıcaklığının konfor değerlerine ulaşma sürelerinin hacmin kullanılış süresine göre değerlendirilmesi ve uygun kabuk alternatiflerinin seçilmesi sonucunu elde etmiştir.

İncelenen çalışmalardan Bakos, Büyükyıldız ve Manioğlu yöntemi dışında tüm yöntemler, binalardaki ısı kayıplarının hesaplanmasından sonra, enerji ekonomisi açısından alınacak önlemler arasında ısıtma sistemlerinin işletme biçimi ile ilgili bir öneri getirmemişlerdir. Ancak, bu yöntemlerin tümünde maliyetlerle ilgili ekonomik değerlendirmeler yapılmıştır. Bu nedenle, bu ça-

lışmada ele alınan tüm bina kabuğu ve ısıtma sistemi işletme biçimi seçenekleri, iklimsel ve ekonomik (ilk yatırım maliyetleri, işletme maliyetleri) açıdan değerlendirilmiş ve işletme biçiminin minimum ısı kaybı sağlayan bina kabuğu ile birlikte kontrol edilebilmesi için, yaşam dönemi maliyeti de gözönünde bulundurulmuştur.

Isıtma enerjisi ekonomisi ve yaşam dönemi maliyetleri açısından uygun bina kabuğu ve işletme biçimlerinin belirlenmesi

Bu makalenin dayandırıldığı çalışma Türkiye'nin beş iklim bölgesini temsil eden Ankara, İstanbul, Antalya, Diyarbakır ve Erzurum'da farklı ısı geçirme katsayıları için uygulanmış, ancak bu makalede örnek olarak Ankara için ısı geçirme katsayısı $0.45 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ ($0.52 \text{ W/m}^2\text{C}$) olduğunda elde edilen değerlendirmeler kullanılmıştır. Çalışmada, ısıtma enerjisi ekonomisi ve yaşam dönemi maliyetleri açısından en uygun bina kabuğu ve işletme biçimlerinin belirlenmesi amacıyla önerilen yöntemin uygulaması için, ısıtmanın istenmediği dönemde enerji harcaması gerektirmeyen ve sadece ısıtmanın istendiği dönemde kullanılan ve genellikle ısıtma sistemi kesintili çalıştırılan bina seçeneklerinden ilköğretim okulu örneği seçilmiştir. Önerilen yöntemin ve buna paralel olarak uygulama çalışmasının adımları aşağıda özetlenmiştir.

İç ve dış iklimsel koşulların belirlenmesi

Uygulamada ısıtmanın istendiği dönemi meteorolojik açıdan karakterize eden 21 Ocak günü tasarım günü olarak seçilmiştir ve iç hava sıcaklığı konfor değeri 19°C olarak alınmıştır (TSE 825, 1998).

Yapma çevre değişkenlerinin belirlenmesi

Uygulama, Türkiye'nin ılımlı-kuru iklim bölgesini temsil eden Ankara'da normal bir bölgede ve eğimsiz bir arazide gerçekleştirilmiştir. İlköğretim okulu binasının diğer binalar tarafından gölgelemmediği varsayılmıştır. Binaya ait planlar, kesit, biçim faktörü ve yönlendirme Şekil 1'de verilmiştir. İç hava sıcaklığının tüm mekan-

larda eşit olduğu varsayılarak, binaya ait ara katların ve iç bölme duvarlarının tümü kaldırılmış, binanın tüm hacmi ısı kayıpları ve iç hava sıcaklığı hesaplamalarında esas alınmıştır. Cephe opak bileşeninin güneş ışınımına karşı yutuculuk katsayısı $a_0 = 0.70$ olarak alınmıştır. Mevcut ilköğretim okulu projesindeki saydamlık oranlarının değişimi aşağıdaki gibidir:

Kuzey : % 35

Doğu : % 37

Güney : % 42

Batı : % 37

Saydam bileşen olarak tüm hesaplarda ahşap, özel birleştirilmiş çift cam kullanılmış ve pencerenin toplam ısı geçirme katsayısı $k_c = 3.25 \text{ W/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ ($2.8 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$) olarak alınmıştır. Opak bileşen için ısı geçirme katsayısı $0.45 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ ($0.52 \text{ W/m}^2\text{C}$) olarak alınmıştır. İlköğretim okuluna ait opak bileşen katmanlaşma seçenekleri Tablo 1'de derlenmiştir. Opak bileşen ana malzemeleri için yapım sektöründe yaygın olarak kullanılan gazbeton, düşey delikli ve dolu tuğla duvar, hafif ve normal agregalı beton duvar elemanları öngörülmüştür. Bu uygulama çalışmasında binanın yalnız düşey dış kabuk elemanları için farklı alternatifler üretilmiş, toprağa oturan döşeme ve tavan döşemesinin tüm hesaplarda aynı detaya sahip oldukları varsayılmıştır. Döşemelerin katmanlaşma detayları Tablo 1'de gösterilmiştir İlköğretim binası ısıtma sistemi için aşağıdaki işletme biçimleri öngörülmüştür:

Saat 05:00-15:00 arası

Saat 07:00-15:00 arası

Saat 07:00-17:00 arası

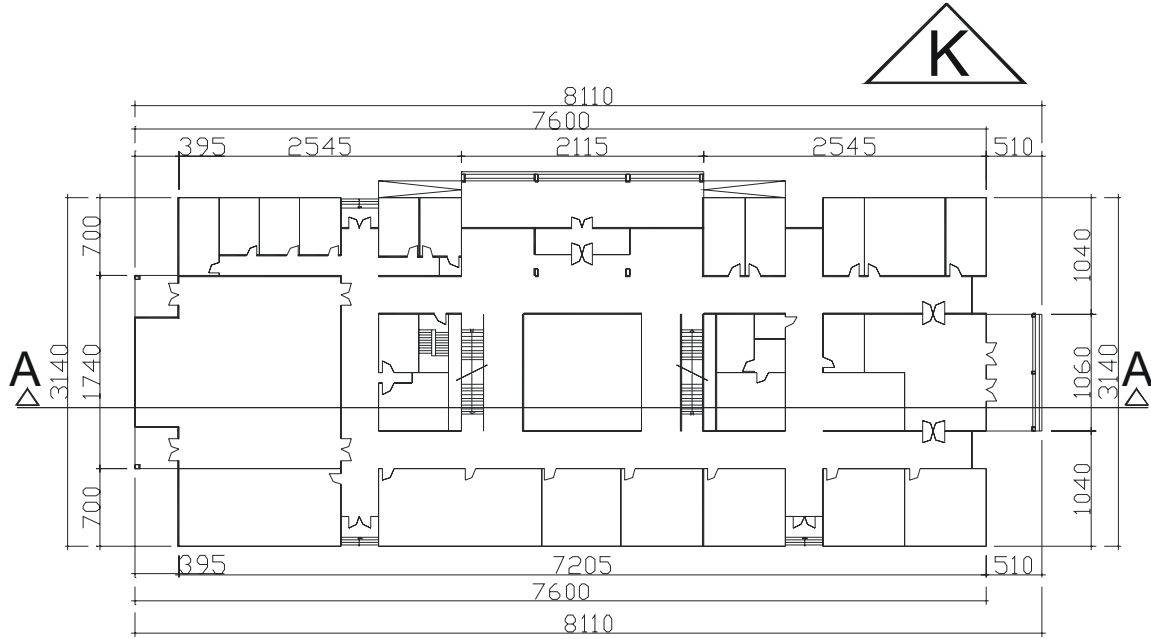
Yaklaşımın sonunda, farklı bina tipleri ve farklı kabuk seçenekleri için farklı işletme biçimlerinin önerilebilmesi amaçlanmıştır.

Binada ısıtma sisteminin çalışması durumunda iç yüzey sıcaklıklarının ve günlük ortalama saatlik ısı miktarlarının hesaplanması

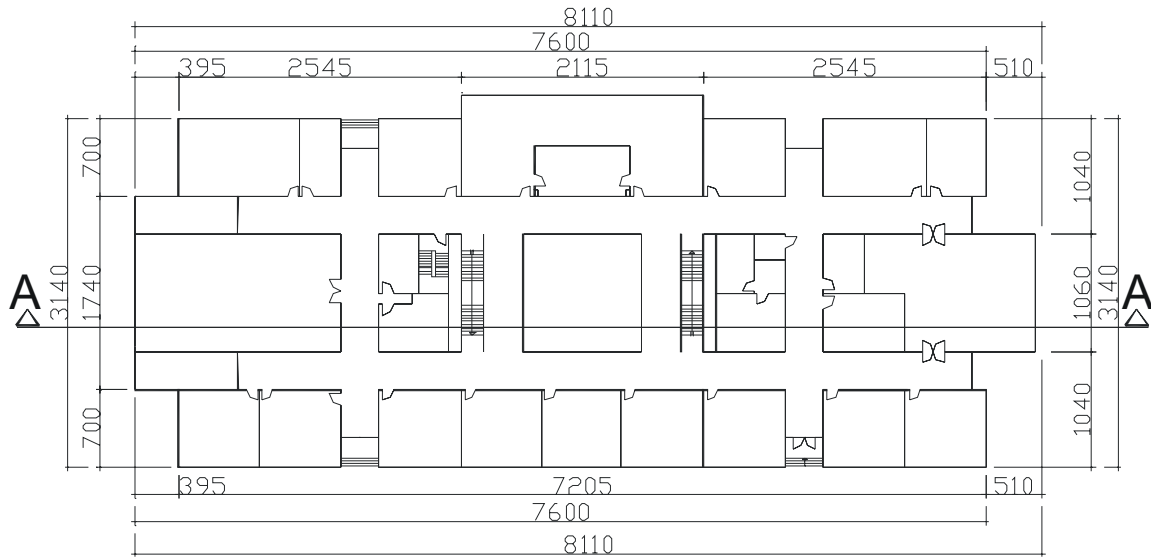
İlköğretim okulu binasının dört ana yöne bakan dış kabuk elemanlarının iç yüzey sıcaklıklarının saatlik değerleri, her işletme biçiminde, toplam

25 adet kabuk alternatifi ve 3 işletme biçimi için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplama işlemlerinin kısa sürede yapılması için ISINEM adlı bir bilgisayar programından yararlanılmıştır (Yılmaz, 1983). Bu program yardımıyla istenen

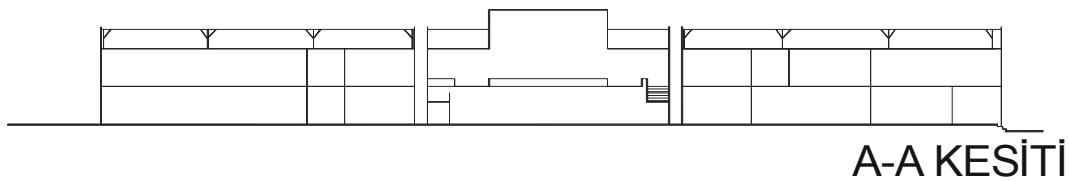
toplam ısı geçirme katsayısını gerçekleştiren opak kabuk bileşenlerinin ısı geçişini doğrudan etkileyen özelliklerine bağlı olarak bileşen içindeki sıcaklığın zamana bağlı değişimi ve bileşenin iç yüzey sıcaklığı ve zamana bağlı ısı



ZEMİN KAT PLANI



1. KAT PLANI



A-A KESİTİ

Şekil 1. Uygulamada kullanılan ilköğretim okuluna ait planlar ve kesit

geçişine göre kaybedilen veya kazanılan ısı miktarları hesaplanmaktadır.

Önerilen uygun kabuk - işletme biçimi seçeneklerinin, yaşam dönemi maliyetlerinin hesaplanması

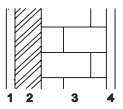
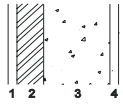
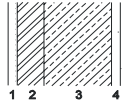
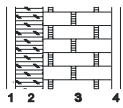
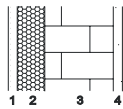
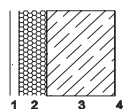
Binanın proje ve üretim sürecini de içine alan, ilk yatırım maliyetleri ve ısıtma enerjisi maliyetleri gözönünde tutularak yapılan bir ekonomik değerlendirme, ekonomik açıdan en uygun bina kabuğu ve ısıtma sistemi işletme biçiminin belirlenmesini sağlayacaktır. Yaşam dönemi maliyeti yaklaşımının hesaplanmasında, uygulamada kullanılan kabuk alternatiflerinin ilk yatırım maliyetleri ve yakıt maliyetlerinin parasal de-

ğerlerinde zaman bakımından oluşan farkları ortadan kaldırmak ve bu değerleri eşdeğer hale getirmek için, eşdeğerlik kavramına dayalı yöntemlerden, bugünkü değer yöntemi ve gelecekteki değer yöntemi kullanılacaktır (Okka, 2000).

Ekonomik değerlendirme yönteminin uygulanması için gerekli verilerin ve varsayımların hazırlanması

Yaşam dönemi maliyeti hesaplamalarında kullanılacak olan ilk yatırım maliyeti, bu çalışmada esas alınan bina kabuklarına ait ilk yatırım maliyetleri ile sınırlı olup, binanın diğer elemanlarına ait ilk yatırım maliyetleri sabit kabul edilmiştir. Hesaplanan bina kabuğuna ait m² birim fiyatları,

Tablo 1. $U_o=0.52W/m^2C(0.45kcal/m^2h^{\circ}C)$ olan opak bileşen katmanlaşma alternatifleri

Kabuk No	Detay	Malzeme No	Malzeme	Isı iletkenlik hesap değeri		malz. kalınlığı d m	özümlü ısı c kJkg ⁻¹ °C	yoğunluk ρ kg/m ³
				λ W/m ² C	kcal / mh ² C			
1		1	Çimento harçlı sıva	1.4	1.2	0.02	1.05	2100
		2	Rende talaşı levha	0.09	0.08	0.12	1.59	450
		3	Dolu tuğla	0.79	0.68	0.29	0.92	1200
		4	Kireç harçlı sıva	0.87	0.75	0.02	1.05	1800
2		1	Çimento harçlı sıva	1.4	1.2	0.02	1.05	2100
		2	Rende talaşı levha	0.09	0.08	0.02	1.59	450
		3	Gazbeton	0.14	0.12	0.2	1.05	400
		4	Kireç harçlı sıva	0.87	0.75	0.02	1.05	1800
3		1	Çimento harçlı sıva	1.4	1.2	0.02	1.05	2100
		2	Rende talaşı levha	0.09	0.08	0.1	1.59	450
		3	Hafif agregalı beton	0.47	0.4	0.3	1	1200
		4	Kireç harçlı sıva	0.87	0.75	0.02	1.05	1800
4		1	Çimento harçlı sıva	1.4	1.2	0.02	1.05	2100
		2	Mantar	0.09	0.08	0.06	1.47	400
		3	Gözenekli hafif tuğla duvar	0.33	0.28	0.34	0.92	800
		4	Kireç harçlı sıva	0.87	0.75	0.02	1.05	1800
5		1	Çimento harçlı sıva	1.4	1.2	0.02	1.05	2100
		2	Polistiren sert köpük	0.04	0.035	0.05	1.21	40
		3	Düşey delikli tuğla duvar	0.46	0.4	0.22	0.92	1000
		4	Kireç harçlı sıva	0.87	0.75	0.02	1.05	1800
6		1	Çimento harçlı sıva	1.4	1.2	0.02	1.05	2100
		2	Polistiren sert köpük	0.04	0.035	0.07	1.21	40
		3	Normal agregalı beton	2.1	1.8	0.1	0.96	2400
		4	Kireç harçlı sıva	0.87	0.75	0.02	1.05	1800

binanın toplam dış duvar, tavan ve zemine oturan döşeme alanlarıyla çarpılarak bina kabuğuna ait toplam ilk yatırım maliyetleri hesaplanmıştır. Hesaplamalarda Bayındırlık ve İskan Bakanlığının 2001 yılına ait rayiç listeleri kullanılmıştır. Rayiç listeler sözkonusu yılın Ocak ayı fiyatlarına göre hazırlandığı için, tüm hesaplamalarda da 2001 yılı Ocak ayı fiyatları kullanılmıştır. Tüm hesaplamalar aynı bina tipi üzerinde yapıldığı için, Yaşam dönemi maliyeti hesaplamalarında kullanılacak olan olası bakım onarım ve yenileme maliyetlerinin de aynı olabileceği kabulünden yola çıkarak, bu parametrelere ait değerler sabit kabul edilmiştir. Yaşam dönem maliyetinin hesaplanmasında kullanılacak olan işletme maliyetleri, bu çalışmada esas alınan ısıtma sisteminin enerji giderleri ile sınırlı olup, binanın diğer işletme giderleri sabit kabul edilmiştir. Isıtma sisteminin tükettiği yakıt miktarı, hesabın yapıldığı yöreye ait ısıtma süresinin hesaplanmasıyla belirlenmiştir. Bu hesaplamalar sonucu elde edilen değerler, Petrol Ofisi 2001 yılı Ocak ayı kalorifer yakıt fiyatları ile çarpılarak, Ankara iline göre yıllık yakıt maliyetlerinin değişimi hesaplanmıştır. İklimsel konfor şartlarına göre performansları değerlendirilen kabuk ve işletme biçimi seçeneklerinin ekonomik olarak değerlendirilebilmeleri için kalorifer yakıtı fiyatlarının dünyadaki değişimi ve bu değişimin tahmin edilebilen maksimum süresi esas alınmıştır. Bu çalışmada Amerikan Enerji Bakanlığının, gelecek 20 sene içinde, dünya petrol fiyatlarında meydana gelebilecek tahmini artış oranları esas alındığından, ekonomik değerlendirmede hesap dönemi olarak 20 sene öngörülmüştür. Yaşam dönemi maliyetinin hesaplamalarında kullanılmak üzere, eskalasyon oranı olarak, Amerikan Enerji Bakanlığının, gelecek 20 sene içinde, dünya petrol fiyatlarında meydana gelebilecek tahmini ortalama geometrik artış oranı olan % 1.12'lik değer, indirgeme oranı olarak ise ülke ve proje riskleri gözönünde bulundurularak, Uluslararası Finans Birliği'nin (IFC) Türkiye'deki projelere uyguladığı indirgeme oranı olan %15 kabul edilmiştir.

Isıtma sisteminin işletme biçimi ve bina kabuğu seçeneklerinin ekonomik performanslarının değerlendirilmesi

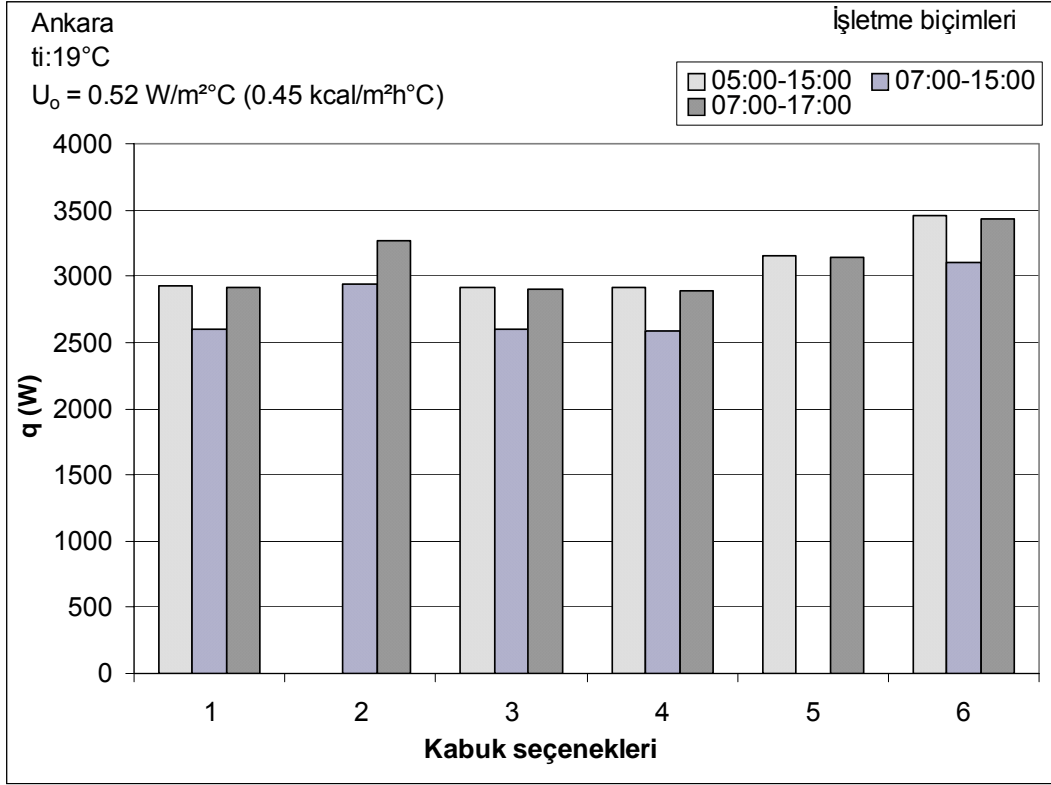
İlköğretim okullarının gün içinde minimum 8 saat kullanıldığı esas alınarak, mekanda mini-

mum 8 saat iç hava sıcaklığı konfor değerini (19°C) sağlayacak iç yüzey sıcaklıklarını (19°C – 3°C) gerçekleştirebilen işletme biçimi ve bina kabuğu seçenekleri belirlenmiştir. Bu seçeneklere ait hesaplanmış ısı kayıpları ve yaşam dönemi maliyetleri grafikleri Şekil 2'de ve Şekil 3'te gösterilmiştir.

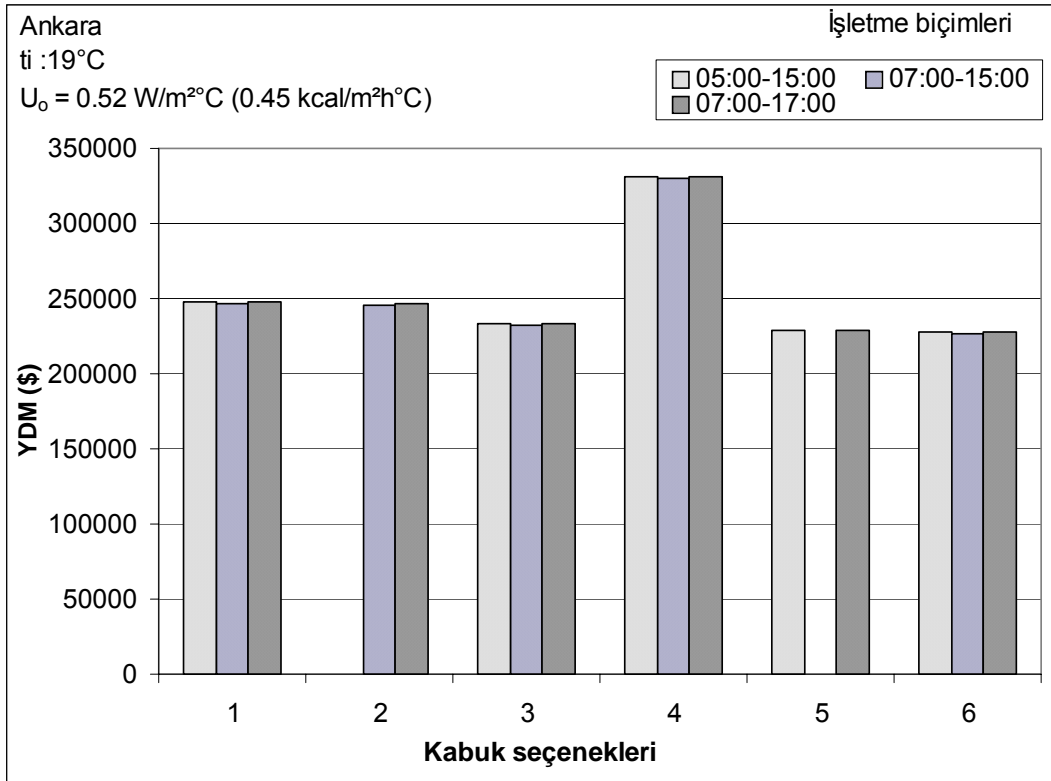
Sonuçlar ve tartışma

Binalarda ısıtma ekonomisi sadece kullanım aşamasında alınacak önlemlerle değil, tasarım aşamasında alınacak kararlar yardımıyla da sağlanabilir. Binanın ömrü boyunca ısıtma ekonomisi yapılabilmesi için, binanın ısı kaybı miktarının belirlenmesinde rol oynayan en önemli tasarım parametresi olan bina kabuğu, ısıl performansını etkileyen termofiziksel özellikleri ve ısıtma sisteminin işletme biçiminin yanı sıra, ilk yatırım ve işletme maliyetlerine de bağlı olarak değerlendirilmelidir. Bu değerlendirme sonucunda, binanın ömrü boyunca ısıtma ekonomisi sağlayacak bina kabuğu-işletme biçimi seçeneği belirlenebilecektir.

Örnek binada konfor sıcaklığını sağlayabilen bina kabuğu-ısıtma sisteminin işletme biçimi seçenekleri, minimum enerji harcaması kriteri esas alınarak belirlenmiş ve bu seçenekler arasından, minimum yaşam dönemi maliyetini sağlayan seçenekler en uygun seçenekler olarak tespit edilmiştir. İşletme biçimlerinin tespiti doğrudan binanın fonksiyonu ile ilgilidir. Kabul edilmiş standart işletme biçimleri (10 saat, 14 saat, 24 saat) her bina türü ve her iklim bölgesi için çözüm getirmeyip, gereksiz enerji harcamalarına ve dolayısıyla maliyet artışlarına sebep olmaktadır. İşletme biçiminin seçiminde, sistemin günün hangi zaman diliminde çalıştırılacağı da ısı kayıplarının kontrolü açısından önemlidir. Aynı sürede fakat gün içinde farklı saatlerde çalıştırılmış ısıtma sistemleri farklı ısı kaybı değerleri sağlamaktadır. Maliyetlerin ve enerji harcamalarının kontrolü, sadece işletme biçimlerinin bina fonksiyonuna göre seçimi ile değil, bina kabuğunun da işletme biçimi ile birlikte doğru bir şekilde seçimi ile olanaklıdır. Isıtma enerjisi ekonomisi için, iklimsel konfor şartlarını minimum ısı kaybı ile sağlayan kabuk-işletme biçimi seçeneği her zaman en ekonomik seçenek olmayabilir.



Şekil 2. Ankara için ısıtma sisteminin işletme biçimine bağlı olarak, binada minimum 8 saat iklimsel konfor koşullarını sağlayan, kabuk seçeneklerine ait tüm bina dış kabuğundan kaybedilen günlük ortalama saatlik ısı miktarları



Şekil3. Ankara için ısıtma sisteminin işletme biçimine bağlı olarak yaşam dönemi maliyetleri

Bu nedenle, ilk yatırım maliyetleriyle birlikte işletme maliyetlerinin de gözönünde tutularak bir yaşam dönemi maliyeti hesaplaması gerekmektedir. Minimum yaşam dönemi maliyeti ile konfor şartlarını sağlayabilen bina kabuğu-işletme biçimi en ekonomik seçenektir. Tasarımı ve uygulaması yükleniciler tarafından bitirilmiş bir binada, kullanıcılar ile yüklenicilerin aynı kişiler olmaması durumunda, binanın sadece kullanım maliyetleri gözönünde bulundurularak bir tercih yapılacaksa, mevcut bina kabuğu ile minimum ısı kaybını ve dolayısıyla minimum yakıt sarfiyatını sağlayan ısıtma sistemi işletme biçimi seçilmelidir.

Kaynaklar

- Bakos, G. C., Spirou, A., Tsagas, N. F., (1999). Energy Management Method For Fuel Saving in Central Heating Installations, *Energy and Building*, **29**, 135-139.
- Bayazıt, N., Dülgeroğlu, Y., Yılmaz, Z., (1992). Toplu Konut Standartları-Mekan, Fiziksel Çevre, Bina Ekonomisi, *Toplu Konut Yapımcıları Derneği*, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Baysal, B., (1996). The Economic Analysis of Thermal Performance of Buildings, *Yüksek Lisans Tezi*, ODTÜ Mimarlık Fakültesi, Ankara.
- Bekar, M., (1990). Computer Aided Selection of External Walls for Thermal and Economic Efficiency, *Yüksek Lisans Tezi*, ODTÜ Mimarlık Fakültesi, Ankara.
- Berköz, E., Küçükdoğu, M., Yılmaz, Z., ve diğerleri, (1995). Enerji Etkin Konut ve Yerleşme Tasarımı, TÜBİTAK, İNTAG-201, İstanbul.
- Büyükyıldız, S., (1997). Konutlarda Yıllık Enerji İhtiyacının Modellenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Makina Fakültesi, İstanbul.
- Manioğlu, G., (1995). İklimsel Konfor ve Enerji Ekonomisi Açısından Isıtma Sisteminin İşletme Şekline Bağlı Olarak Bina Kabuğunun Isıl Performansının Değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Okka, O., (2000). Mühendislik Ekonomisi, Ankara.
- T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, *2001 Yılına ait, İnşaat Birim Fiyatlarına Esas İşçilik-Araç ve Gereç Rayiç Listeleri*, Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı, 20.
- TS825, *Türk Standartları*, (1998). Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, Ankara.
- Yılmaz, Z., (1983). İklimsel Konfor Sağlanması ve Yoğuşma Kontrolünde Optimum Performans Gösteren Yapı Kabuğunun Hacim Konumuna ve Boyutlarına Bağlı Olarak Belirlenmesinde Kullanılabilecek bir Yaklaşım, *Doktora Tezi*, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Yılmaz, Z., (1988). Yeni Toplu Konutların Kullanıcı Konforu Açısından Isısal Performanslarının Değerlendirilmesi, TÜBİTAK, MAG-716.
- Zeren, L., Berköz, E., ve diğerleri, (1987). Türkiye’de Yeni Yerleşmeler ve Binalarda Enerji Tasarrufu Amacıyla Bir Mevzuat Modeline İlişkin Çalışma, İTÜ Çevre ve Şehircilik Uygulama-Araştırma Merkezi, İstanbul.

Energy Information Association, Dept. of Energy.
<http://www.eia.doe.gov>

Petrol Ofisi Anonim Ortaklığı.
<http://www.poas.com.tr>