

Eski ve Yeni Üniversite Yapılarında Enerji Verimliliği

Furkan İbanoğlu¹, Mustafa Atmaca², Ahmet Berk Kurtuluş³

^{1,2,3} Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Göztepe Kampüsü, 34722, İstanbul, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, eski ve yeni mimari yapıdaki binaların enerji verimliliği açısından aralarındaki farklar incelenmiştir. Marmara Üniversitesi Göztepe Kampüsü'nde bulunan eski ve yeni; iki farklı fakülte binasında yapılan ölçümler sunulmuştur. İç ve dış ortamların sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler özellikle kış aylarında saatlik alınmıştır. Yetersiz cam kullanımından, kötü ve kalitesiz malzemeyle yapılmış pencere ve duvarlardan kaynaklanan binalarda büyük öneme sahip ısıtma kaybının enerji etkinliğine özel bir dikkat çekilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Verimliliği, Isı Kayıpları, Eski ve Yeni Kamu Binası, Sıcaklık.

Investigation of the Energy Efficiency of Old and New University Buildings

Abstract

In this study, the differences between the old and new public buildings were investigated in terms of energy efficiency. Measurements carried out old and new in two different faculty buildings were presented located on of Marmara University Goztepe Campus. Indoor and outdoor temperature measurements were implemented. Measurements were taken hourly, especially during the winter months. A special attention was paid to pull both heat loses resulting from inadequate use of glass, poor or material made from the windows and energy efficiency of the building's facade.

Key Words: Energy efficiency, Heat loses, Old and new public building, Temperature.

1. Giriş

Ülkelerin hızla kalkınması ve üçüncü dünya ülkelerinin modern enerji kaynaklarına ulaşması sonucunda dünya toplam enerji ihtiyacı her geçen gün artmakta ve nihayetinde enerji, çağımızın en önemli stratejik değeri haline gelmektedir [1]. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre, araştırmalar göstermektedir ki binalar, en önemli enerji tüketen unsurlardan biri olarak dünyada toplamda kullanılan elektriğin yarısını, doğalgazın ise üçte birini tüketirken, ayrıca toplamda atmosfere salınan sera gazlarının da üçte birinden sorumludurlar [2]. Türkiye'nin 2006 yılında 176.2 milyar kWh olan elektrik tüketimi 2007 yılında %7.8 artışla 191.6 milyar kWh'ye ulaşmıştır. 2003–2007 döneminde Türkiye'nin elektrik enerjisi tüketim artışı %43'tür. Bu artış dünya ülkeleri arasında en yüksek artışlardan biridir [3]. Avrupa ülkelerinde ise bu değer yaklaşık olarak 50 kWh/m²'dir. Gelişmiş ülkelerde konut ve binalarda enerjinin daha verimli kullanılması sayesinde enerji tüketimine olumlu yönde katkısı %20 ve %40 değerleri arasındadır. Son iki yılda temel enerji verilerine göre CO₂ emisyonu %40'dan %43'e çıkmıştır. Şu anki tahminler, bu büyüme trendinin devam edeceği yönündedir [4]. Öte yandan ortalama %20-30 oranında azaltılan enerji kullanımı; ısı yalıtımı, düşük ısı geçirme özellikli pencereler, pencere çıkıntıları ve gün ışığı kontrolü olarak da adlandırılan gündüz aydınlatma kontrolleri gibi geleneksel enerji verimliliği teknolojileri, yeni binalarda

enerji kullanımını azaltmak için kullanılabileceğini gösterilmiş ve bazı bina türleri ve yerler için bu oran % 40'a kadar ulaşmıştır [5-7].

Ülkemizde ise enerjinin %35-40'ı binalarda tüketilmekte ve bu değer %85'i ise binaların ısıtılması amacıyla kullanılmaktadır. Isı yalıtım önlemlerinin alınması ile bu kayıplar azaltılması mümkün olabilmektedir. Bina yalıtımı ile %25'ten %50'ye varan yakıt tasarrufu sağlanması mümkündür [8]. Ülkemizde yaygın olarak uygulanan bina mimarisi ve yapım tekniğinde, ısıtma ve soğutma parametreleri öncelikli olarak ele alınmamaktadır. Bu uygulama binaların enerji ihtiyacını; dolayısı ile yakıt tüketimini, çevre kirliliğini, ısıtma ve soğutma amaçlı ilk yatırım ve işletme maliyetlerini arttırmaktadır. Türkiye gibi enerji üretim ve tüketim oranları arasında büyük fark olan ülkeler için enerjinin etkili bir biçimde kullanılması çok önemlidir. Türkiye'de kullanılan enerjinin %40 gibi büyük bir kısmı ısıtmada, ısıtmadan daha fazlası ise bazı bölgelerimizde soğutma amaçlı kullanılmaktadır. Çünkü binalara uygulanan ısı yalıtımı yok denecek kadar azdır. 1998 ve 2000 yıllarında yürürlüğe giren ısı yalıtım kurallarına göre yapılan binaların enerji performansı, benzer iklim koşullarına sahip Avrupa ülkelerine göre daha düşüktür [9]. Bu durum dikkate alınarak 2008 yılında TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardında değişiklikler yapılmış, 2000 yılında yürürlüğe giren ve değişik tarihlerde revize edilen "Binalarda Isı Yalıtım Yönetmeliği" yürürlükten kaldırılmış yerine "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" (BEPY) çıkartılmıştır. Ülkemizde enerji verimliliğinin artırılması için yasal mevzuat sıkılaştırılmıştır. Ekonomik gelişmeler ve yasal düzenlemelerin binalarda ısı yalıtımını zorunlu kılması bu alanda yapılan bilimsel çalışmaların hızlanmasına neden olmuştur [10]. En basit anlamda enerji verimliliği, aynı iç sıcaklıkları sağlamak için binayı dıştan yalıtımdır ki bu hem soğutma döneminde hem de ısıtma döneminde avantaj sağlamaktadır. Binalar, kullanıcı konforundan ödün vermeden enerjiyi etkin ve minimal değerlerde kullanabilmeyi sağlayarak iç ve dış ortam koşullarındaki değişimleri algılamalı, değişimlere anında cevap verebilmeli ve koşullara uyum sağlayabilmelidir [11].

Çalışma kapsamında örnek olarak İstanbul'da bulunan eski ve yeni, iki farklı kamu binasında (üniversite fakülte binalarında) yapılan ölçümler sunulmaktadır. Sıcaklık ölçümleri kış mevsiminde belirli bir periyotta saatlik olarak yapılmıştır. Yetersiz cam kullanımından, kötü ve kalitesiz malzemeyle yapılmış pencerelerden kaynaklanan binalarda büyük öneme sahip ısı kaybının yanı sıra cephenin enerji etkinliğine de özel bir dikkat çekilmeye çalışılmıştır. Çalışma içerisinde yapılan ölçümlerle enerji kayıpları incelenmiştir. Isınma için enerji tüketimi ölçümleri ile hesaplanan değerler karşılaştırılmıştır. Buna göre farklı tarihlerde ve farklı malzeme yapısının enerji verimliliği açısından incelenmesi sağlanmış olmaktadır. Sonuç kısmında ise yapılan ölçümlere bağlı kalınarak elde edilen veriler ışığında binalarda daha verimli enerji kullanımına dair öneriler sunulmaktadır. [12]

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada ölçümler için meteoroloji seti kullanılmıştır. Bu meteoroloji seti ile iç ve dış ortama ait özelliklerin anlık olarak belirlenmesi ve değişimlerinin izlenmesi amaçlanmıştır. İç ortamda; ortam içerisinde kapalı hacimde sıcaklık ve nem ölçümü gerçekleştirilirken dış ortamda; belirlenen katlardaki dış cepheye montajı yapılarak sıcaklık ve nem verileri kaydedilmiştir. Bir meteoroloji istasyonu, ana konsol ünitesi ve termo-higro sensörden oluşmaktadır. Ana konsol ünitesi iç ortama yerleştirilir ve iç mahalin sıcaklık ve nem ölçümlerini alır. Termo-higro sensör ise dış cepheye yerleştirilerek yapıdaki katların hemen dış ortamındaki değerleri kaydeder.

Meteoroloji istasyonunun teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Farklı iki kamu binasının kuzey ve güney tarafındaki dış cephelerine ayrı ayrı katlara konulmak suretiyle sıcaklık sensörleri yerleştirilmiştir. Yerleştirilen sensörler bir hafta boyunca yarım saatlik periyotlar

halinde otomatik olarak sıcaklık ölçümü yapmıştır. İki binada iç mekanlara yerleştirilen sensörlerden veri alıp kaydeden aynı zamanda bulunduğu iç mekanın sıcaklık nem oranı verilerini ölçüp kaydeden ana konsollar yerleştirilmiştir. Sensörlerin topladığı tüm veriler 433.92 MHz telsiz radyo frekansı üzerinden ana konsola aktararak değerlerin depolanması sağlanır. Hava istasyonu en çok 5 termo-higrometreyi destekler. Bu durum da 5 kanal sıcaklık ve nem gösterimine denk gelir.

Tablo 1. Meteoroloji İstasyonunun Teknik Özellikleri

Meteoroloji İstasyonunun Teknik Özellikler	
RF İletişim Frekansı	433.92 MHz
RF Alım Aralığı-Termo-higro Sensörü	En çok 100 metre (Görüş Alanında)
Barometrik Basınç Aralığı	500 hpa .. 1100hpa (14.75 inHg .. 32.44 inHg)
Barometrik Basınç Aralığı-Deniz seviyesinde	374.5 mmHg ... 823.8 mmHg
Barometrik Basınç Çözünürlüğü	0.1 hpa (0.003 inHg, 0.08 mmHg)
Barometrik Basınç Doğruluğu	±3 hpa (0.009 inHg, 2.3 mmHg)
Harici Sıcaklık Gösterge Aralığı	-40 °C - 80 °C'
Dahili Sıcaklık Gösterge Aralığı	-9.9°C - 60 °C
Sıcaklık Doğruluğu	±1°C
Sıcaklık Hassasiyeti	0.1°C
Nem Gösterge Aralığı	%0 ... %99 Bağıl Nem
Nem doğruluğu	%±5 (%25 - %80 dahilinde)
Nem Hassasiyeti	%1 değerinde
Sıcaklık Hissetme Döngüsü (iç mekan)	10 s
Nem Hissetme Döngüsü (iç mekan)	10 s

Farklı iki kamu binasının kuzey ve güney tarafındaki dış cephelerine ayrı ayrı katlara konulmak suretiyle sıcaklık sensörleri yerleştirilmiştir. Yerleştirilen sensörler bir hafta boyunca yarım saatlik periyotlar halinde otomatik olarak sıcaklık ölçümü yapmıştır. İki binada iç mekanlara yerleştirilen sensörlerden veri alıp kaydeden aynı zamanda bulunduğu iç mekanın sıcaklık nem oranı verilerini ölçüp kaydeden ana konsollar yerleştirilmiştir. Sensörlerin topladığı tüm veriler 433.92 MHz telsiz radyo frekansı üzerinden ana konsola aktararak değerlerin depolanması sağlanır. Hava istasyonu en çok 5 termo-higrometreyi destekler. Bu durum da 5 kanal sıcaklık ve nem gösterimine denk gelir.

2.1. Ana konsol ünitesi

Ana konsol ünitesi radyo kontrollü hassasiyette alarmlı saat ve hava tahmini özelliklerine haizdir. İç mekan sıcaklık ve nemini ölçer, harici sensörlerden hava tahmin verilerini gösterir. Aynı zamanda iç/dış mekan sıcaklığı, basınç ve nem eğilimi ile ay hareketlerini (ay fazı, gün batımı/doğumu) sağlar. Ana konsol bilgisayar bağlantısı olmadan yaklaşık 3300 hava tahmin değerini kaydeder. Ünite ile birlikte gelen yazılım ve USB kablo ile bilgisayara bağlanınca sınırsız sayıda hava tahmin değeri gösterilip bilgisayara kaydedilebilmektedir [13].



Şekil 1. Ana Konsol Ünitesi

2.2. Termo-higro sensör

Farklı iki kamu binasının kuzey ve güney taraftaki dış cephelerine çeşitli katlara sensörler konulmak suretiyle sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Yerleştirilen bu sensörler üç gün süresince yarım saatlik periyotlar halinde otomatik olarak sıcaklık ölçümü yapmıştır.



Şekil 2. Termo-Higro Sensör

Şekil 3 ve 4'te termo-higro sensörün ölçüm alınan eski kamu binası olan Teknik Eğitim Fakültesi A Blok ve yeni yapılmış kamu binası olan Mühendislik Fakültesi C Bloкта cepheden görünüşleri verilmiştir. Mühendislik Fakültesi binası yenilenme sürecine girmiş ve TS 825'e göre esas alınmış bir yapıyken Teknik Eğitim Fakültesi yapım yılının çok daha eski olduğu bilinmektedir.



Şekil 3. Mühendislik Fakültesi C Blok Cepheden Görünüm



Şekil 4. T.E.F. Cepheden Görünüm

3. Deneysel Çalışma

Marmara Üniversitesi'nde bulunan eski tarihli inşası gerçekleşen binalardan Teknik Eğitim Fakültesi A Blok zemin kat, 1.kat güney ve kuzey cephede, iç ve dış tarafta ve yeni binalardan Mühendislik Fakültesi C Blok 3.kat kuzey ve 2. Kat güney cephede, iç ve dış tarafta higro-sensörler kullanılarak sıcaklıklar ölçülmüştür. Mühendislik Fakültesi ve Teknik Eğitim Fakültesi'nin kuzey ve güney cephelerinde yapılan dış sıcaklık ölçümleri tablolarda kanal 1, kanal 2, kanal 3 adı verilen sütunlarda gösterilirken, adı geçen laboratuvarların iç sıcaklık ölçümü iç sıcaklık olarak ilk sütunda gösterilmiştir. İç sıcaklıkların alındığı cihazların katlarında bulunan higro-sensörlerin dış sıcaklık ölçümleri ise güney cephelerde kanal 2 kuzey cephelerde ise kanal 1 sütunlarındaki sıcaklık verileri alınarak günlük ortalama iç ve dış sıcaklık tabloları hazırlanmıştır. Bu ortalama değerlerin yanında sıcaklık fark değerleri de tabloda gösterilmiştir. Bu tablolarda yer verilen sıcaklık farkları kullanılarak çalışmaya konu olan iki binada kuzey ve güney cephelerinde bulunan mahallerin her biri için günlük ısı kaybı hesap tabloları hazırlanmıştır. Bu çalışmada hesaplamalarda kullanılan denklemler aşağıda denklem (1-4)' de verilmiştir.

$$Q_{top} = Q_i + Q_s \quad (1)$$

Burada;

Q_{top} , Odanın toplam ısı kaybını

Q_i , İletimsel ısı kaybını

Q_s , Hava sızıntısı ısı kaybını ifade etmektedir.

$$Q_i = Q_o(1 + Z_D + Z_H + Z_W) \quad (2)$$

Burada;

Q_o , Yapı bileşenlerinden iletim ve taşınım ile olan ısı kaybı

Z_D , Birleştirilmiş artırım katsayısını

Z_H , Yön artırım katsayısını

Z_W , Yüksek kat artırım katsayısını

ifade etmektedir.

$$Q_o = \sum KA (T_{iç} - T_d) \quad (3)$$

Burada;

K , Yapı bileşenlerinin toplam ısı geçiş katsayısı

A , Yapı bileşeninin alanını

$T_{iç}$, İç ortam sıcaklığını

T_d , Dış ortam sıcaklığını

ifade etmektedir.

$$Q_s = \sum (aL)RH(T_i - T_d)Z_e \quad (4)$$

Burada;

a , hava sızıntı katsayısını (m^3/mh)

L , Kapı ve pencerelerin açılan kısımlarının metre olarak çevre uzunluğunu (m)

R , Oda durum katsayısını (birimsiz)

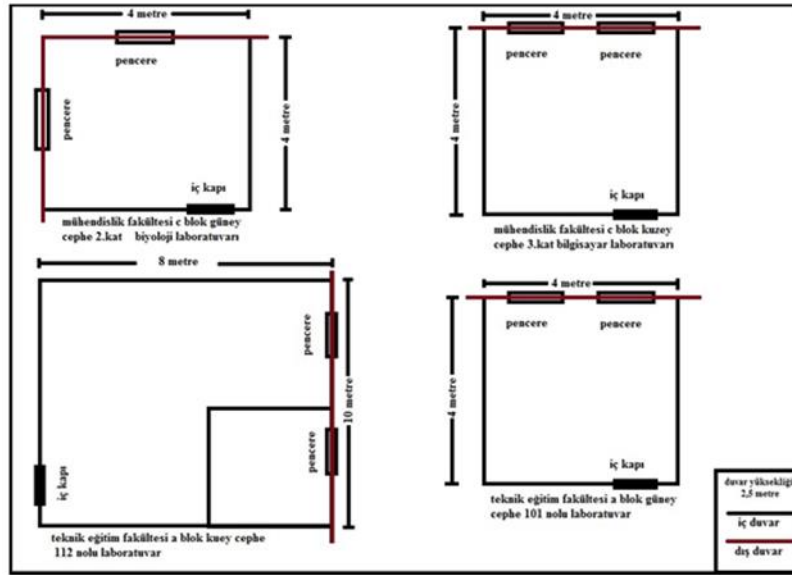
H , Bina durum katsayısını ($Wh/m^3°C$)

T_i, T_d , iç ve dış sıcaklıkları ($°C$)

Z_e , Birimsiz katsayını

ifade etmektedir.

Şekil 5’te ölçüm yapılan laboratuvarların detayı görülmektedir.



Şekil 5. Laboratuvarların Detayı

Isı kaybı hesapları yapılırken, Tablo 2’deki İstanbul iline ait kış sıcaklığı esas alınır. Bina durum katsayısı (H) ise Tablo 3’ten alınmıştır [14].

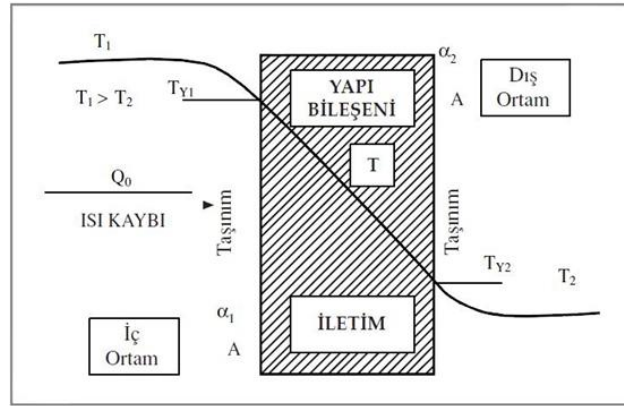
Tablo 2. Türkiye’de İl ve İlçelerin Tasarıma Esas Kış Sıcaklıkları

Merkez	Sıcaklık °C	Merkez	Sıcaklık °C	Merkez	Sıcaklık °C	Merkez	Sıcaklık °C
ISPARTA	-9	Keşan	-6 R	Milis	0 R	SAMSUN	-3 R
İdil	-6	Keşap	-3	Mucur	-12	Sandıklı	-12
İkizdere	-9	Kıbrısçık	-12	Mudanya	-3 R	Sapanca	-3 R
İliç	-18	Kınık	-3 R	MUĞLA	-3 R	Sultanhisar	-3
İmranlı	-18	Kırıkhan	0 R	Mudurnu	-9	Suluova	-12
İmroz	-3 R	KIRIKKALE	-12	Muradiye	-18	Sungurlu	-15
İncesu	-15	Kırkağaç	-3	Muratlı	-6 R	Suruç	-6 R
İnebolu	-3R	KIRŞEHİR	-12	M. Kemalpaşa	-6 R	Susurluk	-15
İnegöl	-9 R	Kızılcahamam	-12	Mut	-9	Suşehri	-15
İpsala	-9 R	Kızıltepe	-6	Mutki	15	Sürmene	-3
İskenderun	+3	Kiğı	-18	MUŞ	-18	Sütçüler	-9
İskilip	-15	Kilis	-6	Nallıhan	-12	Şabanözü	-15
İslahiye	-3	Kiraz	-3	Narman	-24	Şankaya	-21
İspir	-18	Koçanlı	-3 R	Nazilli	-3	Şarkıkaraağaç	-12
İSTANBUL	-3 R	KONYA	-12	Nazimiye	-18	Şarköy	-3 R
İvrindi	-3 R	Korkuteli	-9	NEVŞEHİR	-15	Şarkışla	-18
İZMİR	0	Köyceğiz	-3 R	NİĞDE	-15 R	Şavşat	-12
İZMİT	-3 R	Koyunhisar	-12	Niksar	-12	Şebinkarahisar	-12
İznik	-3 R	Kozaklı	-15	Nizip	-6 R	Şefaathı	-15
Kadıköy	-3 R	Kozan	-3 R	Nusaybin	-6 R	Şemdinli	-27
Kadınhan	-12	Kozluk	-12	Oğuzeli	-9	Şereflikoçhisar	12
Kağızman	-24	Kula	-6	Of	-3	ŞIRNAK	-6

Tablo 3. Bina Durum Katsayısı (H) (kcal/m³°C)

Bölgenin durumu	Binanın durumu	Bina durumu katsayısı	
		Bitişik nizam	Ayrık nizam
Normal bölge	Mahfuz	0.24	0.34
	Serbest	0.41	0.58
	Çok serbest	0.60	0.84
Rüzgarlı bölge	Mahfuz	0.41	0.58
	Serbest	0.60	0.84
	Çok serbest	0.62	1.13

Şekil 6'da iletim ve taşınım yoluyla ısı geçişi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 6. İletim ve Taşınım Yoluyla Isı Geçişi

Tablo 2'den İstanbul iline ait sıcaklık -3R olup bu değere göre rüzgarlı ve binanın konumuna göre serbest ayrık nizam bina durum katsayısı H=0.84 alınmıştır [14].

Bir yapı bileşenin toplam ısı iletim katsayısının denklem 5'e göre bulunur.

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_{iç}} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{dış}} \quad (5)$$

Burada,

K, Yapı bileşenin toplam ısı iletim katsayısını,

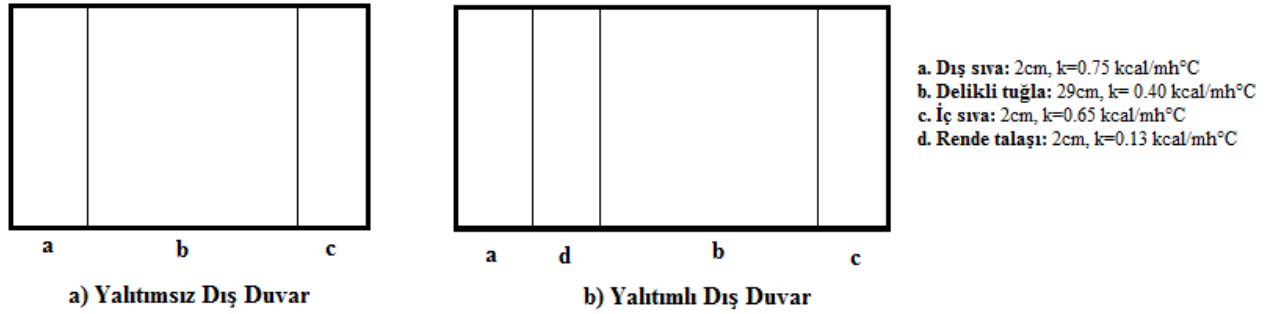
λ, Yapı elemanlarının ısı iletim katsayılarını,

α, İç ve dış taraftaki ısı taşınım katsayılarını,

d : Yapı elemanlarının kalınlıklarını,

ifade etmektedir.

Şekil 7'de yalıtımsız ve yalıtımlı duvar örnekleri görülmektedir.



Şekil 7. Duvar Örnekleri

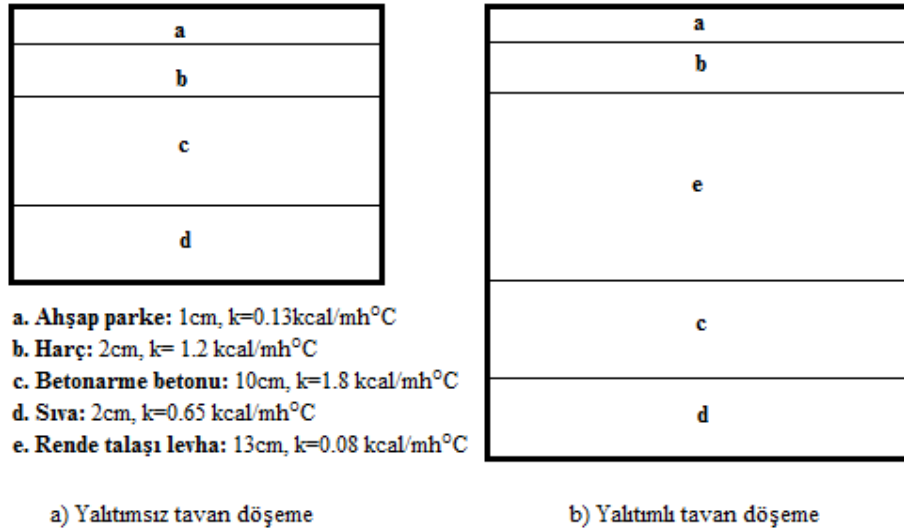
Şekil 7.a'da görülen yalıtımsız duvar için ısı geçirme katsayısı;

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{7} + \frac{0.02}{0.65} + \frac{0.29}{0.4} + \frac{0.02}{0.75} + \frac{1}{20} \rightarrow K = 1.025 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

Şekil 7.b'de görülen yalıtımlı duvar için ısı geçirme katsayısı;

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{7} + \frac{0.02}{0.65} + \frac{0.29}{0.4} + \frac{0.02}{0.13} + \frac{0.02}{0.75} + \frac{1}{20} \rightarrow K = 0.886 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

Şekil 8'de yalıtımsız ve yalıtımlı tavan-döşeme örnekleri görülmektedir.



Şekil 8. Döşeme Örnekleri

Şekil 8.a'da gözükten yalıtımlı tavan için ısı iletim katsayısı;

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{7} + \frac{0.02}{0.65} + \frac{0.10}{1.8} + \frac{0.13}{0.08} + \frac{0.02}{1.2} + \frac{0.01}{0.13} + \frac{1}{7} \rightarrow K = 0.478 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

Şekil 8.b'de gözükten yalıtımsız tavan için ısı iletim katsayısı;

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{7} + \frac{0.02}{0.65} + \frac{0.10}{1.8} + \frac{0.02}{1.2} + \frac{0.01}{0.13} + \frac{1}{7} \rightarrow K = 2.148 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

Şekil 8.a'da gözükten yalıtımsız döşeme için ısı iletim katsayısı;

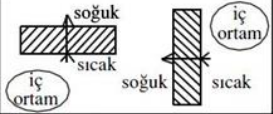
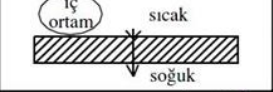
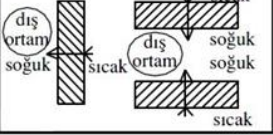
$$\frac{1}{K} = \frac{1}{5} + \frac{0.02}{0.65} + \frac{0.10}{1.8} + \frac{0.02}{1.2} + \frac{0.01}{0.13} + \frac{1}{5} \rightarrow K = 1.724 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

Şekil 8.b'de gözükten yalıtımlı döşeme için ısı iletim katsayısı;

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{5} + \frac{0.02}{0.65} + \frac{0.10}{1.8} + \frac{0.13}{0.08} + \frac{0.02}{1.2} + \frac{0.01}{0.13} + \frac{1}{5} \rightarrow K = 0.454 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

Yüzey ısı taşınım katsayıları (α) ve pencere ve kapılar için toplam ısı geçiş katsayıları Tablo 4 ve 5'ten alınmıştır. Ayrıca ısı kaybı hesabında yapı bileşenleri için kullanılan semboller Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 4. DIN 4701'e göre Yüzey Isı Taşınım Katsayıları (α , kcal/m²h^oC)

Durum	Film Katsayısı kcal/m ² h °C	Isıl Direnç m ² h °C/kcal
	7	0.14
	5	0.20
	20	0.05

Tablo 5. Pencere ve Kapılar için Toplam Isı Geçiş Katsayıları

PENCERE ve KAPILAR	ISI GEÇİRME KATSAYISI (U) kcal/m ² h°C
AHŞAP PENCERE ve KAPILAR	
Basit tek camlı pencere (TP) ve dış kapı (DK)	4.5
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere (ÇCP) ve dış kapı (DK) (iki cam arası 6 mm)	2.8
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere (ÇCP) ve dış kapı (DK) (iki cam arası 12 mm)	2.5
Camsız dış kapı (DK)	3.0
Bitişik (muntabık) çift kanatlı pencere (ÇP) ve dış kapı (DK)	2.2
Kasalı çift kanatlı pencere (ÇP) ve dış kapı (DK)	2.2
METAL PENCERE ve KAPILAR	
(Hazır profillerinden en az iki binili)	
Basit tek camlı pencere (TP) ve dış kapı (DK)	5.0
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere (ÇCP) ve dış kapı (DK) (iki cam arası 6 mm)	3.4
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere (ÇCP) ve dış kapı (DK) (iki cam arası 12 mm)	3.1
Bitişik (muntabık) çift kanatlı pencere (ÇP) ve dış kapı (DK)	3.0
Kasalı çift kanatlı pencere (ÇP) ve dış kapı (DK)	2.8
Tepe penceresi (basit) (TP)	5.0
Tepe penceresi (çift) (TP)	3.0
PLASTİK (PVC) PENCERELER	
Basit tek camlı pencere (TP) ve dış kapı (DK)	4.3
Özel birleştirilmiş çift camlı pencere (ÇCP)	2.2

Tablo 6. Isı Kaybı Hesabında Yapı Bileşenleri İçin Kullanılan Semboller

Sembol	Anlam
TP	Tek Pencere
ÇP	Çift Pencere
ÇCP	Çift Camlı Pencere
DK	Dış Kapı
İK	İç Kapı
BK	Balkon Kapısı
BDD	Bitişik Dış Duvar
KD	Komşu Duvar
DD	Dış Duvar
İD	İç Duvar
Ta	Tavan
Dö	Döşeme

Dışarıya açılan pencerelerin alanlarının iç kapı alanına oranı hesaplanırsa; $A_p/A_k=2 \times (1.4 \times 1.3)/(12.2)=1.654$ aralıklı tahta veya pvc iç kapı için Tablo 7'den oda durum katsayısı $R=0.9$ olarak bulunur.

Kapı ve pencerelerin sızdırmazlık katsayısı, birleştirilmiş artırım katsayısı (Z_D), kat yükseklik artırım değeri ve yön artırım tablosu (Z_H) sırasıyla Tablo 8, Tablo 9, Tablo 10 ve Tablo 11'den alınmıştır [14].

Tablo 7. Oda Durum Katsayısı (R)

	İç kapı	A_{DP} (Dış Pencere Alanı)	R
		A_{IK} (İç kapı alanı)	
Tahta veya plastik çerçeve	Aralıklı	$A_{DP}/A_{IK} < 3$	0.9
	Aralıksız	$A_{DP}/A_{IK} < 1.5$	0.9
Çelik veya metal çerçeve	Aralıklı	$A_{DP}/A_{IK} < 6$	0.9
	Aralıksız	$A_{DP}/A_{IK} < 2.5$	0.9
Tahta veya plastik çerçeve	Aralıklı	$3 < A_{DP}/A_{IK} < 9$	0.7
	Aralıksız	$1.5 < A_{DP}/A_{IK} < 3$	0.7
Çelik veya metal çerçeve	Aralıklı	$6 < A_{DP}/A_{IK} < 20$	0.7
	Aralıksız	$2.5 < A_{DP}/A_{IK} < 6$	0.7

Tablo 8. Kapı ve Pencerelerin Sızdırmazlık Katsayıları

Malzeme	Pencere veya kapı şekli	a (m ³ /mh)
Ahşap çerçeve	Tek pencere	3.0
	Çift camlı pencere	2.5
	Çift pencere	2.0
Plastik çerçeve	Tek veya çift camlı pencere	2.0
	Tek pencere	1.5
Çelik veya metal çerçeve	Çift camlı pencere	1.2
	Çift pencere	1.2
İç kapılar	Eşiksiz kapılar	40.0
	Eşikli kapılar	15.0

$$D = \frac{Q_0}{A_{top}(T_{iç} - T_{dış})}$$

Bu denklemde;

Q_0 : Artırımsız ısı kaybı (kcal/h)

A_{top} : Isı kaybı hesaplanan hacmi çevreleyen tüm yüzeylerin alanları

$T_{iç}-T_{dış}$: İç ve dış sıcaklık arasındaki fark (°C)

$D : Z_D$: Artırımında kullanılan katsayı (kcal/m²h°C)

Tablo 9. Birleştirilmiş Artırım Katsayısı (Z_D)

İşletme Durumu	D (kcal/m ² h°C)			
	0.12-0.34	0.35-0.80	0.81-1.73	1.74
$\%Z_D$				
1. İşletme	7	7	7	7
2. İşletme	20	15	15	15
3. İşletme	30	25	20	15

Z_E , her iki duvarında pencere olan odalar için 1.2 diğer odalar için 1 katsayısı kullanılmaktadır.

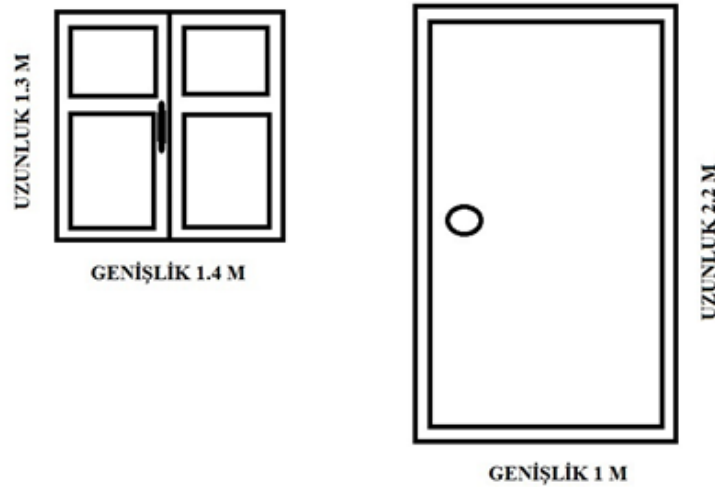
Tablo 10. Kat Yükseklik Artırım Tablosu

Kat	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Artırım												
0%	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	3.2.1	4.3.2.1	5.4.3.2.1
5%	4.	4.	5.4.	5.4.	5.4.	6.5.4	6.5.4	6.5.4	6.5.4	6.5.4	7.6.5	8.7.6
10%		5.	6.	6.	7.6.	8.7.	9.8.7	9.8.7	9.8.7	9.8.7	10.9.8	11.10.9
15%				7.	8.	9.	10.	10.	11.10	12.11.10	13.12.11	14.13.12
20%								11.	12.	13.	14.	15.

Tablo 11. Yön Artırım Tablosu (Z_H)

YÖN	G	GB	B	KB	K	KD	D	GD
$\%Z_H$	-5	-5	0	5	5	5	0	-5

Şekil 9'da kapı ve pencere detayları gösterilmiştir.



Şekil 9. Kapı ve Pencere Detayı

Tablo 12-15’te belli tarihlerdeki M.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi ve Mühendislik Fakültesinin farklı katlardaki mahalleri için oluşturulan sonuçlar sunulmuş olup, Teknik Eğitim Fakültesi A Blok 112 ve 101 nolu laboratuvarları Mühendislik Fakültesi C Blok 2.kat Biyoloji Laboratuvarı ve 3. kat Bilgisayar Laboratuvarlarının günlük olarak iç ve dış sıcaklıkları ile ısı kaybı hesap tablolarından mahallerin mertebeleri gösterilmiştir.

Tablo 12. İki Binanın Güney Cephelerinin Isı Kaybı Miktarları

Tarih	03.03.2014	04.03.2014	05.03.2014	06.03.2014
Biyoloji Lab. (2.Kat)	574.4 W	846.4 W	726.9 W	725.8 W
A-101 No’lu Sınıf (Zemin Kat)	663.8 W	1094.5 W	880.2 W	934.0 W

Tablo 13. İki Binanın Güney Cephelerinin Günlük Ortalama İç ve Dış Sıcaklık Farkı Miktarları

Tarih	03.03.2014	04.03.2014	05.03.2014	06.03.2014
Biyoloji Lab. (2.Kat)	23.2 – 16.75	23.17 – 13.67	23.23 – 15.07	23.85 – 15.70
A-101 No’lu Sınıf (Zemin Kat)	22.63 – 16.23	22.23 – 16.21	22.00 – 14.50	22.63 – 16.23

Tablo 14. İki Binanın Kuzey Cephelerinin Isı Kaybı Miktarları

Tarih	03.03.2014	04.03.2014	05.03.2014	06.03.2014
Bilgisayar Lab. (3.Kat)	813.5 W	1047.0 W	911.6 W	957.2 W
A-112 No’lu Akış. Mek. Lab. (Zemin Kat)	1102.3	1157.3	1044.5	1169.5

Tablo 15. İki Binanın Kuzey Cephelerinin Günlük Ortalama İç ve Dış Sıcaklık Farkı Miktarları

Tarih	03.03.2014	04.03.2014	05.03.2014	06.03.2014
Bilgisayar Lab. (3.Kat)	23.12 – 14.66	23.5 – 12.60	23.48 – 14.00	23.16 – 13.20
A-112 No’lu Akış. Mek. Lab. (Zemin Kat)	21.83 – 15.25	22.34 – 13.53	22.5 – 14.68	21.48 – 13.42

Kuzey cephede farklı tarihlerde ölçülen dış sıcaklığın güney cepheye göre daha düşük olduğu tablolardan net bir şekilde görülmektedir. Bu durum Tablo 12 ve Tablo 14’te görüldüğü üzere kuzey cephede oluşan ısı kaybının daha yüksek olduğu anlamına gelmektedir.

4. Sonuçlar

Çalışmada ülkemiz adına çok fazla öneme sahip olan enerji konusuyla ilgili olarak; enerji tüketiminde önemli bir yer tutan binaların, söz konusu bina yalıtımının sebep olduğu enerji tasarrufu ortaya konulmuş olup binalarda ısı yalıtımının zaruri bir uygulama olduğu gösterilmiştir. Farklı iki kamu binasında yapılan ölçümler ile olası bina yalıtımının bina iç ortamına etkisi anlatılmıştır. Böylece bina yalıtımının önemli bir şekilde enerji tasarrufu sağladığını gözler önüne serilmiştir.

Bu çalışmada, mahallerin iç sıcaklık ölçümleri meteoroloji sette bulunan ana konsol tarafından, dış taraftaki sıcaklık ölçümleri ise termo-higro sensörler ile yapılmıştır. Elde edilen sıcaklık ölçümleri ile günlük ortalama sıcaklık tabloları hazırlanarak farklı cephelerdeki sıcaklık farkları gösterilmiştir. Böylelikle yetersiz cam kullanımından, kötü ve kalitesiz malzemeyle yapılmış pencerelerden kaynaklanan binalarda büyük öneme sahip havalandırma kaybının yanı sıra cephenin enerji etkinliğine de özel bir dikkat çekilmiştir. Çalışmada, elde edilen ölçümlerle enerji kayıplarının; havalandırma kayıpları, cam ve pencerelerin kalitesi, binada kullanılan malzemelerin kalitesi arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Isınma için enerji tüketimi ölçümleri ile hesaplanan değerler karşılaştırılmıştır. Buna göre farklı tarihlerde ve farklı malzeme yapısının enerji verimliliği açısından incelenmesi sağlanmıştır. Sıcaklık fark tablolarında dört günlük ortalama değerleri topladığımız zaman kuzey cephede 31.28 °C bir veri elde edilirken güney cephede 24.47 °C lik bir veri elde edildi. Bu veride gayet açık bir şekilde farklı cephelerde meydana gelen sıcaklık farklılıklarını görülmüştür. Elde edilen veriler dört günün her saatinde alınan verilerdir. Dolayısıyla gece ve gündüz ortalama sıcaklık fark verileridir. Mevsime havanın kapalı veya açık olmasına göre meydana gelen sıcaklık farklılıkları çok daha fazla olacaktır. Tablo 3.31'deki Toplam ısı kayıp tablosuda buna paralel veriler vermektedir. Aynı binaya T.E.F'e ait kuzey ve güney cephelede bulunan laboratuvarlardaki ısı kayıpları da farklı cephelerdeki ısı kayıplarının ne denli gerçekleştiğini ortaya açıkça koymaktadır. Ayrıca Tablo 12-15'te yeni kamu binası olarak incelediğimiz Mühendislik Fakültesi C Blok ve yapımı çok daha eski olan Teknik Eğitim Fakültesi (TEF) A blokta ısı taşınım ile meydana gelen kayıplar ortaya konulmuştur. Bu tablolar arasındaki fark bize mantolama yapılarak ısı kayıplarının ne denli önenebileceği konusunda fikir vermektedir.

Çalışma kapsamında yapılan ölçümler sonucunda, iki binada oluşan ısı kayıplarında kayda değer farklılıklar ortaya çıktığı görülmüştür. Bu farklılıkların sebebinde aşağıda sıralanan birkaç husus ön plana çıkmaktadır:

- Binaların yalıtımlı ve yalıtımsız olması durumu ısı kayıplarında farklılıklar oluşturmaktadır. Hesaplamalarda yalıtımlı duvar ile yalıtımsız duvar arasında yaklaşık olarak %20 oranında fark bulunduğu tespit edilmiştir. Bu durumun yeni kamu binasında eski kamu binasına göre daha az ısı kaybı olması anlamına gelmektedir.
- Kat yüksekliği arttıkça dış sıcaklık değeri hissedilir derecede düştüğü tespit edilmiştir.
- Farklı cephelerde değişik sıcaklık farklılıklarının olduğu görülmüştür.
- Bina konumunun önemli bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir.
- Bazı mahallerde iç sıcaklıklarının yüksek çıkması o mahallerin kullanım şekline bağlı olarak kalabalık sınıf veya proses deneylerinin yapılmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Eski binanın yalıtımsız ve eski tip olmasından kaynaklı olarak; sonuçta, iç mahallerin ısı konfor gereği yeni tipteki kamu binası ile aynı çeşit mahallerde benzer sıcaklık değerlerinin yakalanabilmesi için daha fazla enerji tüketimi gerekecektir.

Elde edilen veriler gösteriyor ki; günümüzün en önemli olgusu haline gelen enerji kaynaklarının maksimum verimlilikle kullanımı, enerji tüketiminde uygulanacak politikalarla gelecekte hali hazır enerji kaynakları kadar ülke ekonomisine etki edeceği aşikârdır.

Teşekkür: Bu çalışma Marmara Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Biriminin (BAPKO) FEN-C-YLP 100413-0129 (Proje Adı: TÜRKİYE'DE ESKİ VE YENİ KAMU BİNALARINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ) numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- [1] 2005-2006 Türkiye Enerji Raporu. (2006). Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, ISSN 1301-6318.
- [2] http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2008/key_stats_2008.pdf, Ocak 2009
- [3] http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/a9393ba5ea45a12_ek.pdf
- [4] Perez-Lombard, L., Ortiz, J., Pout, C. (2008). A Review on Buildings Energy Consumption Information, *Energy and Buildings*, 40, 394-398.
- [5] Šumarac, D. (2009). Energy Efficiency of Buildings in Serbia (invited lecture), Proceedings, Conference Construction and Sustainable Development (Eds. S. Marinković, V. Radonjanin), DIMK, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, 3-16.
- [6] Kneifel, J. (2010). Life-Cycle Carbon and Cost Analysis of Energy Efficiency Measures in New Commercial Buildings, *Energy and Buildings*, 42, 333-340.
- [7] Vučićević, B. (2009). Experimental and Numerical Modeling of Thermal Performance of a Residential Buildings in Belgrade, *Thermal Science*, 13, 245-252.
- [8] <http://www.eie.gov.tr/>
- [9] Aytaç, A. ve Aksoy U.T. (2006). Enerji Tasarrufu İçin Dış Duvarlarda Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Isıtma Maliyet İlişkisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21, 753-758. (13)
- [10] Short T.D., Burton J.D. (2003). The Benefits of Induced Flow Solar Powered Water Pumps, *Solar Energy* 74, 77–84. (14)
- [11] Bayraktar, M. ve Yılmaz, Z. (2008). Bina Enerji Tasarrufunda Pasif Akıllılığın Önemi, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 103, 5-15.
- [12] Değirmenci, A.İ. (2010). Bina Yalıtım Tekniğinde Termal Kameranın Etkin Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye.
- [13] Nexus hava istasyonu işletme talimatı:
<http://www.pentaotomasyon.com.tr/sayfalar.asp?LanguageID=1&cid=3&id=1125&b=detay>
- [14] <http://www.tmd.org.tr/userfiles/dergi/ek42.pdf>