

# YENİ TS 825'DE ÖNERİLEN HESAP METODUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Şükran DİLMAÇ

## ÖZET

“TS 825-Binalarda Isı Yalıtım Kuralları” Standardı hesap metodundaki önemli değişikliklerle resmi gazetede yayınlanmış ve bir yıl sonra zorunlu standard kapsamına alınması kabul edilmiştir. Bu bildiriye, uluslar arası hesap metodlarındaki gelişime paralel olarak, yeni TS 825’de önerilen hesap metodu değerlendirilmiştir. Havalandırma ile ısı kayıplarının, ısı köprülerinin ve güneş enerjisi kazançlarının dikkate alınması gibi olumlu yönlerinin yanında, yoğunlaşma tahkiki sonuçlarının değerlendirilememiş olması veya hesaplamalarda eksik noktaların bulunması gibi düzeltilmesi gereken hususlar da belirtilmiştir. Hesap metodunun üç farklı tipteki bina için değerlendirilmesi de özet olarak sunulmuştur.

## GİRİŞ

Petrol krizini takiben bütün ülkeler enerji politikalarını yenilemek zorunda kalmışlardır. Yenileme sırasında temel hedef, ülkenin kalkınmasını engellemeden enerji tüketiminin azaltılması olmuştur. Yerli enerji üretiminin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi de, tüm ülkelerin yeni politikalarındaki diğer önemli başlıklardır [1].

Ülke kalkınmasını engellemeden enerji tüketiminin azaltılması, tüm sektörlerde enerji verimliliğinin artırılması demektir. Bu cümlede binalarda enerji tüketiminin önemi daha da büyüktür. Çünkü, binalarda tüketilen enerjinin büyük bir bölümü ısınma (veya soğutma) amaçlı olmakta ve ülke kalkınmasına bir katkı sağlamadan atmosfere kaybedilmektedir.

Petrol krizini takiben teknolojik olarak gelişmiş ülkelerin hepsi, binalarda enerji verimliliğinin artırılması, yani konfor şartlarından taviz vermeden daha az enerji kullanılması için yoğun bir gayret içine girdiler. Binalarda enerji verimliliğinin artırılmasında en önemli adım, binaların yalıtım düzeylerinin iyileştirilmesi olmuştur. Bunun için opak bina kabuğunda ısı yalıtım malzemeleri kullanılarak, saydam kısımda ise çok tabakalı camlar, PVC çerçeveler ve benzeri yeni teknoloji ürünlerini kullanarak bina kabuğundan ısı kaybı miktarı azaltılmıştır [2-5]. Ayrıca güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ile ilgili yoğun çalışmalar yapılmıştır [6-9]. Ülkemiz her ne kadar bu gelişmeleri oldukça geriden takip etmekte ise de, en kısa zamanda aradaki farkı kapatarak benzer düzeye ulaşmak zorundadır. Bu hem ülkemizin menfaatleri için gereklidir ve hem de uluslar arası çevre bilincinin gereği uymak zorunda olduğu anlaşmaların getirdiği bir yükümlülüktür.

Binaların enerji verimlilikleri arttıkça, binaların ısı performanslarını belirleyecek hesap metodlarının da gelişmesi gerekmiştir. Aşağıda binaların ısı performanslarının belirlenmesi amacıyla kullanılan uluslar arası standard ve yönetmeliklerdeki hesap metodlarındaki gelişmeler ve bu gelişmelerin paralelinde düzenlenen TS 825’in yeni hesap metodu açıklanmış ve değerlendirilmiştir.

## TS 825'DEKİ YENİ HESAP METODUNUN DEĞERLENDİRİLMESİ

Eski hesap metodları, sabit rejim şartlarında (ortam sıcaklıklarının sabit olması durumu) her yapı elemanını ayrı olarak inceliyordu. Bu durumda bir tarafından diğer tarafına ısı iletiminin gerçekleştiği malzemenin ısı iletkenliği  $\lambda$  ve sıcaklık gradyanı ( $dT/dx$ ) ise, ısı akısı ( $q$ ) [10]:

$$q = -\lambda \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

olacak ve homojen tek tabakalı "d" kalınlığındaki bir yapı elemanı için ise bu denklem  $q=(\lambda/d) \times (\Delta T)$  şeklinde kolayca hesaplanacaktır. Burada yapı elemanını ısı olarak ifade eden tek büyüklük ısı iletkenliği olmaktadır ve sonuçta elde edilen büyüklük iletilen ısı enerjisinin miktarıdır. Halbuki binalardaki ısı konfor açısından ısının iletim hızı ve iç ortamda meydana gelen sıcaklık değişimlerin genliği de çok önemlidir. Bu bakımdan hesap metodunun geliştirilmesi denilince ilk akla gelen sabit rejim şartlarından periyodik rejim şartlarına geçişin sağlanmasıdır. Ancak sabit rejim şartlarının dışına çıktığımızda, homojen tektabakalı bir malzemede bile sıcaklık değişimi doğrusal değildir ve aşağıdaki ikinci dereceden diferensiyel denklemin çözülmesi gerekir [10]:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (2)$$

Kesit içindeki sıcaklığın bilinmesi için, artık yüzeyden olan x mesafesi ile birlikte zamanın ve T(x,t) fonksiyonunun da tanımlı olması gerekmektedir. Yapı elemanını ısı olarak ifade eden büyüklük ise "a"dır.  $a=(\lambda/\rho c)$  şeklinde hesaplanmaktadır. Dolayısıyla malzemenin ısı iletkenliğine ilave olarak yoğunluğu ( $\rho$ ) ve özgül ısısı ( $c$ ) da sonuçları etkilemektedir. Bu yaklaşımda, iletilen ısı enerjisi miktarına ilave olarak, yapı elemanının ısı ataleti (faz farkı) ve sıcaklık değişim genliklerinin oranı (sönüm oranı) da hesaplanabilmektedir. Ancak hesaplar sabit rejim şartları ile mukayese edilemeyecek kadar karmaşıktır. Bu yüzden günümüzde tüm gelişmiş ülkeler de dahil olmak üzere standard ve yönetmeliklerde hesaplar hala sabit rejim şartlarında yapılmaktadır [11-13]. Ancak sonuçların gerçek değerlere daha yakın olabilmesi için, sezonluk zaman dilimi parçalanmakta, aylık ve hatta günlük dilimlerde yapılan sabit rejim hesaplarının toplamları şeklinde sezonluk değerler elde edilmektedir. Zaman dilimleri küçüldükçe iklimsel veriler, o zaman dilimini daha doğru bir şekilde ifade etmektedir.

TS 825'de de, hesaplar sabit rejim esaslarına göredir. Zaman dilimi olarak ise, günlük ve aylık dilimlere göre yapılan hesaplarda anlamlı bir fark oluşmadığı için aylık dilim tercih edilmiştir. Değişkenler aylık ortalamalar olarak girilmekte ve yıllık ısınma amaçlı enerji ihtiyacı tek tek hesaplanan aylık değerlerin toplanması ile bulunmaktadır.

TS 825'de bir binanın ısıtma sisteminden, söz konusu binaya verilmesi gereken net ısı enerjisi miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır [13]:

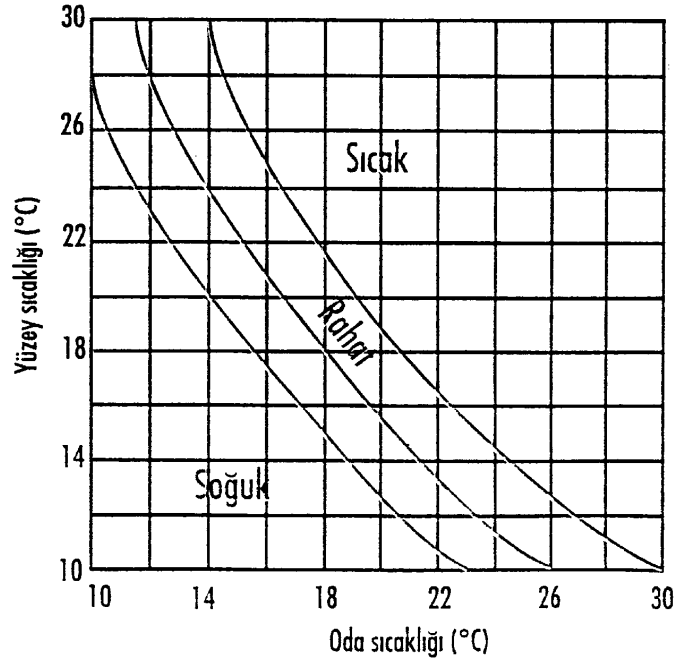
$$Q_{ay} = [H(T_i - T_{d,ay}) - \eta_{ay}(\Phi_i + \Phi_{g,ay})] * t \quad (3)$$

$Q_{ay}$	: Binanın aylık ısıtma enerjisi ihtiyacı Binanın aylık yakıt ihtiyacını bulmak için bu değer sistemin ısı verimine ve yakıtın ısı değerine bölünmesi gerekir.	(Joule)
H	: Binanın özgül ısı kaybı	(W/K)
$T_i$	: Aylık ortalama iç ortam sıcaklığı (sabit alınır)	(°C veya K)
$T_{d,ay}$	: Aylık ortalama dış ortam sıcaklığı	(°C veya K)
$\eta_{ay}$	: Kazançlar için aylık ortalama kullanım faktörü	(-)
$\Phi_i$	: Aylık ortalama iç kazançlar (sabit alınır)	(W)
$\Phi_{g,ay}$	: Aylık ortalama güneş enerjisi kazancı	(W)
t	: Zaman (saniye olarak bir ay=86400x30)	(s)

Köşeli parantez içindeki ilk terim binadaki kayıpları ifade etmektedir. Isı kayıplarının küçük olabilmesi için bilindiği üzere iki parametrenin küçük olması gerekir:

- İç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkı
- Bina kabuğunda gerçekleşen ısı kaybı

Sıcaklık farkını küçük tutabilmek değiştirebileceğimiz tek değişken iç ortam sıcaklığıdır. İç ortam sıcaklığı küçüldükçe ısı kaybı da küçülecektir. Ancak iç ortam sıcaklığını konfor şartlarını (kullanıcıların sağlıklı ve üretken olarak yaşayabilecekleri ortam şartları) bozmadan küçültebilmemiz için, ortamı çevreleyen yapı elemanlarının iç yüzey sıcaklıklarını yükseltmemiz gerekir. Şekil 1'de iç yüzey ve ortam sıcaklıklarının konfor şartları üzerindeki etkisi görülebilmektedir.



**Şekil 1.** İç yüzey sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve konfor şartlarının birbiriyle bağlantısı [14]

İç yüzey sıcaklığını arttırmanın yolu ise, o elemanın yalıtım düzeyinin arttırılmasıdır. Tüm binanın yalıtım düzeyi binanın özgül ısı kaybı (H) sembolünün içinde yer almaktadır:

$$H = H_i + H_h \quad (4)$$

$H_i$  : Binanın iletimle özgül ısı kaybı (W/K)

Bina kabuğundan iletimle gerçekleşen ısı kaybını ifade eder.

$H_h$  : Binanın havalandırma ile özgül ısı kaybı (W/K)

TS 825'deki önemli yeniliklerden biri, binanın ısı kaybının hesaplanması sırasında, yapı elemanlarından kondüksiyonla (iletimle) iletilen ısı kaybına ilave olarak, havalandırma ve hava kaçaklarından kaynaklanan ısı kaybını da ilave etmesidir. Günümüzde yalıtım düzeyi (dolayısıyla enerji verimliliği) yüksek bir binada, hava kaçaklarının minimize edilmesi çok önemli olmaktadır. Kontrolsüz gerçekleşen havalandırma (hava kaçakları) minimize edildiği zaman, kontrollü ve gerekli düzeydeki doğal veya mekanik havalandırmanın sağlanması da olayın diğer boyutudur. Çünkü kullanıcıların sağlıklı bir yapay çevre sahip olabilmeleri için ortam havasının en az saatte 0.8-1 defa değiştirilmesi gereklidir. Dolayısıyla ister istemez havalandırma ile bir ısı kaybı olacaktır. Ancak bunun kontrollü olması ve gereğinden fazla olmaması esastır. Havalandırmadan vazgeçemediğimiz için, ısı kaybı hesaplarında havalandırma ile gerçekleşen ısı kaybının da ilave edilmesi gerçekçi bir yaklaşımdır. Havalandırma ile ısı kaybı aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$H_h = 0.33 n_h \cdot V_h \quad (5)$$

$$n_h : \text{Hava değişim sayısı} \quad (h^{-1})$$

$$V_h : \text{Havalandırılan hacim} (V_h = 0.8 \times V_{brüt}) \quad (m^3)$$

TS 825'deki çok önemli diğer bir yenilik, ısı kaybı açısından yapı elemanlarını tek tek incelemek yerine bina ölçeğinde değerlendirme yapılmasıdır. Böylece ülkemizde ısı kaybı açısından hiç dikkat edilmeyen bir konu "ısı köprülerinin incelenmesi" gündeme gelmektedir. Standarda göre H değeri aşığıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$H_i = \Sigma A \cdot U + l \cdot U_l \quad (6)$$

$$\Sigma A \cdot U = U_D A_D + U_P A_P + 0.8 U_{\phi} A_{\phi} + 0.5 U_Z A_Z + U_d A_d + 0.5 U_{dsic} A_{dsic} \quad (7)$$

U : Sırasıyla duvar, pencere, çatı, zemin, dışa açık döşeme ve düşük sıcaklıktaki ortamları ayıran yapı elemanlarına ait ısı geçirgenliği  $(W/m^2K)$   
A : Aynı elemanların alanları  $(m^2)$

l : Isı köprüsünün uzunluğu  $(m)$   
U<sub>l</sub> : Isı köprüsünün doğrusal ısı geçirgenliği  $(W/mK)$

(6) nolu denklemdeki 0.5 ve 0.8 katsayıları, bu elemanlarda dış yüzey direkt dış hava ile temas etmeyip, çatı arası, toprak veya düşük sıcaklıktaki (ama dış ortamdan daha yüksek sıcaklıktaki) ortamlarla temas edeceği için kullanılmaktadır. Bu elemanlardan gerçekte ısı kaybı birden küçük bir sayı ile çarpılarak etki derecesi azaltılmaktadır. Standardda da çatı eğer kiremit vb ile örtülüyorsa (dış hava ile temas ediyorsa) 0.8 katsayısı 1 olarak alınır denilmektedir.

Isı köprüleri, ortalama ısı geçirgenliğinden çok daha büyük ısı geçirgenliğine sahip sınırlı alana sahip bölgelerdir. Ülkemizdeki uygulamalarda, duvarlar yalıtımlı da olsa, kolon-kiriş-döşemeler arasına örülmektedir. Duvarın U-değeri 0.50 W/m<sup>2</sup>K değerine kadar düşebilir. Kolonların U-değeri ise 2.5-3.0 W/m<sup>2</sup>K değerleri arasındadır. Arada oldukça büyük bir fark vardır ve bu iki eleman yanyana geldiklerinde yalıtımsız haldeki betonarme elemanlardan, yalıtımlı duvara nazaran çok daha fazla ısı kaybı meydana gelecek ve ısı köprüsü oluşturacaktır. Bu durum dikkate alındığında, ülkemiz şartlarında tüm cephenin U-değeri %100'e varan artışlar gösterebilmektedir. Yurt dışındaki uygulamalarda, kolon ve döşeme gibi betonarme elemanların yalıtımsız bırakılması zaten söz konusu değildir. Ancak ülkemizde çok geniş bir uygulaması bulunan bu durumun ısı hesaplarında dikkate alınması son derece önemlidir. Aksi takdirde binanın ısı performansı çok yanlış bir şekilde değerlendirilmiş olmaktadır. U<sub>l</sub> değerinin hesaplanması için TS 8441'de önerilen temel prensip [15]:

$$U_l = b \cdot U_{TB} + \zeta \quad (8)$$

dir. U<sub>TB</sub>, ısı köprüsünü oluşturan elemanın ısı geçirgenliğini, b, aynı elemanın genişliğini ifade etmektedir. b·U<sub>TB</sub>'den oluşan ilk terim ısı köprüsünden gerçekte doğrusal ısı iletimi ile ilgilidir. İkinci terim olan ζ ise, ısı köprüsünden gerçekte yanıl ısı kayıplarını ifade etmektedir [16].

Isı köprülerinin sebep olduğu olumsuzluk, fazladan ısı kayıplarının yanında ısı köprüleri civarında meydana gelen düşük iç yüzey sıcaklıklarıdır. Ülkemizde fevkalade ihmal edilen ısı köprüleri, yurt dışında hassasiyetle incelenmekte ve sınırlandırılmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi bu konunun TS 825'de ele alınması gayet olumlu bir yaklaşımdır. Ancak hesaplama metodu ile ilgili yeterli açıklamanın bulunmaması standardın önemli eksikliğini oluşturmaktadır. Atıf yapılan TS 8441'de, kolon ve duvar birleşimleri için b, U<sub>TB</sub> ve ζ'nin nasıl hesaplanacağı belirtilmiştir. Ancak, kirişlerde ζ'nin nasıl hesaplanacağı ve döşemelerde ζ'nin ve kalınlık sınırlı olmadığı için U-değerinin nasıl hesaplanacağı tanımlı değildir. Bu değerlerin nasıl hesaplanacağının en kısa zamanda belirlenmesi gerekmektedir.

(3) nolu denklemin ikinci terimi, binadaki kazançları ifade etmektedir. Günümüzdeki binalarda yalıtım düzeyi arttıkça, binadaki kullanıcılardan kaynaklanan ısı enerjisi ile, bina içindeki elektrikli alet, fırın vb cihazların kullanımı sonucu elde edilen ısı enerjisinin (iç kazançlar=ısıtma sistemi ve direkt güneş

enerjisinin haricindeki ısı kaynakları) ve saydam alanlardan binaya giren direkt güneş enerjisinden elde edilen ısı enerjisinin (güneş enerjisi kazançları), ısı kayıplarının karşılanmasında etkin bir paya sahip olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bir binanın ısı performansının değerlendirilmesinde kazançların da hesaplara katılması gerekmektedir. Bu durum ayrıca tasarımcıyı daha fazla güneş enerjisi kullanımına da teşvik etmektedir. Ancak ısı kazançlarının tamamı, ısı kayıplarının karşılanması için anlamlı olamaz. Bu kazançların bir bölümü yapı elemanlarında depolanırken, özellikle ılıman aylarda, anlık kazançların bir bölümü açılan pencerelerle tekrar kaybedilecektir. Bu sebeplerle kazançlar aylık ortalama kazanç kullanım faktörü olarak isimlendirilen ( $\eta$ ) birden küçük bir sayı ile çarpılarak azaltılmaktadır.  $\eta$ , uluslar arası yönetmeliklerde çok sayıda ölçüm sonucuna dayanarak çıkarılan ampirik bir formül ile bulunmaktadır:

$$\eta = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})} \quad (9)$$

$KKO_{ay}$  : Aylık ortalama kazanç/kayıp oranı olup aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$= (\Phi_i + \Phi_{g,ay}) / H(T_i - T_{d,ay})$$

Kazançların belirlenmesinde iç kazançlar için aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır:

$$\Phi_i \leq 5A_n \quad (\text{konut, ofis vb normal özellikteki binalarda}) \quad (W)$$

$$\Phi_i \leq 10A_n \quad (\text{pişirme işleminin ağırlıklı olduğu binalarda, normalin üstünde elektrikli cihaz çalıştıran binalarda, etrafa ısı veren sanayi cihazlarının çalıştığı binalarda}) \quad (W)$$

$A_n$ , binanın net kullanım alanıdır. Birimi  $m^2$ 'dir,  $0.32 \times V_{brüt}$  şeklinde hesaplanabileceği belirtilmektedir.  $V_{brüt}$  ise, bina kabuğunun dış ölçülerine göre hesaplanan hacmidir. Birimi  $m^3$ 'tür.

Kazançlarla ilgili diğer büyüklük güneş enerjisi kazancıdır ki, hesap metodunun en karmaşık kısmına karşılık gelmektedir. Güneş ışınım şiddeti, yönlere göre önemli ölçüde değişeceği için, güneş enerjisi kazançların her yön için ayrı hesaplanması gerekmektedir:

$$\Phi_{g,ay} = r_g \cdot g_g \cdot I_g A_g + r_k g_k I_k A_k + r_d g_d I_d A_d + r_b g_b I_b A_b \quad (10)$$

Eşitliğin sağ tarafındaki  $g$  indisi güney,  $k$  indisi kuzey,  $d$  indisi doğu ve  $b$  indisi batı yönlerini göstermektedir.  $A_i$ , ilgili yöndeki pencerelerden iç ortama girebilecek toplam güneş enerjisi miktarını göstermektedir.  $r$ , pencere önündeki ağaç, bina vb sebeplerle pencere alanında oluşan gölgeleme sonucu güneş enerjisindeki azalmayı,  $g$  ise pencere camının yutma ve yansıtması sonucu camı geçebilen güneş enerjisindeki azalma miktarını ifade etmektedir. Dolayısıyla  $r$  ve  $g$  birden küçük sayılardır. Standardda aşağıdaki şekilde belirlenmesi uygun görülmüştür.

$r = 0.8$  (Az katlı ve müstakil yerleşimde)

$r = 0.6$  (Az katlı ve müstakil yerleşimde ağaçların gölgeleme oluşturması durumunda)

$r = 0.5$  (Çok katlı bitişik nizam yerleşimde binaların gölgeleme oluşturması halinde)

$g$  değeri güneş ışınlarının geliş açısına bağlı olarak değişmektedir. Laboratuvarlarda ölçülen değer ışınların yüzeye dik olarak gelmesi haline karşılık gelir ve  $g_{\perp}$  şeklinde gösterilir. Güneş, camın bulunduğu yönde etkin olduğu süre içinde dik açıdan çok farklı açılarda gelecektir ve güneş ışınlarının geçebilen yüzdesi daha az olacaktır. Standard bu sebeple camın hesaplarda kullanılacak güneş ışını geçirgenliği ile laboratuvarlarda ölçülen ve üretici tarafından beyan edilen güneş ışınımı geçirgenliği arasında aşağıdaki bağıntıyı vermektedir.

$$g = 0.80 g_{\perp} \quad (11)$$

$g_{\perp}$  değeri ise, berrak tek cam için 0.85, berrak çok katlı cam için 0.75, low-e vb kaplamalı özel ürünler için ise 0.50 olarak verilmektedir.

Standarddaki hesap metoduna göre mimarın tasarım aşamasında değiştirerek binanın ısıtma amaçlı enerji ihtiyacını kontrol edebileceği değişkenler şunlardır:

- Binanın hacim/ısı kaybeden alan oranı
- Pencere alanı ve yönü
- Bina kabuğunu (opak ve saydam kısımlar) oluşturan elemanların yalıtım değeri
- Yalıtım tekniği (ısı köprüleri ve yoğuşma açısından)
- Hava kaçaklarının kontrolü

Hesap metodunda iklimsel değişkenler (sıcaklık, güneş ışınım şiddeti) için aylık ortalama değerler kullanılmakta ve bulunan aylık değerler toplanarak yıllık ısıtma amaçlı enerji ihtiyacı hesaplanmaktadır. Hesap metodu karmaşık değildir ama elle yapılabileceğinden çok fazla hesap tekrarı gerekmektedir. Bu standardda ve uluslar arası standartlarda kabul edilen hesaplama metodlarında amaç bu değerlendirmelerin tasarım aşamasında yapılmasıdır. Dolayısıyla bu metod mutlaka bilgisayar programı haline getirilmeli ve mimar, tasarım aşamasında pencerelerinin alanını, yönünü ve kullanacağı camın cinsini, vb değiştirdiğinde binanın enerji ihtiyacının ne yönde değişeceğini kolayca görebilmelidir.

### METODUN FARKLI ÖZELLİKLERDEKİ BİNALARA UYGULANMASI

Hesap metodunun karşılaştırılması amacıyla, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencilerinden Nilgün Kesen'in tez çalışmasında bu metod farklı özelliklerdeki binalara uygulanmış ve ayrıca binaya ait parametrelerin değişmesi halinde enerji ihtiyacının bu metodla hesaplandığında ne aralıkta değiştiği belirlenmiştir. Binalara ait detaylı bilgiler tez çalışmasında mevcuttur. Aşağıda binalar ve elde edilen sonuçlarla ilgili özet bilgi verilmiştir [17]. Hesap sonuçları Tablo 1'de belirtilmiştir. Mevcut binalarımız genellikle yeni TS 825'de önerilen yalıtım düzeyinin oldukça gerisindedir.

Bina 1 : Ayrık nizam yapı düzeni ile inşaa edilmiş, zemine oturan müstakil iki katlı konut.

Bina 2 : Bitişik nizam yapılaşma düzeninde köşede inşaa edilmiş dört katlı ticari işyeri ve büro  
Her iki bina da Tekirdağ ili Şarköy ilçesinde bulunmaktadır.

Bina 3 : Yakın çevresinde başka yapıların yer almadığı açık alanda inşaa edilmiş üç katlı (+ 2 bodrum kat) Çorlu Mühendislik Fakültesi Binası.

**Tablo1.** Farklı bina tiplerine ait özellikler [17]

Özellikler	Bina1	Bina2	Bina3
$A_{top}$ (m <sup>2</sup> )	221	1001	6991
$V_{brüt}$ (m <sup>3</sup> )	310	1568	28923
$A_{top}/V_{brüt}$ (-)	0.71	0.64	0.24
Saydam/opak (-)	0.26	0.28	0.99
Pencere/duvar	0.21	0.22	0.50
Brüt bina alanı (m <sup>2</sup> )	124	648	9850
$A_n=0.32V_{brüt}$	99	502	9255
Zemin alanı (m <sup>2</sup> )	42	125	1885
$U_{duvar}$ (W/m <sup>2</sup> K)	2.38	2.38	1.16
$U_{penc.}$ (W/m <sup>2</sup> K)	4.50	4.5	2.8
$U_{çati}$ (W/m <sup>2</sup> K)	2.15	2.15	0.8
$U_{zamin}$ (W/m <sup>2</sup> K)	2.86	2.86	0.78
$H_i$ (W/K)	493	2504	8344
$n_h$ (h <sup>-1</sup> )	2.0	2.0	1.0
$H_h$ (W/K)	164	828	7636
$\Phi_i$ (W)	823	6477	37408
$\Phi_{g,ocak}$ (W)	591	1515	33983
$Q_{yıl}$ (kJ)	104601252	461284812	2238159569
(kWh/m <sup>2</sup> )	293	256	67
TS 825'de izin verilen			
$Q_{yıl}$ (kWh/m <sup>2</sup> )	81	76	49

TS 825'de gölgeleme faktörü ve güneş ışını geçirgenliğinin sabit alınması halinde hesaplarda oldukça önemli bir kısaltma sağlanacaktır. Ancak böyle bir öneride bulunmadan önce, söz konusu parametrelerin sonucu ne oranda etkilediğinin bilinmesi gerekir. Tablo 2'de farklı binalarda g ve r değerlerinin standardda verilen en küçük ve en büyük değerleri aldığı zaman  $Q_{yıl}$  değerindeki değişim görülmektedir.

Hava değişim ayısının  $1 \text{ h}^{-1}$  artması (1'den 2'ye çıkması) halinde,  $Q_{yıl}$  değerindeki değişim Bina 1'de  $45 \text{ kWh/m}^2$ , Bina 2'de  $41 \text{ kWh/m}^2$ , Bina 3'te ise  $48 \text{ kWh/m}^2$  olmaktadır. Oran olarak incelediğimizde ise, Bina 1'de %18, Bina 2'de %19, Bina 3'de ise %72 oranlarında artışa sebep olmaktadır. Binanın yalıtım düzeyi iyileştikçe, hava kaçakları sebebiyle ısı kaybı çok daha fazla önem kazanmaktadır. Bütün binalarda hava değişim sayısı ile  $Q_{yıl}$ 'in değişimi doğrusaldır ve değişimleri birbirlerine çok yakındır.

**Tablo 2.** Gölgeleme faktörü ve güneş ışını geçirgenliğinin yıllık ısınma enerjisi ihtiyacı üzerindeki etkisi [17]

Durum	$Q_{yıl}$ değerleri ( $\text{kWh/m}^2$ )		
	Bina 1	Bina 2	Bina 3
$r = 0.50, g = 0.40$ (max gölge, min güneş)	315	263	77
$r = 0.80, g = 0.40$ (min gölge, min güneş)	307	257	73
$r = 0.50, g = 0.68$ (max gölge, max güneş)	306	256	72
$r = 0.80, g = 0.68$ (min gölge, max güneş)	294	246	65

r ve g değerlerinin en uç rakkamlar arasında değişimi  $Q_{yıl}$  değerinde 1 ve 2 nolu binalarda %7, 3 nolu binada ise %18 oranında bir değişime sebep olmaktadır.

U-değerleri ile pencere alanlarının değişimlerini incelediğimizde ise, Bina 1 ve Bina 2'de, U-değerlerinin değişiminin  $Q_{yıl}$  üzerinde önemli bir etkisi olduğu ve duvar, pencere, çatı ve zeminin U-değerlerindeki değişimin sonucu farklı mertebelerde etkilediği dikkat çekmektedir. Bina 3'te ise hem etki derecesi azalmakta ve hem de yapı elemanları arasındaki farklılık ortadan kalkmaktadır. Pencere/duvar oranlarının değişimi halinde binaların ısı performanslarındaki değişim de benzer olarak ilk iki bina tipinde, 3 nolu binadaki değişimden çok daha fazladır.

Beklendiği üzere, binaların yalıtım düzeyi arttıkça, enerji ihtiyacı üzerinde U-değerlerinin değişiminin etkinliği azalmakta, buna karşılık güneş enerjisi kazancını etkileyen parametreler ile hava değişim sayısının etkisi artmaktadır.

## SONUÇ

Ülkemizde binaların ısı performansı ve yalıtımı ile ilgili olarak daha önce mevcut olan standard ve yönetmelikler, hem içerik ve hem değerler olarak uluslararası gelişimin oldukça gerisinde kalmıştı. Yeni düzenlemeler ile tam olarak bu düzeye ulaşılmasa da, aradaki farkı önemli ölçüde kapatılmıştır. TS 825'in revizyonunun getirdiği önemli olumlu özellikler:

- Havalandırma ve hava kaçakları ile gerçekleşen ısı kaybının ve
- Isı köprülerinin dikkate alınmasıdır.

Bu iki özellik, binaların ısı kayıplarının daha gerçekçi bir düzeyde hesaplanmasını sağlayacak ve yalıtım masrafını gereksiz şekilde arttırmak istemeyen tasarımcıların hava kaçaklarını ve ısı köprülerini yalıtımalarını gerektirecektir. Standarddaki diğer olumlu temel özellik:

- Güneş enerjisi kazançlarının da hesaplara katılmasıdır.



Ülkemiz güneş enerjisi kullanımı açısından oldukça şanslı bir iklim kuşağındadır. Hesap metodunda bu kazancın dikkate alınması, tasarımcıları güneş enerjisi kazançlarını arttıracak seçeneklere yöneltmelidir. Standardda sadece direkt ışınlar dikkate alınmaktadır. Hesap metodunun kullanımı yaygınlaştıkça ve güneş enerjisi kazançlarının önemi kabullenilince, pasif sistemler ile güneş enerjisinin değerlendirilmesi de gündemde yerini alacaktır. İskandinav ülkelerinin bile kullandığı ve sürekli gelişim halinde olan bu sistemlerin ve malzemelerin ülkemizde hiç kullanılmaması üzücü bir durumdur. Ancak güneş enerjisinin ısınma amaçlı kullanımı eğer doğru şekilde tasarlanmaz ise, beraberinde yazın aşırı ısınma sorununu da getirecektir. Güneş enerjisi kazancı yüksek binalarda, mutlaka uygun elemanlarla yaz ışınlarına karşı gölgeleme sağlanmalı ve binada gece saatlerinde yeterli düzeyde ve sağlıklı bir havalandırma gerçekleştirilmelidir. Aksi takdirde, örnek binalarımız arasında ısınma amaçlı enerji ihtiyacı en düşük olarak görünen Bina 3'de yaşandığı gibi, yaz şartlarında aşırı ısınma sebebiyle konforsuz şartların oluşması ihtimali fazladır.

Olumlu olarak görülebilecek diğer bir adım, kesit içinde yoğuşma tahkikinin yapılmasıdır. Ancak yazarın görüşü, bu tahkik nasıl yapılacağına başka bir standardda açıklanmasının ve TS 825'de sadece yoğuşma olması halinde malzemelerin ısı iletkenlik hesap değerlerinin ne oranda artış yapılacağına belirtilmesinin daha uygun olacağıdır. Halbuki standardda geniş bir şekilde yoğuşma tahkiki anlatılmış ve belirli bir miktar yoğuşmaya da izin verilmiş olduğu halde, bu sonucun  $\lambda_n$  değerlerini nasıl etkileyeceği açıklanmamıştır.

Benzer eksiklik ısı köprüleri konusunda da mevcuttur. Isı köprüleri ile ilgili hesap metodu sadece duvar-kolon birleşimleri için tanımlıdır. Döşeme ve kirişlerde  $U_j$  değerinin nasıl hesaplanacağı tanımsızdır.

Standardla ilgili diğer bir endişe, Ek 1'deki Tablo C ile ilgilidir. Standardda Madde 1.2'de üçüncü paragrafta bu tablonun sadece "Belediye sınırları dışındaki alanlarda iki kata kadar olan ve ısıtılan toplam döşeme alanı 100 m<sup>2</sup>'den küçük olan ve pencere alanı dış duvar alanının%12'sine eşit veya küçük olan yeni binalar ile bu alandaki mevcut binalara ısı yalıtımı uygulanması sırasında kullanılacağı" belirtilmektedir. Mahrumiyet bölgelerindeki kişilere kolaylık sağlamak üzere konulan bu Tablo'daki değerler A ve B Tablolarında istenilen değerlerden daha ılımlıdır ve kişilerin bina ölçeğinde bir değerlendirme yapmalarına gerek duymamaktadır. Bu tablonun kullanım alanının standardda belirtilen sınırlar içerisinde kalmasına özen gösterilmelidir. Bu Tablonun tüm ülke ölçeğinde kullanılmaya teşebbüs edilmesi halinde standard kendi içinde çelişkiye düşecektir ve hiçbir anlamı kalmayacaktır.

TS 825'e içerikle birlikte yazım hataları ve şekil olarak baktığımızda aşağıdaki eksiklikler dikkati çekmektedir:

- Ek 5'de verilen "Yapı malzeme ve Bileşenlerin Isı İletkenli Hesap Değerleri" Tablosunda doğrama malzemeleri veya seramik döşeme kaplamaları vb malzemelerle ilgili değerler çok sınırlı veya eksik iken, duvarlarla ilgili değerler oldukça kapsamlıdır. Ayrıca duvarlarla ilgili değerler belirlenirken duvar malzemesine ait değerlerin harçlardan oluşan ısı köprüleri dikkate alınarak düzeltilmesi gerekir. Tablodaki değerler malzemeye ait değerler midir, yoksa duvar elemanına ait değerler midir? Açıklama verilmemiştir. Yalıtım malzemeleri ile ilgili olarak verilen bazı değerler de uluslar arası standartlarla uyumlu değildir.
- Çizelge 3 ile Ek 4'de verilen formüller farklıdır. Birliktelik sağlanmalıdır.
- Yoğuşma hesaplarında kullanılmak üzere verilen dış sıcaklık vb değerler ülkemiz şartları ile uyumlu değildir, anlamsız kalmaktadır. Bu değerlerin düzeltilmesi gerekir.
- Örnek bina için verilen hesaplarda önerilen malzeme ve katmanlar yetersiz kalmaktadır. Zemin taşıyıcı döşemesi için hafif beton önerilmekte, su yalıtımı dikkate alınmamakta vb önemli detay hataları bulunmaktadır. Verilen örneğin uygulama açısından daha gerçekçi olması sağlanmalıdır.
- Aylık ortalama güneş enerjisi kazançlarının hesaplanmasında kullanılan güneş enerjisi geçirgenliği "g" için aydan aya değişen değerler önerilmemiştir; dolayısıyla Standardda bu sembolün "g<sub>i,ay</sub>" olarak belirtilmesine gerek yoktur, "g<sub>i</sub>" olarak belirtilmesi yeterlidir.



- Kazanç kullanım faktörü ( $\eta$ ) nün hesaplanmasında kullanılan “e” ifadesinin matematiksel bir sabit olduğu belirtilmelidir. Çünkü mekanik havalandırma ile ısı kaybının hesaplanması sırasında farklı bir büyüklük olarak tekrar “e” sembolü kullanılmaktadır.

Günümüzdeki standartlar artık fevkalade dinamiktir. Bu standard çıktıktan sonra herhangi bir değişiklik için yirmi sene daha beklemek düşünülmemelidir. Ülkemizdeki inşaat teknikleri ve malzemeler geliştikçe (pasif sistemlerin kullanılması vb), standartlardaki hesap metotları da gelişecektir. Ayrıca, sadece ısıtma amaçlı enerji ihtiyacı değil, binaların yıllık toplam ısıtma-soğutma-havalandırma-aydınlatma amaçlı enerji tüketimlerinin değerlendirilmesi gerekecektir. Çünkü ısıtma amaçlı enerji ihtiyacını azaltmak için gerçekleştirilecek kompakt (A/V'nin küçük olduğu) binalarda aydınlatma ve havalandırma amaçlı enerji ihtiyacı arttırabilecektir. Binanın yıllık ısıtma-soğutma-havalandırma-aydınlatma amaçlı toplam enerji ihtiyacının minimum olacağı optimum çözümler günümüz mimarisinin temellerini oluşturmaktadır.

Geç kalınmış olmakla beraber binalarda ısı yalıtımı konusunun güncelleştirilmesi amacıyla hazırlanmış bu Standardın zorunlu standard haline gelmeden önce geniş kapsamlı irdelenmesi, gelişime açık tutulması, amacına ulaşmasını isteyen araştırmacı, üretici ve uygulayıcı kesimin ortak dileği olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] Wilson, D., Schipper, I., Tyler, S. And Barlett, S., “Policies and Programs for Promoting Energy Conservation in the Residential Sector: Lessons from five OECD Countries”, LBL-27289, Lawrence Berkeley Laboratory, Applied Science Division, Energy Analysis Program, International Energy Studies Group, Berkeley, 1989.
- [2] Anonim, “Thermal Insulation: avoiding risks-second edition”, Building Research Establishment Report, CI/SfB (A3j)(M2), Watford, 1994.
- [3] Anonim, “Insulation Guide-a practical handbook on insulating new and existing homes”, Energy Victoria, Melbourne, 1994
- [4] Anonim, “Consumer’s Guide-keeping the heat in”, Natural Resources Canada, 1994.
- [5] Oxley, T.A. and Gobert, E.G., “Dampness in Buildings-second edition”, Butterworth-Heinemann Ltd., Oxford, 1994.
- [6] Anonim, “Course book for the seminar Thermal Use of Solar Energy in Buildings”, prepared as a part of the Comett Project-Sunrise, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, Freiburg, 1994.
- [7] Achard, P and Gicquel, R, “European Passive Solar Handbook (preliminary edition)-Basic Principles and Concepts for Passive Solar Architecture”, Publication of CEC-DG XII, Brussel, 1986.
- [8] Colombo, R. Landabaso, A. And Sevilla, A., “Passive Solar Architecture for Mediterranean Area-design Handbook”, Publication of CEC, Brussel, 1994.
- [9] Anonim, “THERMIE-Energy Saving in Buildings Technology Projects”, CEC-DG XVII, 1993.
- [10] Kakaç, S., “Örneklerle Isı Transferi-12. baskı”, Tıp Teknik Yayıncılık, Ankara, 1998.
- [11] Anonim, “ISO 9164-Thermal Insulation-Calculation of Space Heating Requirements for Residential Buildings, International Organization for Standardization, Geneva, 1989.
- [12] Anonim, “Verordnung Über Einen Energiesparenden Varmeschutz Bei Gabauden”, Warmeschutzverordnung-Warmeschutz V., 16 Aug. 1994.
- [13] Anonim, “TS 825-Binalarda Isı Yalıtım Kuralları”, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara 1998.
- [14] Tamer, M., “Pencerelerde Isı Yalıtımı”, Pimaş Yayınları, İstanbul, 1994.
- [15] Anonim, “TS 8441 Isı Yalıtımı Hesaplama Metodları-Düzlem Yapı Yüzeylerinde Dikdörtgen Kesitli Isı Köprüleri”, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara 1998.
- [16] Yücesoy, L., “Isı köprüleri:Köşeler”, Sf. No 51-57, Yapı Dergisi, Sayı No.98, 1990.
- [17] Kesen, N., “TS 825’in Revizyon Taslağında Önerilen Standard Hesap Metodunu Kullanarak Mimari Değişkenlerin Binaların Isınma Amaçlı Enerji Tüketimi Üzerine Etkilerinin Değerlendirilmesi”, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 1999.

## ÖZGEÇMİŞ

Şükran Dilmaç, 1980 yılında İTÜ Mimarlık Fakültesi'nde Lisans eğitimini, 1982 yılında ise yine aynı Fakültede Yüksek Lisans eğitimini tamamlamıştır. 1982 senesinde İTÜ İnşaat Fakültesi'nde Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamıştır. 1990 yılında İTÜ İnşaat Fakültesi'nde Doktorasını tamamlamış, 1991 yılında İTÜ İnşaat Fakültesi'ndeki görevinden ayrılmıştır. 1993-1997 yılları arasında TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü'nde Uzman Araştırmacı ve proje yürütücüsü olarak çalışmış, 1993 yılında Doçentlik ünvanını kazanmıştır. 1997 yılında Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi olarak göreve başlamış ve halen bu görevine devam etmektedir.