

BİLİM ve TEKNİĞE KATKILAR



DUVAR ISI YALITIMININ İNSAN SAĞLIĞI YÖNÜNDEN ÖNEMİ *

Nuri Saryal*
Makina Mühendisliği Bölümü
ODTÜ ANKARA

SUMMARY

During the heat loss calculations from dwellings only the room and outside air temperatures are considered and assumed to be constant, while the wall inside surface temperatures are neglected. Experiments and calculations, considering the "effective temperature" on humans which includes radiation heat transfer revealed that in rooms with well heat insulated outside walls, the room air temperatures can be reduced without affecting the comfort conditions, due to the rise in wall inside surface temperatures. This fact would obviously reduce further the conduction, convection and infiltration losses, resulting in a better heat economy than predicted by conventional calculations.

ÖZET

Konutlarda ısı kaybı hesaplanırken, yalnızca odaların iç ve dış hava sıcaklıkları dikkate alınır ve sabit kabul edilir, oda duvarları iç yüzey sıcaklığı dikkate alınmaz. Işıma ile ısı alışverişinin ihmal edilmediği "etken sıcaklık" dikkate alınarak yapılan hesap ve deneylerden, iyi ısı yalıtımı yapılmış dış duvarları olan odalarda iç yüzey sıcaklığının yükselmesi sonucu, konfor şartlarını bozmadan oda hava sıcaklığının düşürülebileceği görülmüştür. Böylece gerek duvar ve pencerelerden ısı iletimi ve taşınımı ve gerekse de İnfiltrasyon kayıpları daha da azalarak yapılan ısı enerjisi tasarrufu alışılmış metotla hesaplanan değerlerden fazla olacaktır.

Dost ve müttefik ülkelerden birinin Ankara'da yeni yapılan kültür merkezinde, alt alta konumda olan bir grub odasında kışın ayından itibaren çalışmaya başlayan personelin kısa bir süre sonra çeşitli şikayetleri olmuştur. Soğukların artması ile bu şikayetler de artmış, soğuk algınlığı, romatizma gibi nedenlerle işe devamları aksamıştır. Durum incelendiğinde, ısıtma havalandırma yönünden bir hata olmadığı, fazlası ile emniyet katsayısı alındığı, oda hava sıcaklığının kolaylıkla 24°C'a çıktığı görülmüş, şikayetlere ise odaların güneye bakan ancak komşu binanın gölgesinde kalan çıplak beton duvarlarının neden olduğu yapılan araştırma sonucu anlaşılmıştır. Duvarların, pahalı bir çözüm olan ahşap kasalar, stiropor, cam yünü ve yapay deri ile kaplanmasından sonra odalarda bulunan radyatörlerden bir kısmı devredden çıkartılmış, sıcaklık 20°C'a düşürülmüş, personel sağlığına kavuşmuştur.

Bu örneğe, başımızdan geçen, tanık olduğumuz veya bir kısım yayınlarda sözü edilen (bu konuda tesbit edebildiğimiz 13 bilimsel yayın vardır, burada yalnızca [1], [2] olay ve gözlemler eklenebilir. Olay basittir: Odalar iyi ısıtılabilir, soğuk duvarla-

rın bulunması, içinde yaşayan veya çalışan insanlarda soğuk algınlığı, romatizma, sinir bozukluğu ve huzursuzluk (stress) gibi hastalık ve rahatsızlıklara sebep olabilmektedir. Diğer bir deyimle hastalık ve rahatsızlıklara sebep olarak soğuk duvar veya duvarların

1 — Oda içinde aşırı hava akımlarına neden olması

2 — İnsanlar üzerindeki, daha sonra ele alacağımız ve hesap yolu ile bulacağımız, ortamın etken sıcaklığını düşürmesi gösterilebilir.

Ayrıca şu genel, sonuçlara varılması mümkündür:

1 — Alışlagelmiş ısıtma-havalandırma hesap yöntemleri bazı koşullarda yetersizdir.

2 — Isı iletkenliği yüksek (yalıtımı az) duvarlar, yalnızca fazla yakıt sarfiyatına ve dolaylı olarak hava kirliliğine neden olmakla kalmayıp, insan sağlığı yönünden sakıncalıdır

* Yazarın, 12 Nisan 1983 günü Ankara'da yapılan "Enerji 83" panelinde sunduğu tebliğden kısaltılmıştır.

**Yazar daha önceki sayılarımızda tanıtılmıştı.

Günümüzde büyük şehirlerde yaşayan insanlar, zamanlarının % 95'ini kapalı yerlerde geçirmektedirler. Bu nedenle insanların yaşamak zorunda oldukları söz konusu kapalı yapay çevrenin incelenerek, yaşam koşullarına daha uygun hale getirilmesi önem kazanmış ısıtma-havalandırma-soğutma diye adlandırığımız bilim dalı genişletilerek "Isıl Çevre Mühendisliği" doğmuştur. İnsanların kapalı yerlerdeki ısı konforları diğer bir deyimle ısı rahatlıkları ısı çevre mühendisliği açısından şu etkenlere bağlıdır:

- 1 - İnsanların aktivite (faaliyet) seviyesine
- 2 - Giysilerinin ısı direncine
- 3 - Ortalama hava sıcaklığına
- 4 - Ortalama ısıma sıcaklığına
- 5 - Bağlı (relativ) hava hızına
- 6 - Ortam havasındaki su buharı basıncına

Yukarıda kullandığımız "konforlu" sözcüğü, ülkemizde bazen yanlış olarak "lüks, pahalı" şeklinde anlaşılmaktadır. Oysa ki "rahat sağlıklı" anlamına gelmektedir

İnsanlar için konfor şartları, yukarıda sayılan altı ana unsurun uyum içinde olması ile sağlanabilir. Bu 'parametre' diye adlandıracağımız unsurlar sabit olmayıp, belirli sınırları aşmamak koşulu ile değişebilirler. Parametrelerden bir veya birkaçının konfor şartlarını bozacak ölçüde değişmesi ile doğacak mahzurlar diğer parametrelerin uygun yönde değiştirilmesi ile giderilebilir.

Çok basit bir örnek verecek olursak. Birinci parametre olan insan aktivitesinin arttığını, oturmakta

veya az hareketli, çevre ile ısı alışverişi bakımından konfor içindeki insanların yorucu bir iş yapmaya başladıklarını düşünelim. İnsanların metabolik ısı üretimi artacak, diğer parametreler değişmezse, üretilen ısıyı atma güçleşecektir. Bu insanlar ortamı sıcak bularak yakınacaklar, ceketlerini çıkartıp, kramatlarını gevşetip, yakalarını açacak (ikinci parametre) mümkünse çevre sıcaklığını düşürmeye çalışacaklardır (üçüncü ve dördüncü parametreler). Diğer çareler, ortamda hava akımı (esinti) sağlayarak (beşinci parametre) veya nemli havayı kuru havaya dönüştürerek (altıncı parametre) oluşan terin kolay buharlaşmasının temini ile üretilen fazla ısının atılması olabilir. Ancak çok kuru havanın, odalarda estirilecek rüzgarın, çok soğuk bir ortamın konfor sağlamayacağı da ortadadır. Bu nedenle, daha önce belirttiğimiz gibi, parametrelerin belirli sınırlar ve uyum içinde kalmaları önemlidir.

Bu açıklamaların ışığında, "konfor" şartlarını etkileyen altı parametre arasında matematiksel bir denklem kurmak ve bu denklem yardımı ile parametrelerin belirli oranda değişimleri halinde konfor şartlarının sağlanıp sağlanmadığını, sağlanması için ne gibi değişikliklerin gerekli olduğunu hesap yolu ile bulmak mümkün müdür?" sorusu ile karşılaşırız. Sorunun cevabı evettir ve (Tablo 1) 'de gösterilmiştir [3]. Denklem uzun olmakla beraber basit bir görünüm arz etmektedir. Ancak her terimin değerinin bulunması, bazı cetvel ve grafiklerin kullanılması ve ortalama ısıma sıcaklığının bulunmasında olduğu gi-

Tablo 1. Genel Konfor Denklemi ve Terimlerin Anlamı [3].

$$\frac{M}{A_{Du}} (1-n) - 0,35 \left[43 - 0,061 \frac{M}{A_{Du}} (1-n) - P_a \right] - 0,42 \left[\frac{M}{A_{Du}} (1-n) - 50 \right] - 0,0023 \frac{M}{A_{Du}} (44 - P_a) - 0,0014 \frac{M}{A_{Du}} (34 - t_a) = \frac{35,7 - 0,032 \frac{M}{A_{Du}} (1-n) - t_g}{I_g} =$$

$$3,4 \times 10^{-8} f_g [(t_g + 273)^4 - (t_o + 273)^4] + f_g h (t_g - t_a)$$

M : İnsan metabolizmasında üretilen ısı [kcal/h]
 A_{Du} : DuBois alanı, çıplak insan yüzölçümü [m^2]
n : Mekanik Verim (W/M)
W : İnsanların çevreye yaptığı iş [kcal/h]
 P_a : Ortam havasındaki su buharı basıncı [mmHg]
 t_a : Ortam havası sıcaklığı [$^{\circ}C$]
 t_g : Giysi dış yüzey sıcaklığı [$^{\circ}C$]

I_g : Giysilerin ısı geçirgenlik direnci [$\frac{m^2 hc}{kcal}$]
 f_g : Giysilerin vücudu örtme yüzdesi
 t_o : Ortalama ısıma sıcaklığı [$^{\circ}C$]
h : Taşıma ile giysi yüzeyinden ısı aktarımı film katsayısı [kcal/ $m^2 hC$]
v : Havaya göre bağlı hız [m/s]
(M ve h_t belirli ölçüde hızın fonksiyonudur).

bi, her zaman kolay olmayan hesapların yapılması ile mümkündür [1]. Çeşitli parametrelerin konfor etkisinin ve değişik alternatifler arasında en uygun ve ekonomik olanının bulunması istendiğinde, bilgisayarla çözüme gitmek zorunlu olmaktadır.

Tablo 2'de gösterilen konfor denklemi bir "çift" eşitliktir, diğer bir deyimle iki denklemin bir arada yazılmasıdır. Eşitlikler şöyle açıklanabilir. Net metabolik ısı üretimi giysilerden iletilen ısıya, bu ısı da giysi yüzeyinden çevreye ışıma ve taşıma (konveksiyon) yolu ile aktarılan ısıya eşittir. Terimlerin anlam ve boyutları tabloda açıklanmıştır.

Denklemin incelenmesinden, değişkenlerin üç ana grupta toplandığı anlaşılr.

- 1 — Giysilerin türüne bağlı olarak I_g ve f_{g_g}
- 2 — Faaliyetin cinsine bağlı olarak: M/A_{Du} , η , v
- 3 — Çevre değişkenleri olarak: v , t_a , p_a , t_o

İlk iki gruptaki değişkenler ilgili kişilerin iradesi içindedir. Isıl çevre mühendisinin görevi, ilk iki gruptaki değişkenlerde meydana gelebilecek değişiklik sınırları içinde, konfor sağlayabilecek şekilde, üçüncü gruptaki değişkenleri ayarlamaktır. Diğer bir deyimle, oda içindeki hava hareket hızı, hava sıcaklığı ve nem yüzdesi ile ortalama ışıma sıcaklığı, konfor sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır.

Bu yazının genel konusu ısınma ile ilgili olduğundan, soğutma etkisi olan bağlı hızdan ve ortam havasındaki su buharı basıncından söz etmeyeceğiz. Geriye, aslında birbiri ile yakın ilişkisi olan ortam hava sıcaklığı ile ortalama ışıma sıcaklığı kalmaktadır. Ortalama ışıma sıcaklığı önemli ölçüde çevreyi oluşturan duvarların sıcaklığına bağlıdır, yazının başında sözünü ettiğim rahatsızlıkların kaynağıdır. Alışlagelmiş ısıtma-havalandırma hesaplarının yapılışında, duvarlardan olacak ısı kayıpları da dikkate alınarak (t_a) hava sıcaklığının konfor sağlayacağını umduğumuz uygun bir seviyede tutulması esastır. Halbuki bireylerin algıladığı sıcaklık, ortam hava sıcaklığı ile duvarların sıcaklığının belirli kurallara göre ortalamasıdır.

Bu kuralları fazla hata yapmadan, bize oldukça iyi bir fikir verebilmesi için basite indirgeyerek şöyle yazabiliriz:

$$h(t_g - t_a) + h_r(t_g - t_d) = h(t_g - t_e)$$

Bu denklemde: $h_r \cong 4T^3 G E_g F_{g-d}$ olarak eşdeğer ışıma film katsayısı,

$$T = \frac{t_g + t_d}{2} + 273 \quad [K]$$

G = Stefan — Boltzmann Sabiti [$W/K^4 m^2$]

E_g = Giysi yüzeyi emisivitesi.

F_{g-d} = Birey yüzeylerinin duvarı görme katsayısı

t_e = Birey üzerindeki etken sıcaklık [$^{\circ}C$]

t_d = Duvar sıcaklığı [$^{\circ}C$]

Basitleştirilmiş bu denklemi etken sıcaklık için çözersek

$$t_e = t_a - \frac{h_r}{h} (t_g - t_d)$$

elde edilir. Vardığımız sonuç açıktır: Isı iletkenliği düşük malzemeden yapılmış olan duvarların iç yüzey sıcaklığı yüksek olacağından, hava sıcaklığını düşürerek aynı ısıl konforu sağlayabiliriz. Sayısal bir örnek verecek olursak: h_r/h değerinin bir odanın ortasında duran bireyler için 0,2 mertebesinde, soğuk dış duvara yakın bireyler için 0,4 mertebesinde olduğunu göz önüne alırsak, dış duvarın iç yüzey sıcaklığının $6^{\circ}C$ yükselmesi sonucu oda hava sıcaklığının, ısıl konfor şartlarını değiştirmeden ortalama $2^{\circ}C$ düşürülebileceği görülür. Bu değer çıplak beton ile gözenekli tuğladan yapılmış dış duvar kıyaslaması için geçerlidir, oda ısı kaybının % 10—15 azalacağı ortaya koymaktadır.

Basit bir örnekle açıklamış olduğum bu "ek tasarruf", ısı kaybı hesaplarında genellikle göz önüne alınmayan bir husustur, ancak çok önemlidir. Zira, duvar ısı iletkenliğinin düşürülmesi sonucu sağlanacak ısı tasarrufu hesaplarında, oda sıcaklığı ile dış hava sıcaklığı arasındaki fark genellikle sabit kabul edilir ve sadece duvarlardan iletimle olan ısı kaybı göz önüne alınır. Halbuki burada açıkladığım yöntemle yapılacak bir incelemede, uygun duvar malzemesi kullanılması halinde, hem duvarın iç-dış sıcaklık farkının, hem de ülkemiz koşullarında önemli bir faktör olan "infiltrasyon" kayıplarının daha da azaldığı görülecektir.

Sonuç özetlenecek olursa, özellikle yapıların dış duvarlarında gözenekli tuğla gibi ısı geçirgenliği düşük, fiziksel özellikleri uygun malzeme kullanılması halinde dış duvarların iç yüzey sıcaklığının yükselmesi sonucu daha sağlıklı yaşama ortamı oluşturulacağı gibi, konfor şartlarını bozmadan düşürülebilecek oda hava sıcaklığı nedeni ile, dış duvarlardan ısı geçişinin ve infiltrasyon kayıplarının azalması sonucu genellikle hesaba katılmayan, önemli bir "ek" ısı tasarrufu sağlandığı görülür.

KAYNAKLAR

- (1) Gagge, A.P. et al.: "A novel approach to measurement of man's heat exchange with a complex radiant environment." Aerospace Med. 36: 431-435, 1965.
- (2) Ronge, E.H; Löfstedt, B.E: "Radiant Drafts from Cold Ceilings" Heat, Pip. Air Condit. 26: 167—174, 1957.
- (3) Fanger, P.O: "Thermal Comfort" McGraw-Hill Book Co. 1970.