

ISIL KONFOR VE ENERJİ VERİMLİLİĞİ

İlhan Tekin ÖZTÜRK

ÖZET

Bu çalışmada binalarda yalıtımın ısı konforuna ve enerji verimliliğine etkisi incelenmiştir. Binaların ısı kaybeden ve kazanan yüzeylerinden en önemli kısımları olan pencereler ve duvarlardaki değişik yalıtım durumlarında ve dış hesap sıcaklıklarındaki ısı kaybı ve konfor için gerekli olan iç yüzey sıcaklıkları elde edilerek sonuçları irdelenmiştir. Yalıtımın iç yüzeylerdeki yoğuşmayı önlemedeki etkinliği incelenmiştir. Ayrıca yalıtım dışında binalarda kullanılabilecek alternatif enerji kullanım durumları ve enerji tasarruf yöntemleri detaylı incelenerek binalarda tüketilen enerjilerin azaltılma yolları değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Yalıtım, Isıl konfor, Enerji verimliliği

ABSTRACT

In this study, the effect of thermal insulation was evaluated on thermal comfort and energy efficiency in buildings, the most important parts of buildings respect to heat loss and gain that windows and walls were considered as energy saving and thermal comfort potential. For different insulation thickness of wall and window types the heat loss and inside wall and window surface temperatures were calculated with different outside temperatures and results were evaluated. The effectiveness of insulation was obtained to prevent surface condensing on buildings. Beside thermal insulation, the alternative energy resource and energy recovery systems were examined for reducing energy consumption of buildings.

Key words: Insulation, Thermal comfort, Energy efficiency

1.GİRİŞ

Isıl konfor için sıcaklık ve nem aralığı ayrıca bir hava akış hızı olduğu bilinmektedir. İç konfor şartlarının belirlenmesinde, dış tasarım şartları da göz önünde bulundurulduğunda farkların minimum olduğu şartlara yaklaşmak ayrıca iç konfor ortamıyla dış ortam arasındaki ısı dirençleri maksimum yapmak, konfor ortamını daha rahat ve kısa sürede oluşturmaktadır. Bununla birlikte konfor ortamında sistem rejime girdikten sonra gerekli ayarları kolaylaştırmakla beraber aynı ısı konforu temin etmek için daha az enerji tüketmektedir. Bu ısı dirençleri yapının dış ortamla temasta bulunan pencere, duvar ve diğer tüm ısı kazanan ve kaybeden yüzeylerinde maksimum yapmak yapı tasarım aşamasında dikkat edilecek husustur. Özellikle binaların ısı direncinin en düşük olduğu kısımlarda bu husus daha da önem kazanmaktadır.

İkinci aşama ise sistem seçimi; yani konfor şartları belirlenmiş konfor ortamı için tespit edilen yüklerin karşılanması için enerji tasarrufu tedbirlerini de içeren sistemlerin seçilmesi ve uygulamalarının yapılmasıdır. Sistem seçimlerinde uygunluk aranabilir ve sınırlar bizi zorlayabilir veya özel tercihler yapılabilir fakat enerji tasarrufu uygulamaları hemen hemen tüm sistemlere uygulanabilir.

Isıl konforu oluşturulacak sistemlerinin enerji kullanım verimlerini yükseltmek için; yalıtımın üzerine temelde iki yol takip edilebilir. Birincisi sistemde kullanılacak yükleri potansiyeli bulunan yerlerde doğal soğutma, buharlaştırılmalı soğutma yöntemini, alternatif enerji kaynaklarının kullanımını (güneş, jeotermal vs), varsa atık ısıların kullanılmasını ve düşük sıcaklı kaynakların enerjisini kullanılabilir duruma getirecek ısı pompası uygulamalarını sisteme dahil etmek gerekecektir. Bu potansiyelleri mümkün olduğu kadar kullandıktan sonra sistemde konforu temin etmek için gerekli enerji miktarı olabildiğince azaltıldıktan sonra kalan enerji miktarı alışımlı kaynaklardan karşılanacaktır. İkinci yol ise konfor mahallerinden dışarı ekzost edilen veya atılan hatların enerjilerinin geri kazanılarak sistemin enerji tüketimini olabildiğince azaltılması yoludur. Bu ikinci yol özellikle mahal ısıtıcı ve soğutucuları yardımıyla doğrudan yapılan ısıtma ve soğutma dışındaki iklimlendirme (hava yardımıyla şartlandırmanın yapıldığı) tesislerde ve resirkülasyonun az olduğu sistemlerde daha da önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada binalarda kullanılan değişik ısı dirençli camların ve yalıtım kalınlıklarındaki dış beton duvarların veya kolon ve kirişlerin kış çalışması durumunda ısı kayıplarının değişimi ile ısı konforu için katkıları ayrıca konutların enerji tüketimini azaltabilecek yöntemler detaylı incelenecektir.

2. KONUTLARDA ISI YALITIMININ ENERJİ VERİMLİLİĞİNE VE KONFORA ETKİSİ

Konutlarda enerji tasarrufunun birinci altın kuralı dış yükleri azaltacak tedbirlerin binanın tasarım aşamasında ortaya konulması ve uygulama esaslarının belirlenmesidir. Bir binanın ısı kaybının ve kazancının en yüksek olduğu yerlerin başında binanın büyüklüğüne ve kullanım amacına bağlı olmakla beraber dış duvarlar, dış cephede yer alan perde beton duvarlar, kolonlar, kirişler, dış pencere ve dış kapılar ile çatılardır. Tüm bu yüzeylerde ısı dirençler olabildiğince yüksek tutularak bu ısı kaybı ve kazançları epeyce azaltılabilir.

İç mekânlarda sağlıklı bir konfor oluşturmanın en önemli parametrelerden birisi dış duvar ve pencere iç yüzey sıcaklıklarının belirli değerlerde korunabilmesidir [1,2]. Yalıtılmamış binalarda iç ortamda konfor için gerekli sıcaklığın temin edilmesine rağmen, insan bedeni ile duvar ve cam yüzeyleri arasında ısı ile olan ısı alış verişinden dolayı ve bu ısı geçişi kontrol edilemeyecek düzeye ulaşabilir. Bu durumda kışın üşüme hissi yazında serinlenmeme hissi engellenememektedir ve bu etkilerden dolayı gerçekte ısı konfor yakalanamamaktadır.

2.1. Yalıtımlı Camların ve Beton Donatılı Dış Cepelerde Isı Yalıtımının Enerji Verimliliğine Etkisi

Son yıllarda dünyada yaşanan iklim değişikliklerinin temel nedeni dünya nüfusunun hızla artması, teknolojik gelişmelerin baş döndürücü hızla gelişmesi, enerjinin tasarruflu kullanılmaması ve bunların sonucu enerji kullanma talebinin hızla büyümesi ve bu enerji talebinin çok büyük kısmının halen fosil kökenli kaynaklardan karşılanmasıdır [3]. Yalıtımla ilgili olan kısmı ise konutların ısıtılması, soğutulması ve bunlarla ilgili tesisatların da ayrıca endüstriyel tesisat ile endüstride kullanılan sıcak ve soğuk yüzeylere sahip cihazların yüzeyleri için tüketilen enerjinin azaltılması hususudur. Enerji fiyatlarının yükselmesi sonucu enerji tüketimleri yalıtımla sınırlandırılmamış konutlarda yakıt maliyetleri yükseldiği için bu maliyetleri karşılayamayanların eski yöntemlerle ısıtma yapmaya yönelmesi veya eski yöntemlerle ısınanlar da mevcut durumlarını koruduğu gözlemlenmektedir. Tüm bunların sonucu bina içinde düzensiz ısıtma yapılmakta, baca sızıntıları sonucu karbonmonoksit zehirlenmeleri ve kalitesiz yakıt kullanılması sonucu çevreye baca gazı veya diğer atıklardan dolayı çevre kirlenmesi had safhalara ulaşabilmektedir. Bu durumda insanların yaşadığı mekânları konforsuz kılmakla beraber sağlığını da ciddi şekilde tehdit etmektedir.

Karbon esaslı olan fosil yakıtların kullanılması sonucu atmosfere salınan karbondioksit gazının atmosferde bulunması gereken doğal sınırlarının üzerine çıkması sonucu yarattığı sera etkisinden dolayı buzullar erimekte ve iklim değişiklikleri oluşmaktadır [3]. Bu iklim değişiklikleri sonucu yazın anormal yüksek sıcaklıklar, aşırı yağmurlar ve şiddetli kasırgalar oluşmaktadır. Bu etkilerin sonucu olarak kuraklık, içme suyu sıkıntısının baş göstermesi, sel baskınları ve diğer felaketler sıralanabilir.

Dünya enerji tüketiminin yaklaşık % 30'u konutlarda tüketilmektedir ve bu enerjinin yaklaşık % 70'i konutların ısıtılması ve soğutulmasına harcanmaktadır. Diğer taraftan endüstriyel tesislerdeki yalıtım da göz önünde bulundurulursa, yaşanılabilir bir dünyaya için bu karbondioksit salımı azaltılmasında yalıtımın önemi açık bir şekilde görülmektedir.

Yalıtılmamış veya kısmen yalıtılmış binaların duvarlarında ve pencere ve kapılarında gerekli standartlar çerçevesinde veya üzerinde yalıtım yapıldığında bu tesislerde yapılan enerji tasarrufuna karşılık ne kadar yakıt tasarrufu yapılabileceği ısıtma ve soğutma durumu için aşağıdaki denklemlerden elde edilebilir.

$$\dot{B}_y = \frac{(\dot{Q}_{tas})_{ısıtma} n N}{H_u \eta} \quad (1)$$

$$\dot{W} = \frac{(\dot{Q}_{tas})_{soğ}}{COP} \quad (2)$$

$$\dot{B}_y = \frac{\dot{W} n N}{0,4} \quad (3)$$

Yalıtım yapılırken sisteme bir miktar ilave yatırım maliyeti olmasına karşın, elde edilen enerji tasarrufu ile çevre ve iklim değişikliğinin etkisinin azaltılması yönünde yapılan katkılar önemli kazançlar olarak karşımıza çıkmaktadır [6,7]. Çevreye olan katkısının bedelini şimdiki veriler ile değerlendirmek oldukça zor fakat enerji tasarrufu sonucu elde edilen kazanç yalıtımın yapıldığı iklim bölgesine, kullanılan yakıtın birim fiyatına ve uygulanan yalıtım kalınlığına bağlı olmakla beraber genelde yalıtım için yapılan yatırım kendisini kısa bir sürede geri ödemektedir. Ayrıca yapılan yalıtım sonucu konutlarda düşük sıcaklıklı ısıtma ve yüksek sıcaklıkta soğutma imkânı yaratılması ile yoğunmalı cihazların, alternatif enerji kaynaklarının daha düşük kapasitelerde ve yaygın kullanılmasına imkân sunmasından dolayı karbondioksit salımı azaltılmasına ve yeşil veya sıfır karbondioksit salımlı konut üretilmesine önemli katkı sağlamaktadır ve geçişi de hızlandırmaktadır. Bina dış cephelerinde yer alan kolon, kiriş, donatılı beton duvar ve pencereler ile kapılar binaların ısıl direnci en zayıf kısımlarıdır. Özellikle radyatörlü ısıtmada radyatör arkaları ve altında radyatör bulunan pencerelerin alt kısmındaki sıcaklıklar pratikte mahal sıcaklıklarından daha yüksek değerlerdedir. Isı kaybı bakımından bu yüzeyler diğer kısımlardan daha dikkatli davranılması gereken yerlerdir.

2.1.1 Binalarda Kullanılan Camların Enerji Verimliliğine Etkisi

Binalarda kullanılan cam pencere ve kapıların özelliklerine bağlı olarak kışın ve yazın önemli miktarlarda enerji tasarrufu yapmak mümkün olabilmektedir. Özellikle nitelikli cam olarak kullanılan camlar iki veya üç ya da daha fazla katmanlı, değişik kalınlıklarda ve arasına değişik gaz dolgusu yapılarak üretilmektedir. Ayrıca pencere ve kapıların açılıp kapanan kısımlarının ve denizlik, söve vb. gibi bina üzerine pencere ve kapıların çerçevelerinin yerleştirilme durumlarında hem ısıl köprü ve hem de sızdırmazlık anlamında gerekli tedbirlerin sıkı bir şekilde uygulanması sonucunda bu tasarruf daha da yüksek olmaktadır. Binalarda yine yaz uygulamalarında kaplamalı camların kullanılması durumunda doğrudan içeriye ulaşacak güneş enerjisi miktarı oldukça azaltılabilmektedir. Kaplamalı camlarla birlikte uygun gölgeliklerin kullanılması güneşten doğrudan ve yansıyarak gelen ışımı azaltması sonucu önemli miktarlarda enerji tasarrufu sağlanabilmektedir ve iç konforun teminini de kolaylaştırmaktadır. Aşağıda tabloda belirtilen özelliklerdeki camların binalarda kullanılması durumunda birim yüzeyden kaybolan ısı miktarları ve iç cam yüzey sıcaklıkları değişik dış iklim koşullarında incelenecektir.

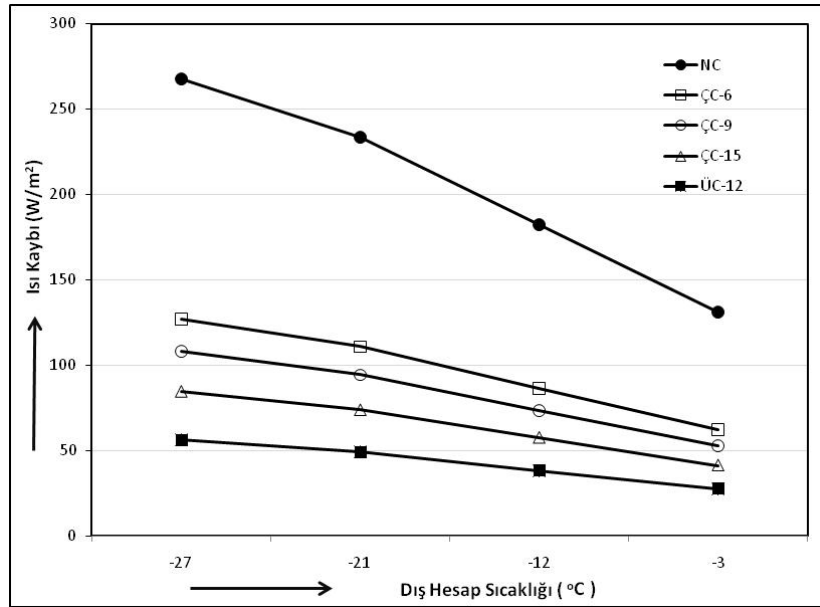
Tablo 1: Örnek seçilen camların boyutları, ışınım yayma oranları ve toplam ısı geçiş sayıları [5]

Cam Kodu	Açıklama	Cam ve Hava Tabakası Kalınlıkları (mm)	Işınım Yayma Oranı (ϵ)	Isı Geçiş Katsayısı U (W/m^2K)
NC	Normal tek cam	4	0,89	5,7
ÇC-6	Tek kaplamalı çift cam	4-6-4	$\leq 0,2$	2,7
ÇC-9	Tek kaplamalı çift cam	4-9-4	$\leq 0,2$	2,3
ÇC-15	Tek kaplamalı çift cam	4-15-4	$\leq 0,2$	1,8
ÜC-12	İki kaplamalı üçlü cam	4-12-4-12-4	$\leq 0,2$	1,2

Camın birim yüzeyinden kaybolan ısı miktarı aşağıda belirtilen denklem yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\dot{q} = U(t_i - t_{dhs}) \quad (4)$$

Pencerelerden geçen ısı miktarının hesabında yüzeyin büyük miktarını cam oluşturduğu için ısı köprüsüz ve yalıtımlı çerçeve uygulamalarında camın toplam ısı geçiş katsayısı pencere için yaklaşık olarak aynı kabul edilebilir. Camlardan kaybolan ısı miktarlarının hesabında iç ortam sıcaklığı ortalama 20 °C sabit alınmıştır. Dış hesap sıcaklığı (t_{dhs}) için ülkemizini dört değişik bölgesi için ilgili sıcaklıklar esas alınmıştır [1,4,7]. Tablo 1’de verilen camlar için birim yüzeyden kaybolan ısı miktarları Şekil 1’de görülmektedir.

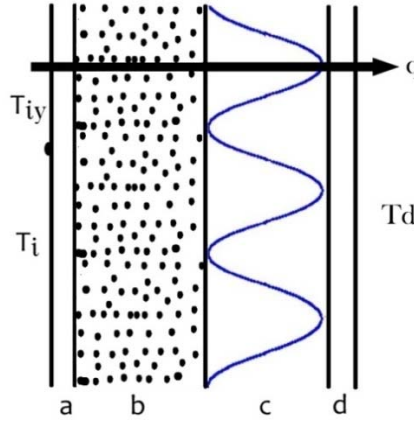


Şekil 1: Değişik Özellilerde Kullanılan Camların, Değişik Dış Hesap Sıcaklıklarında Isı Kaybının Değişimi

Şekil 1’den görüleceği gibi ısı direnci yüksek olan camların ısı kayıpları artan dış hesap sıcaklığı ile azalmakta ve normal tek camın ısı kayıpları açık bir ara ile diğerlerinden yüksek değerdedir. En kötü durum ile iyi durum arasında yaklaşık 5 kat bir fark gözükmektedir. Özellikle günümüzde iyi yalıtılmış diye adlandıracağımız camların ısı dirençleri iyi yalıtılmış duvara göre halen çok kötü durumdadır ve daha düşük ısı dirençli camların geliştirilmesi gerektiği açıktır.

2.1.2 Binaların Beton Dış Yüzeylerinde Kullanılan Isı Yalıtımının Enerji Verimliliğine Etkisi

Bu kısımda binalarda sıvalı dış cephe ısı yalıtım sistemi (mantolama) kullanılmak suretiyle beton dış yüzeylerde değişik dış hesap sıcaklıklarında ve değişik yalıtım kalınlıklarında ısı kaybı değişimi örnek (Şekil 2’de belirtilen duvar örneği için) uygulama üzerinde incelenecektir. Bu örnek uygulama için birim yüzeyden kaybolan ısının değişimi Şekil 3’de verilmiştir. Duvarla ilgili ısı geçişinde esas alınan iç ortam sıcaklığı ortalama 20 °C kabul edilmiş ve kullanılan duvar bileşenleri, kalınlıkları ve ısı iletim katsayıları Tablo 2’de verilmiştir. Ayrıca hesaplamalarda iç ve dış ortamdaki ısı taşınım katsayıları (ışırma dahil) 8,2 ve 23,3 (W/m²K) olarak alınmıştır [8].



Şekil 2. Değişik Yalıtım Kalınlıklarında Sıvalı Dış Cephe Isı Yalıtım Sistemi Kullanılan Dış Duvar Örneği

Tablo 2: Değişik yalıtım kalınlıklarında sıvalı dış cephe ısı yalıtım sistemi kullanılan ve içinde donatılı beton veya tuğla bulunan dış duvarlarla ilgili detaylar

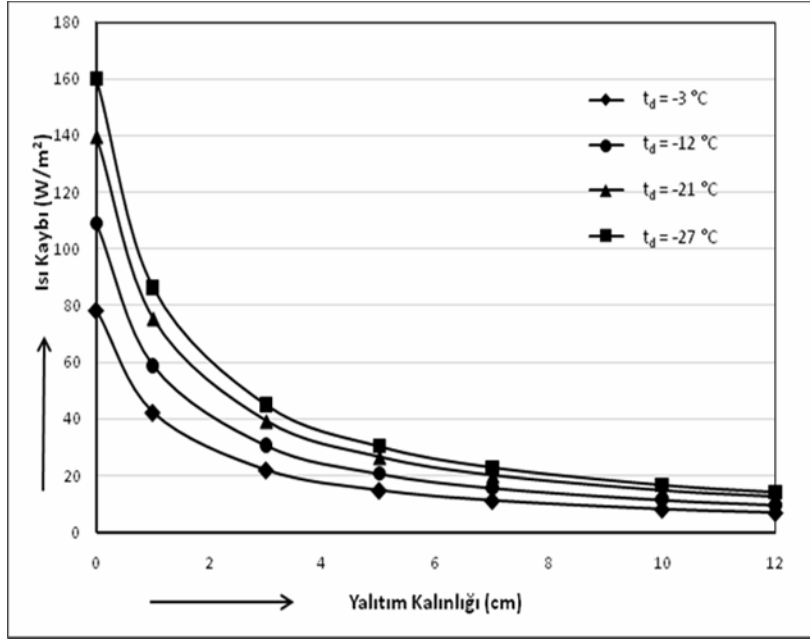
Duvar Bileşeni sembolü	Malzeme Cinsi	Kalınlık X (cm)	Isı İletim Katsayısı λ(W/mK)
a	İç sıva	2,0	0,870
b _{beton}	Donatılı beton duvar	20,0	2,100
b _{tuğla}	Delikli tuğla	19,0	0,450
c	Yalıtım (mineral yün)	X	0,040
d	Dış sıva	1,5	1,400

Duvardan geçen ısı miktarı hesabı (5) numaralı denklem yardımıyla yapılmıştır.

$$q = \frac{(t_i - t_{dhs})}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{x_{is}}{\lambda_{is}} + \frac{x_{bet}}{\lambda_{bet}} + \frac{x_{ya}}{\lambda_{ya}} + \frac{x_{ds}}{\lambda_{ds}} + \frac{1}{\alpha_d}} \quad (5)$$

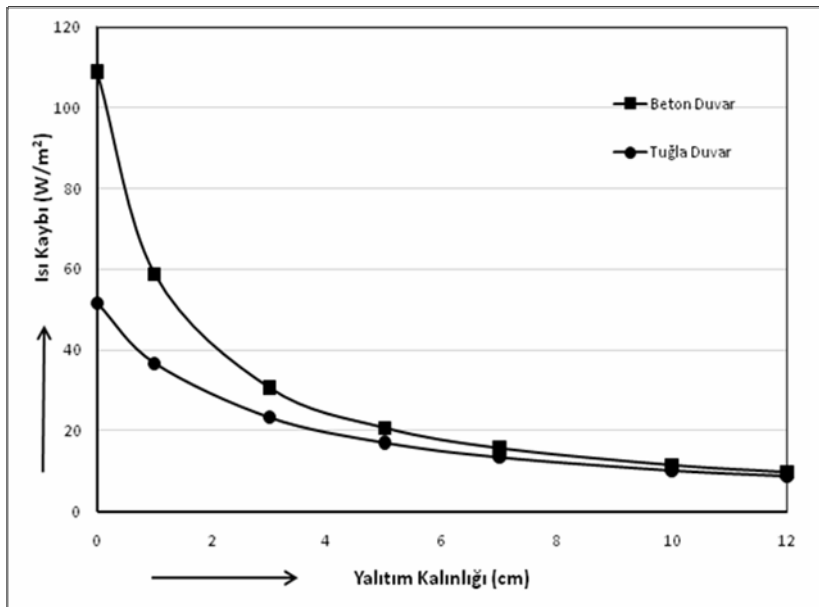
Şekil 3’den görüldüğü gibi her hangi bir dış hesap sıcaklığında veya iklim bölgesinde yalıtılmamış durumda seçilen beton duvar için ısı kaybı maksimum olarak belirli bir değerde gerçekleşmekte ve yalıtım kalınlığı artınca ısı kaybı hızlı bir şekilde azalmaktadır. Özellikle 10 cm yalıtım kalınlığına kadar yalıtımın çok tesirli olduğu görülmektedir. Yalıtılmamış duruma göre -12 °C dış hesap sıcaklığında ısı kaybı 12 cm yalıtım kalınlığında yaklaşık % 90’a kadar azaltılabilmektedir. Dış hesap sıcaklığı azaldıkça kaybolan ısı miktarının daha da arttığını ve düşük dış hesap sıcaklıklarında daha yüksek

yalıtım kalınlıklarının konutlarda ısı kaybını azaltmak için tercih edilmesi gerektiği açıkça görülmektedir. TS 825 Yalıtım standardına göre yapılan hesaplamalarda da bu sonucu görmek mümkündür [7].



Şekil 3. Değişik dış ortam sıcaklıklarında yalıtım kalınlığı ile beton duvardan kaybolan ısı miktarının değişimi

Sıvalı dış cephe yalıtım sistemi kullanılan beton duvar ile aynı sistemde beton duvar yerine 19 cm delikli tuğla kullanılması durumunda -12 °C dış hesap sıcaklığında yalıtımsız ve değişik yalıtım kalınlıklarında mineral yünle yalıtılması durumunda birim yüzeyden kaybolan ısı miktarının değişimi Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Sıvalı Dış Cephe Isı Yalıtım Sistemi Kullanılan Beton Duvar ile Aynı Sistemde Beton Duvar Yerine 19 cm Delikli Tuğla Kullanılması Durumunda ve -12 °C Dış Hesap Sıcaklığında Duvardan Kaybolan Isı Miktarının Yalıtım Kalınlığı ile Değişiminin Karşılaştırması

Şekil 4'den görüleceği gibi -12°C dış hesap sıcaklığında yalıtımsız durumda beton bulunan duvarda ısı kaybı tuğla bulunan duvara göre 2,1, yalıtımlı durumlarda ise 3 cm mineral yün yalıtım bulunması durumunda 1,3 ve 10 cm yalıtım bulunması durumunda 1,12 kat daha yüksektir. Dış duvarlarda farklı özelliklerde duvar bulunması durumunda örnekte incelendiği gibi bu duvarlar arasında ısı karakter farklılığını ortadan kaldırmak için mümkün olduğu kadar yüksek yalıtım kalınlıkları uygulanmalıdır.

2.2. Yalıtım Yardımıyla İç Ortamdaki Konforun Kolay Temin Edilmesi

İç mekânlarda sağlıklı bir konfor oluşturmanın en önemli parametrelerden birisi iç duvar ve pencere iç yüzey sıcaklıklarının belirli değerlerde korunabilmesidir [1,2]. Yalıtılmamış binalarda iç ortamda konfor için gerekli sıcaklığın temin edilmesine rağmen, insan bedeni ile duvar ve cam yüzeyleri arasında ışıma ile olan ısı alış verişinden dolayı ve bu ısı geçişi kontrol edilemeyecek bir düzeyde gerçekleştiği zaman kışın üşüme hissi yazında serinlenmeme hissi engellenememektedir. Bu etkilerden dolayı gerçekte ısı konfor yakalanamamaktadır. Ayrıca ışıma etkisinden bozulan termal konforu düzeltmek için iç konfor sıcaklığı düzeltilmeye çalışıldığında da sistemlerin enerji tüketimleri daha da artmaktadır.

Vücutta üretilen (Q_M) toplam metabolizma ısısının bir kısmı çevreye karşı (W) kas işine dönüşebilir. Bu şekilde vücutta üretilen ısının kalan kısmı ya depolanarak (Q_d) vücut sıcaklığının artmasına neden olur ya da deri yüzeyinden veya solunum yoluyla çevreye geçer. Vücuttan çevreye ısı değişik şekillerde geçebilir. Bu durumu ifade eden eşitlik aşağıdaki gibi yazılabilir [1,2].

$$\dot{Q}_M - W = \pm \dot{Q}_d + \dot{Q}_b \pm \dot{Q}_{ışima} \pm \dot{Q}_{ilet - tas} \quad (6)$$

Bilindiği gibi ışıma ile ısı geçişi sıcaklığın dördüncü kuvvetinin fonksiyonu olduğu için vücutla etrafını çevreleyen yüzeyler arasında görme faktörüne bağlı olarak sıcaklık farkı yükseldikçe bahsedilen denklemde ışıma ile ısı geçişinin etkinliği artmaktadır. Diğer bir deyişle yüzeyler arasındaki sıcaklık farkının büyümesi ile (6) nolu denklemdeki ışıma ile geçen ısı görme faktörüne de bağlı olarak en fazla etkilenen kısım olacaktır.

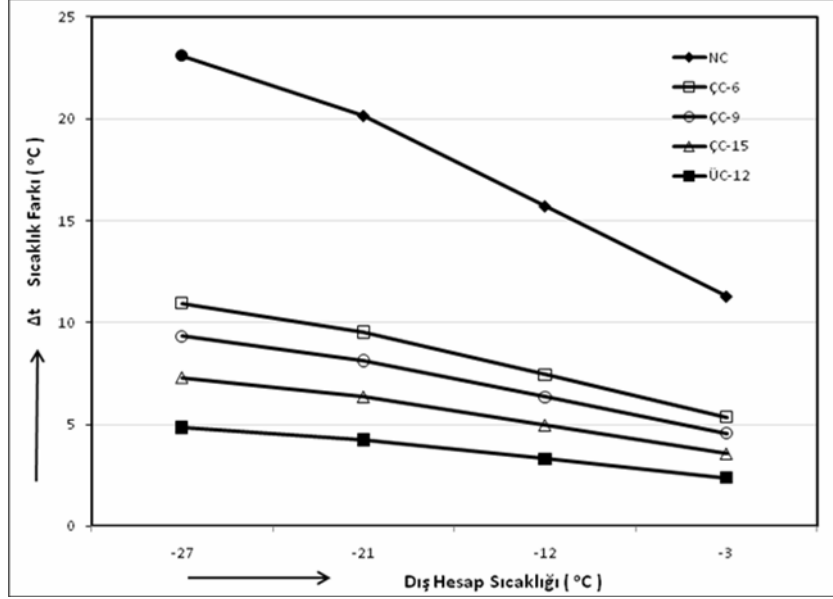
Kış aylarında özellikle düşük sıcaklığa sahip yüzeylere yakın bulunma ve sürekli buralarda kalma durumunda soğuk algınlığı ile karşı karşıya kalılabilmektedir. Yalıtılmamış bir binanın iç duvar yüzey sıcaklığı duvarda kullanılan malzemeye bağlı olmakla beraber ısıtma ve soğutma tesisatında tercih edilen sisteme de bağlıdır.

Cam ve daha önceki bölümde örnek alınan duvar için değişik dış hava sıcaklıklarında yalıtım kalınlığı ile iç ortam ve iç yüzey arasında oluşan sıcaklık farkı (4) ve (5) numaralı denklem kullanılarak aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanabilir [4, 6, 7, 9].

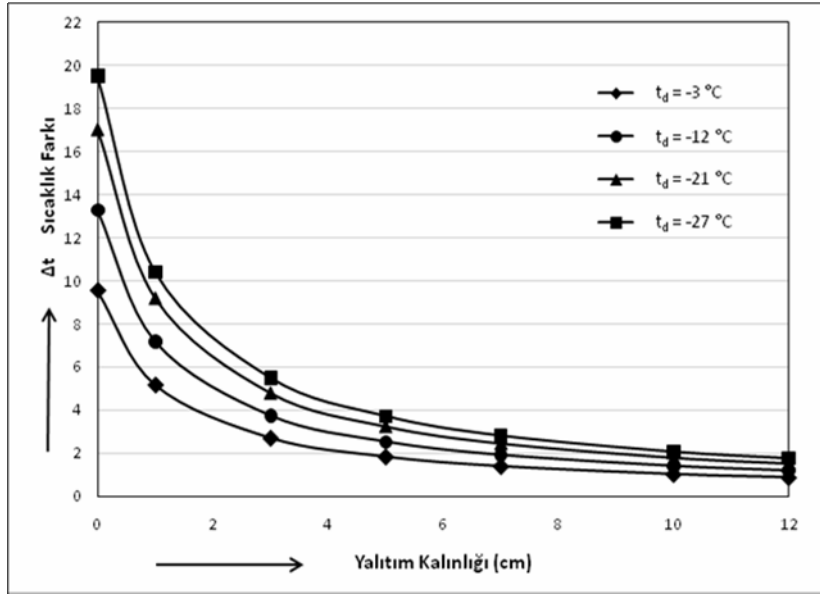
$$\Delta t = (t_i - t_{iy}) = \frac{q}{\alpha_i} \quad (7)$$

Konutlarda pencere iç yüzeylerinde ısı taşınım katsayısı $11,2 \text{ (W/m}^2\text{K)}$ alınmıştır [8].

Şekil 5'den görüldüğü gibi camlarda ısı direncin artması ile birlikte yüzey sıcaklık farkı da hızlı bir şekilde azalmaktadır. Klasik normal tek camda sıcaklık farkının diğer hava dolgu çift ve üçlü cama nazaran çok yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Belirtilen iklim bölgelerinde konfor bakımından normal tek camın kullanılmasının uygun olmadığı ve düşük sıcaklıklı iklim bölgelerinde ise hava boşluğunun yüksek olduğu çift cam ve iki hava boşluklu üçlü camın kullanılması gerektiği açıkça görülmektedir. Yine konfor için özellikle düşük dış hava sıcaklıklarında tabloda belirtilen camların bile yetersiz kaldığı ve daha ısı dirençli camların geliştirilmesi gerekliliği açıkça görülmektedir.

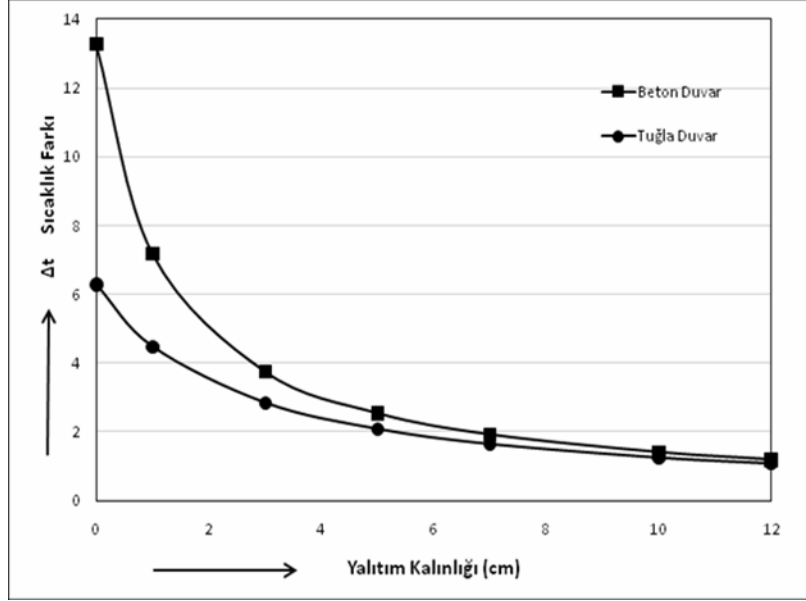


Şekil 5 Değişik Özelliklerdeki Camlar İçin İç Ortam (20 °C) ve Cam İç Yüzeyi Sıcaklıkları Farkının Dış Hesap Sıcaklığı ile Değişimi



Şekil 6. Değişik Dış Ortam Sıcaklıklarına Göre İç Ortam (20 °C) ve Beton Bulunan Duvar İçin İç Yüzey Sıcaklıkları Farkının Yalıtım Kalınlığı ile Değişimi

Şekil 6'dan görüldüğü gibi yalıtım kalınlığının artması sonucu iç ortam ile duvar yüzey sıcaklığı arasındaki fark azalmakta ve bu fark aynı yalıtım kalınlığında azalan dış sıcaklıkla artmaktadır. Bu sıcaklık farkı duvarlarda 1,5 °C'nin üzerine çıktığında iç ortamdaki konfor ortamı bozulmakta ve insanlarda üşüme hissi ciddi şekilde baş göstermektedir. Yine şekilden görüleceği gibi örnek duvar için -3 °C dış sıcaklıkta konfor bakımından yaklaşık 8 cm yalıtım kalınlığı yeterli olurken, -12 °C için 12 cm yalıtım kalınlığı gerekmektedir. Daha düşük dış hesap sıcaklıklarında ise 12 cm'den daha büyük yalıtım kalınlıklarının gerektiği Şekil 6'dan görülmektedir.



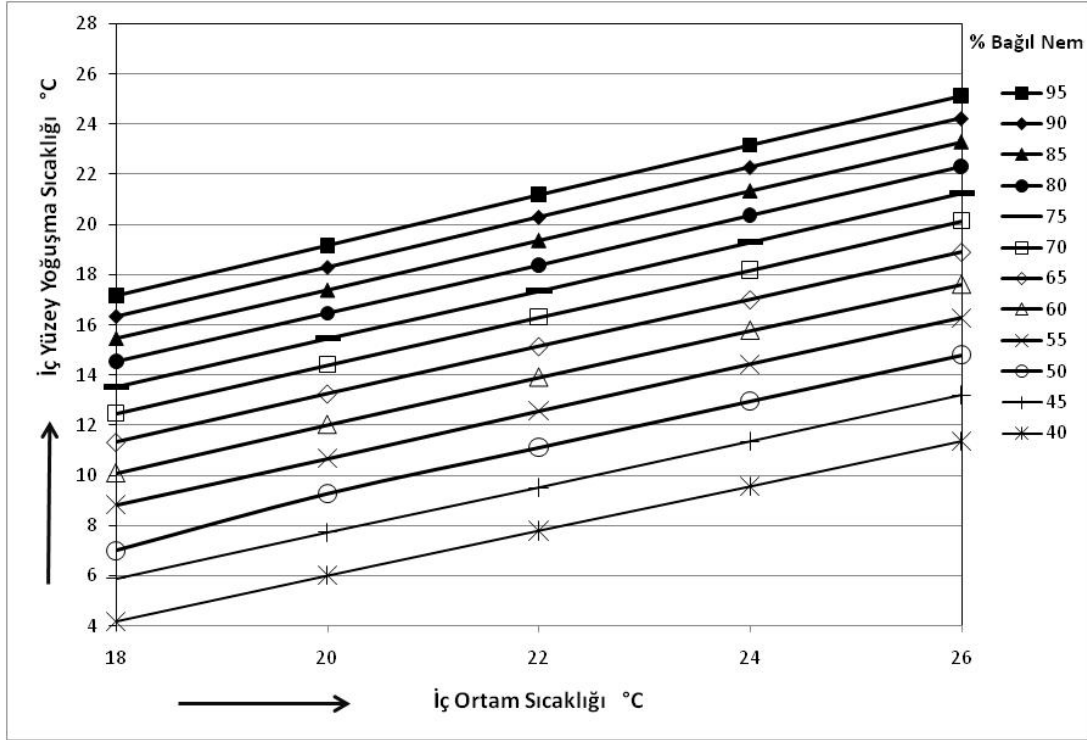
Şekil 7. Sıvalı Dış Cephe Isı Yalıtım Sistemli Beton Duvar ile Aynı Sistemde Beton Duvar Yerine 19 cm Delikli Tuğla Kullanılması Durumunda ve -12 °C Dış Hesap Sıcaklığında İç Ortam (20 °C) ile Dış Duvar İç Yüzey Sıcaklıkları Farkının Yalıtım Kalınlığı ile Değişiminin Karşılaştırılması

Şekil 7'den görüleceği gibi ısı karakteri farklı dış duvarların iç yüzeylerinde sıcaklıklar farklı değerler almakta ve direnci düşük olan yüzeylerde yoğuşma için uygun zeminler oluşmaktadır. Şu anda binalarda yeterli yalıtım bulunmadığında karşılaşılan en önemli problem budur. Dış hesap sıcaklığı -12 °C için sıvalı dış cephe ısı yalıtım sistemi bulunan betonlu duvar yüzeyleri ile tuğla duvarlı yüzeyler arasındaki sıcaklık farkı 7 °C civarında olup, sırasıyla 3 cm ve 10 cm yalıtımlı durumda bu fark 0,9 ve 0,13 °C'ye kadar azalmaktadır. Buradan da görüleceği gibi iki farklı malzeme kullanılan yüzeylerde uygun yalıtım kalınlıkları kullanılmazsa konfor açısından da sıkıntılar yaşanabileceği görülmektedir.

Yalıtılmamış binalarda (bu çalışmada incelenen durumlarda) kış için iç ortamda istenen konfor sıcaklığı ile o konfor ortamını çevreleyen iç yüzey sıcaklıkları arasında dış sıcaklığa ve şartlara bağlı olarak camlarda yaklaşık 23 °C'ye kadar ve beton dış duvarlarda da 19,5 °C'ye kadar sıcaklık farkı oluşabilmektedir. Yalıtılmış binalarda bu fark, yalıtım durumuna, dış ortam sıcaklığına, iç konfor sıcaklığına bağlı olarak değişmekle beraber yalıtımsız duvarlara göre önemli ölçüde azaltılabilmekte ve beton bulunan dış duvarlarda yaklaşık 0,85 °C sıcaklığına kadar düşürülebilmektedir. Camlarda ise (örnek alınan cam tipleri için) bu sıcaklık farkı 2,5 °C'ye kadar azaltılabilmektedir. Sıcaklık farkının azaltılması ile iç ortamdaki konfor beklentisinde olanların üşüme ve sıcaktan bunalma hissini ortadan kaldırmakta, vücut bu etki için ilave savunma mekanizması oluşturmamaktadır.

2.3. Yalıtım Yardımıyla İç Ortamdaki Yoğuşmanın Önlenmesi

Isıl direnci yüksek camların ve duvarlarda yalıtımın kullanılması sonucu binalarda konforu etkileyen diğer bir problem olan terleme veya yoğuşma problemi de önemli ölçüde önlenmektedir. Yalıtım iç yüzeylerdeki sıcaklıkları yükselttiği için havanın bağıl nemine bağlı olan çiy noktası sıcaklıklarının üzerine kolaylıkla çıkılabilmektedir. Seçilen camların ve kullanılan yalıtımın değişik iç ortam sıcaklıkları ve bağıl nem durumları için yeterli olup olmadıkları aşağıda belirtilen diyagram yardımıyla belirlenebilir.



Şekil 8: Değişik İç Ortam Bağıl Nem Değerlerinde İç Yüzey Yoğuşma Sıcaklığının İç Ortam Sıcaklığı ile Değişimi

Şekil 8'den görüldüğü gibi düşük bağıl nemlerde ve düşük ortam sıcaklıklarında terleme sıcaklığı düşük değerde kalmaktadır. Fakat yüksek bağıl nem ve ortam sıcaklıklarında terleme sıcaklığı yükselmektedir. Örneğin 20 °C ve % 40 bağıl nemde çığ noktası sıcaklığı yaklaşık 6 °C iken bağıl nem aynı sıcaklıkta % 80 olduğunda çığ noktası sıcaklığı 16,5 °C olmaktadır. Bu diyagram yardımıyla ilgili yüzeylerde yoğuşma olup olmadığı sadece iç ortam sıcaklığı ve iç ortam bağıl nemine bağlı olarak kontrol edilebilir.

Seçilen cam tipleri ve örnek duvarda yoğuşma kontrolü için Şekil 5 ve Şekil 6'nın Şekil 8 ile birlikte kullanılması gerekmektedir. Şekil 5 ve 6'dan ilgili dış şartlara göre cam tipi ve duvar yalıtım kalınlığına bağlı olarak elde edilen iç ortam ile iç yüzey sıcaklık farkı belirlendikten sonra iç ortam sıcaklığından (20 °C) çıkartılarak iç (cam veya duvar) yüzey sıcaklığı elde edilir. Şekil 8'deki iç ortam sıcaklık ve bağıl nemine karşılık gelen yoğuşma sıcaklığından elde edilen iç yüzey sıcaklığı yüksekse terleme olmayacağını söyleyebiliriz.

Yalıtımda kullanım yerlerine uygun çok çeşitli yalıtım malzemeleri bulunmaktadır [10-12]. Yalıtım malzemelerinden beklenen en önemli özellikler düşük ısı iletim katsayısına sahip olması, boyutsal kararlılık göstermesi, yanıcılık sınıfı ve yangın güvenliği, ses sönümlenme kabiliyeti ve yatırımının ekonomik olması şeklinde sıralanabilir. Yalıtımla beraber ısı köprülerinin de gözden geçirilmesi ve yalıtım anlamında gerekli tedbirlerin kesintisiz olarak iyi alınması gerektiği unutulmamalıdır.

3. Binalarda Yalıtıma İlave Olarak Enerji Verimliliğini Artıracak Diğer Tedbirler

Binalarda ısı konforu temin etmenin en önemli şartlarından ve enerji tasarrufunun ilk adımı olan uygun ısı yalıtımından sonra ikinci aşama ise sistem seçimidir. Yani konfor şartları belirlenmiş konfor ortamı için tespit edilen yüklerin karşılanması için enerji tasarrufu tedbirlerini de içeren sistemlerin seçilmesi ve uygulamalarının yapılmasıdır. Sistem seçimlerinde uygunluk aranabilir ve sınırlar bizi zorlayabilir

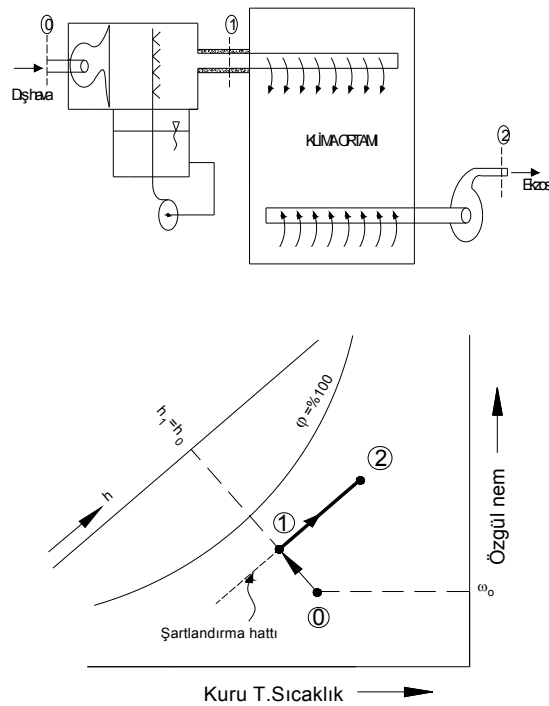
veya özel tercihler yapılabilir fakat enerji tasarrufu uygulamaları hemen hemen tüm sistemlere uygulanabilir.

Özellikle yalıtılmış konutlarda düşük sıcaklıkta ısıtma ve yüksek sıcaklıkta soğutma uygulamaları gibi verimli sistemlerin kullanımının önü açılabilir ve yakıtların üst ısı değerlerinden de faydalanma imkânı doğmaktadır. Bununla birlikte zaten yükleri azaltılmış yada sınırlandırılmış ısı konforlu mekanların enerji kullanım verimlerini yükseltmek için; potansiyeli bulunan yerlerde doğal soğutma uygulamasını, buharlaştırıcı soğutma yöntemini kullanmak, bunun dışında kalan yükler için varsa yine güneş, jeotermal ve rüzgar enerjisi gibi alternatif kaynakları kullanmak, doğada mevcut düşük sıcaklıktaki ısı kaynaklarından faydalanmak için su, toprak ve hava kaynaklı ısı pompaları kullanmak en önde gelen tedbirlerdir. Bunların dışında da, uygun olan sistemlerde plakalı, dönel tamburlu, ısı borulu ve ısı pompalı enerji geri kazanım sistemlerini ayrıca soğuk ve sıcak giriş (chilled beam) uygulamasını iklimlendirme sistemlerine dahil ederek önemli miktarlarda enerji tasarrufu sağlamak mümkün olabilmektedir.

3.1 Doğal Soğutma ve Buharlaştırıcı Soğutmayı Kullanmak

Yazın gündüz ve gece sıcaklık farkından dolayı binayı gün başlamadan ve sabahın erken saatlerinde dışarıdaki serin havayı kullanarak havalandırarak hem bina için taze hava hemde belirli miktarda ön soğutma yapılabilir. Diğer taraftan soğutma kulesinde gece serinleyen suyun yardımıyla içeri alınacak havanın ön soğutulmasında kullanma potansiyelinden faydalanılarak enerji tasarrufu sağlanabilir [2].

Özellikle kuru ve yüksek sıcaklıklı iklim bölgelerinde; hava içerisine su püskürtülerek havanın nemlendirmesi ve soğutulması sağlanabilmektedir. Buharlaştırıcı soğutma olarak adlandırılan bu sistemlerde bazı durumlarda sistemin soğutma yükünün tamamı karşılanabilmektedir. Soğutma yükünün tamamı karşılanamazsa bile kalan kısmı klasik yöntemlerle karşılandığında, santralin yükünü azaltacağı için bu tür özel iklim bölgeleri için önemli enerji tasarrufu sağlayabilen bir sistemdir. Buharlaştırıcı soğutma sisteminin çalışma prensibi ve psikrometrik diyagramda açıklaması Şekil 9'da verilmiştir[2]



Şekil 9. Buharlaştırıcı Soğutma Sisteminin Proses Şeması ve Psikrometrik Diyagramda Gösterimi

Ülkemizde buharlaştırılmalı soğutma sistemleri için Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu bölgeleri daha uygun bölgelerdir.

3.2 Atık Enerjilerden, Alternatif Enerji Kaynaklarından Doğada Bulunan Düşük Sıcaklıklı Isı Kaynaklarından Faydalanmak

İklim bölgesi uygun olan ve alternatif enerji kaynakları kullanım potansiyeli yüksek olan bölgelerde ısıtma ve soğutma sistemleri için enerji kaynağı olarak kullanılabilirler. Güneş enerjisi ısıtma sistemleri için termal enerji sağlayabildiği gibi güneş pilleri yardımıyla elektrik enerji desteği de sağlayabilmektedir. Ayrıca absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin kullanımını sağlamaktadır. Ülkemizde güneş enerjisi potansiyeli fazla olmasıyla beraber özellikle Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri için bu potansiyel fazlasıyla mevcuttur.

Kütahya, İzmir ve Denizli illerimiz ise jeotermal açısından büyük potansiyellere sahip illerimizin başında gelmektedirler. Ayrıca rüzgâr enerjisi potansiyeli bulunan bölgelerde de üretilen elektrik enerjisi hem soğutma sistemlerinde hem de mekanik tesisatın elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamada rahatlıkla kullanılabilir. Isıtma ve soğutma yapılacak tesislerin etrafında atık buhar veya değişik akışkanlarla atık ısı atan tesisler varsa (fabrika vb.) bu atık ısı kaynakları değerlendirilerek ısıtılacak ve soğutulacak tesisin enerji işletme maliyetleri önemli ölçüde azaltılabilir.

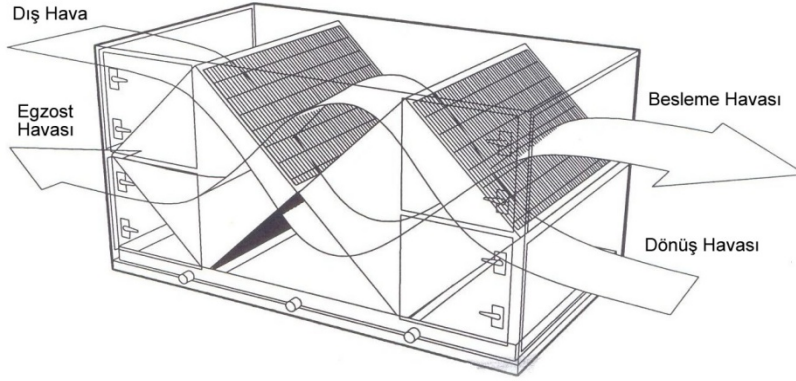
Isıtma tesir katsayıları yüksek, su, toprak ve hava kaynaklı ısı pompaları kullanarak çevrede bu kaynaklarda bulunan enerjiler kazanılarak tesisin enerji verimliliği iyileştirilebilir. Isı pompası yükün tamamını karşılayamıyorsa kalan kısmı yedek sistemler tarafından karşılanabilir.

3.3 Enerji Geri Kazanma Yöntemlerini Kullanmak

Yazın ve kışın dışarı egzost edilen havanın enerjisini geri kazanarak sistem için tüketilen enerjinin azaltılması amaçlanır. Enerji geri kazanma yöntemleri, sistem ve egzost gazlarının içeriği uygunsa egzost havasının belirli bir miktarının veya taze hava ihtiyacının dışında kalan kısmının resirkülasyonunu, dışarı egzost edilen diğer kısmı içinde su dolaşım, plakalı, dönel, ısı borulu ve ısı pompalı sistemlerin kullanılması ayrıca son yıllarda gündeme gelen soğuk kirli uygulamalarını kapsar.

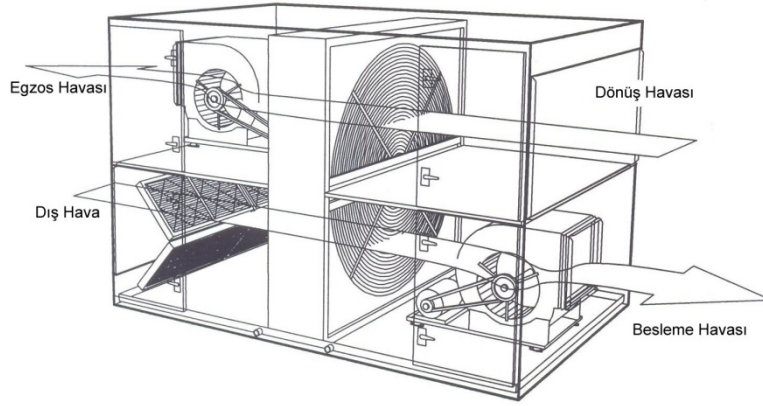
Su sirkülasyonlu sistemde enerji verecek sistem ile enerji geri kazanacak sistem içerisine yerleştirilen iki ısı değiştirgeci arasına pompalı su sirkülasyonu sağlayacak bir devre kurulur. Bu yöntem daha çok iki sistem arasında sıcaklık farkı oldukça yüksek olan sistemlerde kullanılır. Enerji veren ve kazanan sistem gaz ortamsa ısı değiştirgeçleri kanatlı boru şeklindedir. Özellikle egzost havasının taze havaya karışması istenmeyen uygulamalar için uygundur.

Plakalı ısı değiştirgeci de bir dizi ondüle plakadan oluşan, plakaların bir tarafından enerji veren diğer tarafında da enerji kazanan akışkan akıtılarak enerji geri kazanan sistemdir. Plakalı enerji geri kazanım sistemlerinde de egzost havasının karışmasını istemediğimiz sistemlerde tercih edilen sistemlerden olup plakaları selüloz esaslı malzemelerden kullanıldığında nem geçişi de yapabilmektedir. Bu sayede atmosfere atılan su buharı da ihtiyaç halinde geri kazanılabilmektedir. Selüloz plakalı enerji geri kazanma cihazı hastane klimalarında kullanılmamalıdır. Plakalı ısı değiştirgeçleri kademeli kullanılarak enerji geri kazanma verimlilikleri daha da yükseltilebilmektedir. Şekil 10'da iki kademeli plakalı enerji geri kazanım cihazı görülmektedir. Plakalı ısı değiştirgeçlerin işletilmesinde plaka araları mesafe, plaka geometrisi ve plaka boyu ve akış hızına bağlı olarak her iki tarafta basınç kaybı oluşmaktadır [13].



Şekil 10: İki Kademeli Plakalı Enerji Geri Kazanım Cihazı

Dönel ısı değiştirgecinin çalışma prensibi Őekil 11’de verilmiştir. Belirli bir çapta ve boyda ve aralıklı yerleştirilmiş plakalardan oluşan dönel enerji geri kazanma cihazı enerji kazanılacak ve enerji verecek hatta uygun bir Őekilde bağlantısı kurularak ve dūřuk bir hızda dönerken örneğin sıcak egzost gazlarının bulunduğu hattan geerirken plakaları arasında enerjiyi depolayarak bu enerjiyi diğer hattın soğuk gazlarına aktarabilmektedir. Bu cihazda da selūloz esaslı plakalar kullanılarak, nem geçişi de sağlanabilmektedir. Dönel tip enerji geri kazanım cihazlarında egzost havasının taze havaya karışması söz konusu olduğu için iç hava resirkülasyonu istenmeyen (hastane kliması gibi) sistemlerinde kullanılmamalıdır. Bu tip cihazlarda akış hatlarında oluşan basınç kayıpları işletme maliyeti oluştururken tamburun döndürölmesi için gerekli enerji de ilave bir maliyet getirmektedir [13].



Şekil 11: Dönel Tip Enerji Geri Kazanım Cihazı ve Sisteme Yerleşim Durumu

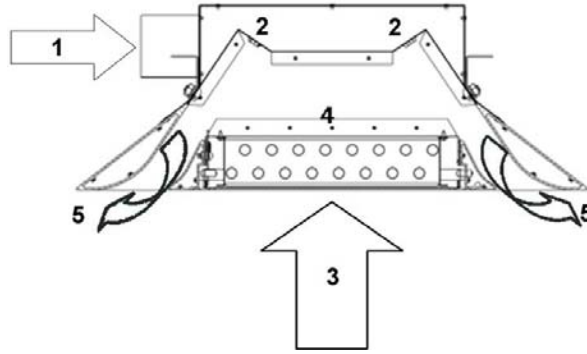
Isı borusu; bir ucunda buharlaşma işlemi orta kısmında geçiş bölgesi ve diğer ucunda yoğuşma işlemi gerçekleştirecek Şekilde tasarlanan ve bir ucundan diğer ucuna hızlı bir Şekilde enerji aktaran kapalı bir boru sistemi Şeklinde tanımlanabilir. Bu ısı borularından ihtiyaca göre bir demet oluşturularak, örneğin sıcak egzost hattına boruların buharlaşma kısımları ve taze hava hattına da yoğuşma uçlarını yerleştirerek, enerji geri kazanımı sağlayan bir sistem oluşturulabilir. Isı borusu enerji geri kazanımı sistemleri de iç hava resirkülasyonu istenmeyen sistemler için kullanılabilir bir sistemdir.

Isı pompası; soğutma çevriminin prensibine göre çalışan bir çevrimde kondenserin ısısından faydalanmayı sağlayan bir sistem olup, dūřuk sıcaklıktaki egzost ısılarının yüksek ısıtma tesir katsayılarında yüksek sıcaklıkta kullanılabilir ısıya dönüştürerek ısı geri kazanımı sağlayan cihazlardır.

Isı pompası sistemi, ısı geri kazanımını sağlarken kompresöründe elektrik enerjisi tüketir. Isıtma tesir katsayısı düşük olanların işletme maliyetleri yükselir.

Tüm enerji geri kazanma sistemlerinin yaptıkları geri kazanım sonucu önemli miktarlarda enerji tasarruf yapmaları söz konusu olabilir. Bununla birlikte kurulmuş tesislerde bu sistemleri ilave etmek yüksek ilave yatırım maliyetleri ve işletme maliyetleri getirebilir. Yeni kurulacak santral ve sistemlerde bu tür enerji geri kazanım sistemlerini birlikte tasarlamak ve sisteme dahil etmek hem yatırım hem de işletme maliyetlerini kabul edilebilir bir seviyeye çekebilir.

Soğuk kiriş (chilled beam) olarak adlandırılan sistem son yıllarda kullanımı yaygınlaşan bir sistem olup, çok odalı klima sistemlerinde veya santralden çok uzak ortamlar için resirküle edilecek havanın santrale kadar taşınmasını ve santralden tekrar ortama kanallarla iletilmesini önleyen bir sistemdir. Şekil 12'de Soğuk kirişin prensip seması verilmiştir.



Şekil 12: Soğuk Kiriş Uygulamasının Prensip Şeması (1:Taze hava girişi, 2:Taze hava nozulları, 3:Sisteme alınan iç hava, 4:Isıtıcı veya soğutucu, 5:Karışım havası)

Soğuk kiriş (chilled beam) olarak adlandırılan sistem son yıllarda kullanımı yaygınlaşan bir sistem olup, çok odalı klima sistemlerinde veya santralden çok uzak ortamlar için resirküle edilecek havanın santrale kadar taşınmasını ve santralden tekrar ortama kanallarla iletilmesini önleyen bir sistemdir. Şekil 12'de Soğuk kirişin prensip seması verilmiştir. Sadece ortamda ihtiyaç duyulan taze havayı ortamın üzerindeki cihaza taşıyan ve ortamdaki havayı ısıtıcı veya soğutucu bataryada istediği şartlara getirdikten sonra dış havayla karışımını sağlayarak sonra ortama gönderen bir sistemdir. Bu sistem sayesinde dağıtma ile toplama kanalı hava debileri ve boyutları oldukça azaltılabilmekte ve bu sayede kanal yatırım maliyetleri ile kanal işletme maliyetleri oldukça azaltılabilmektedir [14].

SONUÇ

Bir binanın kış çalışma şartlarında (-12 °C dış hava sıcaklığı için) dış duvarında 3 cm mineral yünle yalıtılmış örnek duvarda 30,66 (W/m²) ve ÇC-9 cam tipi kullanılması durumu için 73,6 (W/m²) ısı kaybı olması durumunda enerji tüketimi örnek olarak 100 kW esas alınsın. Bunun yarısı binanın dış yüzeylerinden ısı kaybından kaynaklandığı diğer kalanının da diğer yüklerden kaynaklandığı (taze hava ihtiyacı vb) varsayılınsın. Binanın dış duvar yalıtımını 10 cm'e çıkarılması ve kullanılan cam tipinin de ÜC-12 olarak kullanılması durumunda ısı kayıplar sırasıyla 11,5 ve 38,4 (W/m²) değerlerine düşürülebilmektedir. Dış cephenin % 25'i pencere varsayılırsa dış cepheden kaybolan ısı miktarı %56 azaltılabilecektir. Böylece iletimden olan ısı kaybı binanın tavan ve tabanda da ısı yalıtımı anlamında aynı yaklaşımın yapıldığı varsayılırsa 50 kW'dan 22,15 kW'a düşecektir. Enerji tüketen binanın dış havadan gelen 50 kW yükünün % 50'sini plakalı enerji geri kazanma cihazı ile geri kazanıldığı göz önünde bulundurulursa binanın toplam enerji ihtiyacı (22,15 +25=) 47,15 kW değerine kadar azaltılabilecektir. Bu enerji ihtiyacının da % 30'u alternatif enerji kaynaklarından karşılanırsa binanın enerji gereksinimi 33 kW değerine kadar azaltılabilecektir. Aynı örnekte daha yüksek yalıtım kalınlıkları, daha etkin enerji geri kazanma sistemleri ve daha fazla alternatif enerji kaynakları kullanıma imkanları

yaratıldığında sifıra yakın fosil kaynaklı yakıt tüketen binalar üretilebilecektir. Bunun yolunu da yalıtımın açtığı unutulmamalıdır.

Yalıtılmış binalarda daha az enerji tüketimi ile çevreye duyarlı, konforlu ve sağlıklı mekânların oluşturulması çok kolaylaşmaktadır. Yalıtım aynı anda enerji tasarrufu ve konforu sağlayabilmekte ayrıca yoğunlaşmayı önleyebilmektedir. Konutlarda enerji tasarruflu konforu yakalamanın yolu konutların yalıtımından geçmektedir. Konutlarda enerji verimliliğinin birinci basamağı olan pencere, duvar ve diğer yüzeylerin yalıtımından sonra adeta diğer enerji verimliliği artırıcı önlemlerin yolu açılmakta, erişilebilirliği artmaktadır. Düşük sıcaklıklı ısıtma ve yüksek sıcaklıklı soğutma sistemlerinin kullanımı, alternatif enerji kaynaklarının kullanımı, ısı pompası uygulamaları, yöresel özellikli enerji tasarrufu sağlayan sistemler ve etkin enerji geri kazanımı sistemleri uygulamaları hayata rahatlıkla geçirilebilmektedir. Tüm bu sistemler seçilirken ve uygulanırken ekonomik değerlendirmeler sonucu karar verilmelidir. Isıtma ve soğutma tesislerinde Ülkemizde enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasının yolu bu tedbirleri uygulamak ve bu tedbirler için gerekli teşvikleri sağlamaktan geçmektedir. Mevcut konutlarda yapılan yalıtımın enerji tasarrufu ve konfor anlamında yeterli olup olmadığı ve daha üst kalınlıklara yalıtımın da projelerde kesinlikle sorgulanması gerektiği açıkça ifade edilebilir. Yeni yapılan konutlarda TS 825 standardına göre yalıtım yapılması zorunlu olduğu ve enerji verimliliği yasası çerçevesinde belirtilen önlemlerle enerjyiyi etkin kullanan binalar oluşturulmasında büyük sıkıntılar bulunmadığı söylenebilir. Ayrıca BEP (Binalarda Enerji Performans Yönetmeliği)'de daha yüksek enerji performanslı binalar için TS 825 yalıtım standardında belirtilen yalıtım kalınlıklarının üstünde yalıtım kalınlığının tercih edilmesini, enerji geri kazanım sistemlerinin ve alternatif enerji kullanımlarını desteklemektedir. Bunlara rağmen halen ülkemizde yalıtılmamış durumda ve enerji verimliliği konusunda oldukça yetersiz olan eski konutlar (toplam konut sayısının % 88'i), eski resmi ve özel binaların yalıtımı ve diğer enerji verimliliği artırıcı önlemler için gerekli adımların hızlı bir şekilde atılması zorunludur.

5. KAYNAKLAR

- [1] Kalorifer Tesisatı, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, yayın no: mmo/2004/352/2.
- [2] McQuiston, F., C., Parker, J., D, Spitler, J., D., Heating, Ventilating and Air Conditioning (Analysis and Design), Fifth edition, John Wiley & Sons, Inc. 2000.
- [3] International Energy Agency Key World Energy Statistics Report, 2010.
- [4] TS 2164, Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları, 11.10.1983.
- [5] TS 2164 /IT2, Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kuralları (düzetme), 11.05.2002.
- [6] Dağsöz, A., K., Yapılarda Isı Yalıtımı ve Buhar Geçişi, Alp Teknik Kitapları, 1991.
- [7] TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, 2008.
- [8] Kalorifer Tesisatı Proje Hazırlama Esasları, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, yayın no: mmo/2002/259–2, Nisan 2002.
- [9] TS EN ISO 12241, Bina Donanımları ve Endüstriyel Tesisatlar İçin Isıl Yalıtımı – Hesaplama Kuralları, Nisan 2009.
- [10] TS 7316 EN 13163/AC Isı Yalıtım Mamulleri –Binalar için- Fabrikasyon olarak imal edilen – Genleştirilmiş Polistiren Özellikleri, 2009.
- [11] TS 11989 EN 13164/AC Isı Yalıtım Mamulleri –Binalar için- Fabrikasyon olarak imal edilen – Polistiren Köpük (XPS) Özellikleri, 2009.
- [12] TS 901–1 EN13162 Isı Yalıtım Mamulleri –Binalarda kullanılan- Fabrika yapımı mineral yün (MW) mamuller- Özellikleri, 2005.
- [13] http://www.xetexinc.com/energy_recovery/products/hx_info.htm
- [14] www.activechilledbeam.com/images/active_chilled_beam_diagram.gif&imgrefurl

ÖZGEÇMİŞ

İlhan Tekin ÖZTÜRK

Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'den 1985 yılında mezun oldu. Yine aynı üniversitenin fen bilimleri enstitüsünde 1987 yılında yüksek lisansını tamamladı. 1993 yılında Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü makina mühendisliği (ısı proses) anabilim dalından doktora derecesini aldı.1998 yılında makina mühendisliği termodinamik anabilim dalından doçent ve 2004 yılında yine aynı anabilim dalından profesör unvanını aldı. 1987–1992 tarihleri arasında YTÜ Kocaeli Mühendislik Fakültesi makine mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak görev yaptı.1993 tarihinden itibaren Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi makine mühendisliği bölümü termodinamik ve ısı tekniği anabilim dalında öğretim üyesi olarak görevine devam etmektedir. Evli ve bir çocuk babası olan ÖZTÜRK'ün uzmanlık alanları; Termodinamik, ekserji analizi, termoekonomik optimizasyon, enerji yönetimi, bölgesel ısıtma, iklimlendirme, soğutma ve yalıtım olarak sıralanabilir. TMMOB Makine Mühendisleri Odası ve Türk Tesisat Mühendisleri Derneği üyesidir.