

FARKLI CAM TÜRLERİNİN PERFORMANS KRİTERLERİNİN İNCELENMESİ

*Filiz ŞENKAL SEZER**

Özet: İnsanların yaşadıkları mekanlarda sağlıklı ve üretken olmaları, o mekanın ısı konfor şartları ile yakından ilişkilidir. Bunun yolu da doğru bir ısı yalıtımından geçmektedir. Binalarda ısı konforun sağlanmasında pencere alanlarında kullanılan cam türlerinin büyük ölçüde etkisi bulunmaktadır. Doğru bir cam seçimi ile istenen her türlü konfor koşulunu yerine getirmek mümkün olabilmektedir. Bu çalışmanın amacı, optimal konfor koşullarının sağlanması için; çeşitli cam ünitelerinin güneş kontrolü, ışık geçirgenliği, renk ve ışık yansımalarına ilişkin performans kriterlerinin incelenmesi ve değerlendirilmesidir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Kontrolü, Işık Geçirgenliği, Işık Yansımaları, Isı Geçirgenlik.

An Analysis of Performance Criteria in Various Glass Types

Abstract: Being productive and healthy in spaces where people live is related with thermal comfort conditions closely. The way to accomplish this is using correct thermal insulation. Using different glass types in Windows influences supply of thermal comfort in buildings. Each of the comfort conditions could be possible by choosing the appropriate glass types. This research aims to investigate and evaluate the performance criteria of various glass types related to solar control, daylight transmittance, daylight reflectance for providing optimal comfort conditions.

Key Words: Solar Control, Daylight Transmittance, Daylight Reflectance, Thermal Conductivity.

1. GİRİŞ

Mimarinin değişim süreci içinde günümüz mimarlığına gelinceye kadar bu gelişim ve değişimden en çok etkilenen öğelerden biri de yapıların dış cepheleri olmuştur. Le Corbusier mimarlığın tarihi için; “bu pencerenin mücadelesinin öyküsüdür” diye bir tanımlama yapmıştır. Endüstri Devrimi ile ortaya çıkan üretim ve mühendislik alanlarındaki buluşlar sayesinde gelişen yapı sistemleri sonucu, bina cephelerinde daha özgür pencere boşluklarının açılmasına olanak sağlanmış, böylece pencerelerden beklenen işlevler de boyut değiştirmiş, bilinen en eski malzemelerden biri olan cam, uzun bir gelişim süreci sonunda günümüz mimarlığındaki yerini almıştır. Yirminci yüzyılın ilk yarısından itibaren sadece pencerelerde kullanılmayıp, modern bir yapı malzemesi olarak cephenin tamamına taşınan cam malzeme, yapıdaki önemi her geçen gün artan vazgeçilmez bir yapı malzemesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Cam malzemenin yapı kabuğunda kullanılmaya başlanması ile birlikte, bu tür yapılarda kullanılan camlardaki beklentiler, klasik pencere camlarından beklenen performansı aşmaktadır. Bu camların; güneşin parlaklığı, güneşin radyasyon ısısı, genel ısı farklılaşması, dış ortam gürültüsü, cam mukavemeti gibi pek çok etkenin kontrolüne yanıt verebilecek nitelikte olmaları gerekmektedir.

İnsanoğlu fiziksel olarak gün ışığına ihtiyaç duymakla birlikte, ruh sağlığı açısından da aydınlığa, tabiata yakın olmaya ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle, gereken gün ışığı sağlanırken aynı zamanda istenmeyen etkenlerden korunmak cam yapı kabuğunun başlıca amacı olmalıdır. Güneşin insanlar üzerinde fizyolojik ve psikolojik açılardan olumlu yönde etkili olduğu kabul edilen bir gerçektir. Ancak yapı içine doğrudan giren güneş ışınlarının olumsuz etkilerinin önlenmesi için güneş ışınlarının mutlaka denetlenmesi gerekmektedir. Güneş ışığının denetlenmesi, iklimsel konforun yanı sıra, görsel konforun sağlanmasında da etkili olmaktadır. Bu çalışmada; farklı cam türlerinin güneş kontrolü, ışık geçirgenliği, renk ve ışık yansımalarına ilişkin performans kriterlerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

* Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Görükle, Bursa.

2. PERFORMANS KRİTERLERİNİN İNCELENMESİ

Yeterli aydınlık düzeyini sağlarken, aynı zamanda kamaşmanın oluşmasını engellemek ve dış mekânla yeterli derecede görsel ilişkinin kurulmasını sağlamak, bir binanın pencerelerinden beklenen en temel özelliklerdir. Cam malzeme ikincil işlemler sayesinde, çevre kontrolü açısından diğer cephe malzemeleriyle rahatça boy ölçüşebilecek duruma gelmiştir. Türkiye, hem yaz hem de kış koşullarını yaşayan bir iklim kuşağında olduğu için, aynı zamanda ısıtma ve soğutma giderlerini azaltan cam çözümlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

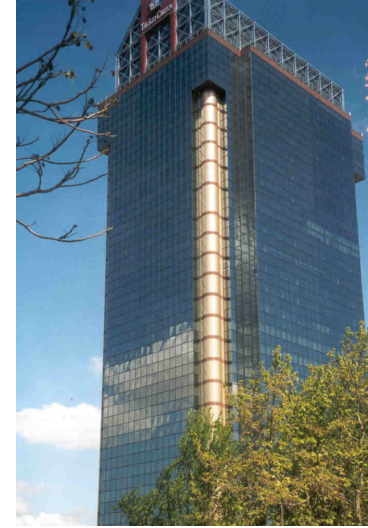
Çalışmanın 2. Bölümü'nde; cam seçiminde en etkin parametrelerin başında gelen; güneş kontrolü, ışık geçirgenliği, renk ve ışık yansımalarına ilişkin performans kriterleri incelenmektedir. İnceleme sırasında dikkate alınan cam türleri; hava tabakalı camlar, güneş kontrol camları (reflektif) ve iklim kontrol camları (Low-e kaplamalı camlar)'dır. Hava tabakalı cam üniteleri; iki ya da daha fazla sayıdaki camın bir arada kullanılmasıyla elde edilmektedir. Bu tür camların ısıl özellikleri camlar arasındaki boşluğa ve çerçeve özelliklerine bağlı olmaktadır [1] (Resim 1.a). Güneş kontrol camları (reflektif camlar); güneş ışınlarının aşırı parlaklığını ve radyasyon ısısını denetlemektedirler. Işığın kuvvetli olduğu taraftan diğer tarafın görünmesini engelleyen, arka plandaki yapı unsurlarını gizleyerek cephede bütünlük sağlayan ve yapılarca renk veren çevre kontrol camları olarak tanımlanmaktadır [2] (Resim 1.b). Camların optik özelliklerini fazla değiştirmedikleri halde; uzun dalga radyasyon enerjisini yansıtarak, ısı geçirgenlik katsayılarında iyileştirme sağlayan kaplama türüne; Low-e Kaplama (Low Emmissivity) adı verilmektedir. Bu tür camlar iklim kontrol camı olarak da adlandırılmakta; güneş kontrol camlarının tam tersine, güneş ışınlarını dışa yansıtarak, pasif solar kazançları azaltmaktadır. Birlikte kullanıldıklarında, güneş kontrol kaplamalarının etkinliğine artı değer katmaktadır (Resim 1.c). Çalışmada elde edilen grafikler, bu cam türlerinin performans özellikleri dikkate alınarak ortaya çıkmıştır.



a) Hava tabakalı cam (çiftcam)



b) Reflekte cam (güneş kontrol)



c) Low-e kaplamalı cam

*Resim 1.
Yapıda kullanılan farklı cam türleri*

2.1. Cam Malzemede Güneş Kontrolü

Güneş kontrolü, yapı kabuğunda kullanılan cam malzeme için geçerli olan bir seçim kriteri olmaktadır. Cam cephelerde, gün ışığı iç konfor, standardını istenilen düzeyde tutabilmek için, aşırı parlaklığın kontrol altına alınması ve iklimlendirme giderlerinden tasarruf sağlanması amacıyla güneş ışınımının istenilen performans doğrultusunda denetlenebilir olması gerekmektedir. Binalarda kullanılan jaluzi, stor ya da perdeler; güneş ısısını kesmemekte, sadece güneş ışığını azaltmaktadır. Güneş ışınım şiddetinin yüksek olduğu aylarda ve bölgelerde, güneş enerjisinin iç ortama iletimini mümkün olduğunca azaltarak, iç ortamda aşırı ısınma olmasından kaçınmak gerekmektedir. Camlardaki güneş kontrol etkinliği; güneş ışınlarının 30° eğimle geldiği kabul edilerek bulunan; “Toplam Güneş Radyasyon Isısı Geçirgenliği” (solar faktör) ile ölçülmektedir. Toplam güneş enerjisinin içeriye etkileyen yüzdesini ifade eden bu değer ne kadar düşükse, camın o oranda iyi bir güneş kontrol camı olduğu anlaşılmaktadır. Camın güneş kontrol performansının 3 mm renksiz camla karşılaştırılması sonucu elde edilen “Gölgeleme Katsayısı” değeri ne kadar düşükse,

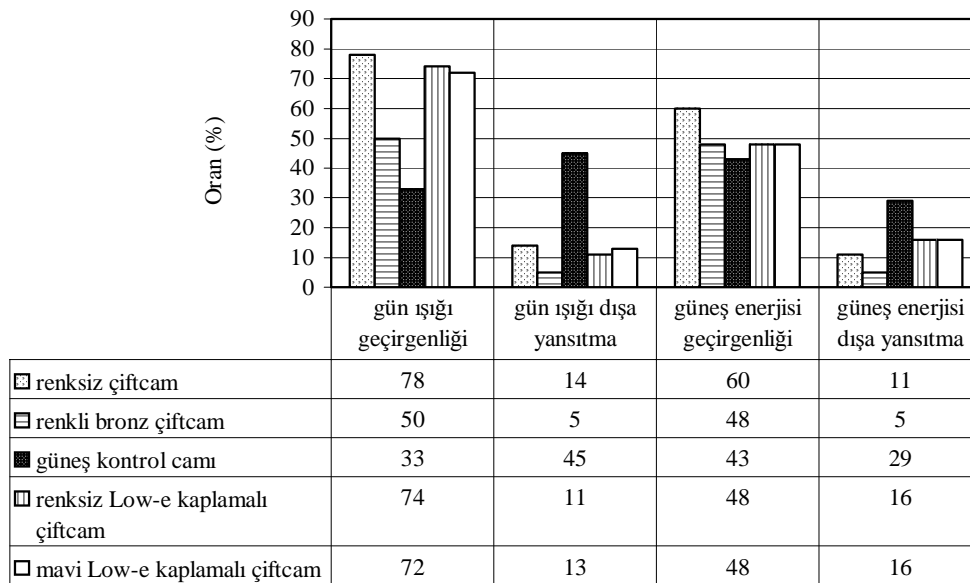
mekanda daha verimli ve daha rahat bir yaşama ortamı ve daha düşük soğutma giderlerinden söz edilecektir[3].

Gün ışığı geçirgenliği; cam yüzeyine 90° dik açı ile geldiği kabul edilen toplam ışığın, cam veya kombinasyonları tarafından içe geçirilen yüzdesi olarak tanımlanmaktadır. Gün ışığı yansıtması; cam yüzeyine 90° dik açı ile geldiği kabul edilen toplam ışığın cam veya cam kombinasyonları tarafından geriye yansıtılan bölümü olmaktadır. Cam yüzeyine ulaşan toplam enerjinin bir bölümü hemen dışarı yansıtılırken, bir bölümü doğrudan içeriye girmekte ve bir bölümü de cam tarafından soğurulmaktadır. Güneş enerjisi toplam geçirgenlik değeri; cam yüzeyine etkiyen toplam güneş enerjisinin içeriye ısı olarak giren yüzdesini ifade etmektedir [4]. Güneş enerjisi aktarımı azaldıkça, ışık geçirimi de azalmaktadır [5]. Isı geçirgenlik katsayısı (U değeri) gece de söz konusu olmaktadır. Ancak güneş enerjisi radyasyonu yoluyla enerji aktarımı sadece gündüz için söz konusudur. Grafik 1’de çeşitli cam ünitelerinin güneş kontrolü açısından performans değerleri karşılaştırılmaktadır. Grafik incelendiğinde reflektif cam olarak tanımlanan güneş kontrol camlarının iç mekânlarda gün ışığı kontrolü açısından en uygun cam türü olduğu görülmektedir. Bu camların kullanılmasıyla birlikte, güneş ışınımının ısasal ve ışıksal etkilerinin istenen standartlara getirilmesi sağlanabilmekte, iklimlendirme ve aydınlatma enerjisi minimuma indirilerek, hacimlerde iklimsel ve görsel konforun sağlanması yoluna gidilmektedir.

2.2. Cam Malzemede Işık Geçirgenliği

Herhangi bir ortamda insanların yaşamlarını sürdürebilmeleri için belli bir ışık düzeyine ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş ışınlarından sağlanacak ışık düzeyi, cam elemanlarla içeriye kazandırılmaktadır. İç mekânlarda sağlanan doğal aydınlatma kalitesi üzerinde camın ışık geçirgenliğinin önemli bir etkisi bulunmaktadır.

Hacimlerde görsel konforun sağlanabilmesi; aydınlık düzeyi, parlaklık ve renk etkenlerinin belirli değerler içinde kalması ile olanaklıdır. Birim alana düşen ışık akışı olarak tanımlanan aydınlık düzeyi, gözün görme yeteneğini doğrudan etkileyen bir faktördür. Gözün kontrast duyarlılığı, görüş keskinliği ve görme hızını içeren görme yeteneği arttıkça, yapılan işteki verim artmakta, yorgunluk azalmakta ve konfor altında bulunma duygusu artmaktadır. Işık geçirgenliği; cama dik bakıldığında 380 – 780 nanometre dalga boyları arasındaki görünür güneş ışığının camdan geçiş yüzdesi olarak ifade edilmektedir [6]. Camın sahip olması istenen ışık geçirgenlik değerinde, iklim önemli bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. Yatık güneş açıları ve bulutlu gökyüzünün hakim olduğu kuzey bölgelerindeki camların mümkün olduğunca çok ışık geçirilmesi beklenirken, güney bölgelerinde aşırı parlaklıktan sakınmak için camın ışık geçirgenliğinin daha düşük olması istenmektedir. Bu aşamada, camın ışık geçirgenliği ile enerji geçirgenliği birbiriyle karıştırılmamalıdır. Enerji geçirgenliği, güneşin tüm ışınlarının geçiş oranını ifade ederken; ışık geçirgenliği, güneşin görünür ışınlarının geçişini ifade etmektedir [7]. Gün ışığının sadece % 44’lük bir kısmı görünür ışık olmaktadır. Bunun % 53’ünü kızılötesi ışınlar, % 3’ü de ultraviyole ışınlardır. Düz bir pencere camından % 90 oranında direkt radyasyon geçmektedir[8].

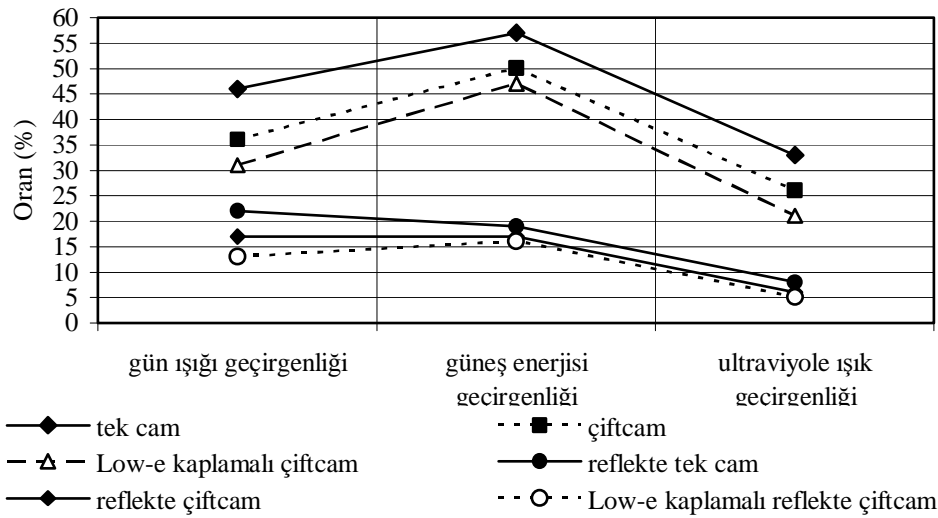


Grafik 1.

Çeşitli cam ünitelerinin güneş kontrolü açısından performans kriterlerinin karşılaştırılması

Grafik 2’de farklı cam türlerinin güneş ısı, gün ışığı ve ultraviyole ışık geçirgenliği ortalama oranlarının karşılaştırılması yapılmıştır. Grafik incelendiğinde; tek cam ile karşılaştırıldığında reflekte cam ve Low-e kaplamalı reflekte cam türlerinin ışık geçirgenliği açısından ortalama 4 kat daha az ışık geçirgenliğine sahip olduğu görülmektedir. Işık geçirgenliği yüksek camlar kullanıldığında yapay aydınlatma enerjisinden, güneş enerjisinin içeri alınmasıyla da ısıtma giderlerinden tasarruf sağlanacaktır.

Güneş enerjisi kontrollü cam imalatında kullanılan metal kaplamalar, ışık geçirgenliğinde önemli rol oynamaktadırlar. Metaloksit kaplamalı camlarda % 35 oranında ışık geçirgenliği sağlayan bir binada % 38 – 40 oranında bir enerji aktarımı söz konusudur ki, bu da iyi bir değer olmamaktadır. % 19’luk bir enerji aktarımı ise, % 9’luk bir ışık geçirimi sağlamaktadır. Değerli metallerle kaplamada; % 35 ışık geçirgenliği sağlandığında, % 20 enerji aktarımına ulaşılabilir. Metaloksit kaplamaya göre, değerli metallerle kaplanmış cam kullanılan binalardaki iç konfor çok daha iyi olmaktadır. Ayrıca, Low-e kaplamanın kazandırdığı performansı gerçekleştirdikleri için, tekrar bir kaplamaya gerek duyulmamaktadır [5]. Işık geçirgenliği düşük camlar, iç mekandaki gözlemciye “koyu” dışkine ise “açık” renkli görünürken; ışık geçirgenliği ve ışık yansımalarının birbiri ile ters orantılı olmasından dolayı, bunun tam tersi de mümkün olabilmektedir. Işık geçirgenliği yüksek olan kaplamalı camlar, dıştan genellikle koyu görünmektedirler. Bu durumda cam rengi, düşük yansıtma öne çıkmakta, yüksek yansıtma ise geri planda kalmaktadır [9].



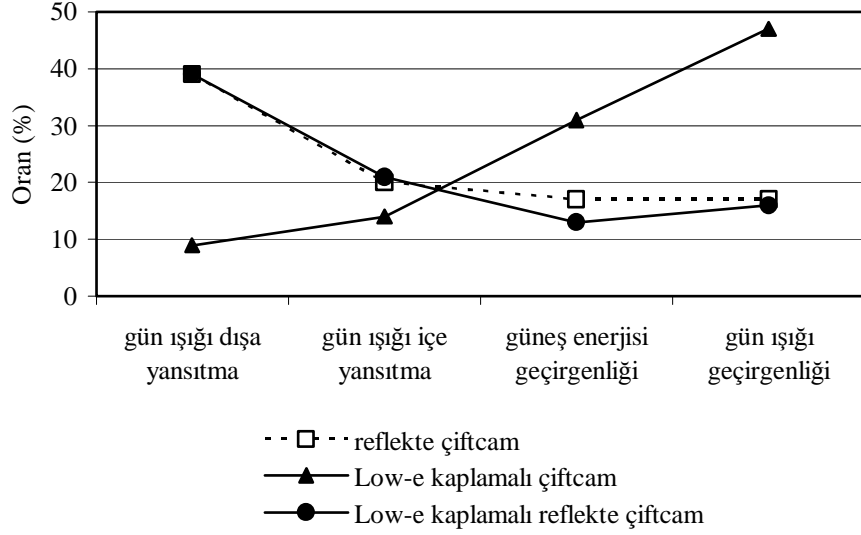
Grafik 2.
Farklı cam türlerinin ışık geçirgenliği açısından karşılaştırılması

Grafik 3’de çeşitli çift cam ünitelerinin gün ışığını yansıtma özellikleri dikkate alınarak yapılan karşılaştırma verilmektedir. Reflekte camlar ışığı en yüksek oranda yansıtmaktadır. Yüksek yansıtma aynı zamanda güneş kontrol performansı anlamına da gelmektedir. Düşük bir ışık geçirimi, binaya dışarıdan bakıldığında içerinin görünmesini engellenmekte ancak içeride yaşayanların dışarıyı koyu renk güneş gözlükleri arkasından bakıyormuş gibi görmelerine sebep olmaktadır. Bunun olumsuz sonuçlarının başında da, gün boyu yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulması gelmektedir. Bu durum, kullanıcıların psikolojisini olumsuz olarak etkilemenin dışında, daha çok elektrik enerjisi kullanımına, yapay aydınlatmanın yarattığı ısı nedeniyle de soğutma yükü ve maliyetinin artmasına sebep olmaktadır. Yüzde yüz ışık geçirme özelliğine sahip bir camın, cam kütesinin tamamen renklendirilmesi veya cam yüzeyin renkli bir yansıtıcı tabakayla kaplanması ile % 9’dan % 66’ya kadar ışık geçirme özelliği olan camlar elde edilmektedir [10]. Işık geçirgenliği, binanın; işlevine bağlı olarak tespit edilmelidir. Seçim yapılırken, mekan derinlikleri, kullanılacak malzeme renkleri gibi noktalara dikkat edilmelidir. Örneğin; ofis binalarında ışık geçiriminin minimum %30-35’den az olmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir [5].

2.3. Cam Malzemede Renk ve Işık Yansımaları

İç mekamlarda aydınlık seviyesi ve parlaltının yanı sıra, görsel konforun niteliğini etkileyen etmenlerden biri de renktir. Estetik görünüm açısından seçilecek olan rengin; “renk psikolojisi” kavramı dikkate alınarak; mimar, ressam ve psikolog işbirliği ile kararlaştırılması gerekmektedir [11]. Camlarda renk, cam harmanına katılan renklendiriciler veya kaplamalarla elde edilmektedir. Renklendirme işleminde, alt camla sınırlı olan uygulamalara karşılık; renk seçenekleri hem kaplama hem de alt camla elde edilebilmektedir

[12]. Renk faktörünün farklı özellikteki çift cam ünitelerinin U değeri üzerindeki etkisi ile ilgili elde edilen sonuçlar, karşılaştırmalı olarak Grafik 4 ve Grafik 5’de gösterilmektedir. Farklı renklerdeki çift cam ünitelerinin U değerlerinin yaz ve kış mevsimine göre ve ara boşluğun durgun hava ve argon gazı ile doldurulması ile ortaya çıkan karşılaştırılmalı değerleri incelendiğinde; renk faktörünün ısı geçirgenlik direnci açısından en iyi değere sahip olan Low-e kaplamalı cam türleri ile reflekte çift cam ve çift cam üniteleri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı ortaya çıkmıştır.



Grafik 3.
Farklı çift cam ünitelerinin gün ışığı yansıtma özellikleri

Renk ve ışık yansıtması birbirini tamamlayan iki özellik olmaktadır. Bir cam yüzeyin yansıtma özelliği, cam yüzeyin durumuna, yüzeye düşen ışığın dalga boyu ve yönüne bağlıdır. Camlarda; yüzeye düşen ışık enerjisinin bir bölümü ile yansıyan ışınların toplam enerjileri arasında, camın bünyesinde tutulan ve optik absorpsiyon adı verilen bir enerji farkı mevcuttur.

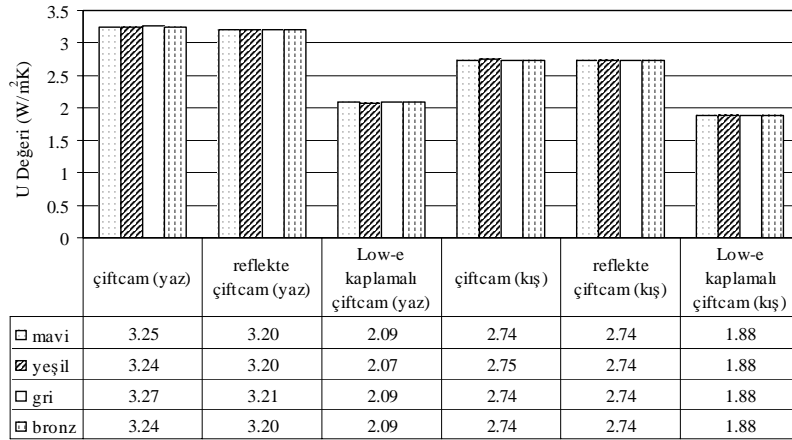
Herhangi bir cam yüzeye gelen ışığın bir bölümü, gelen ışınla yüzey normali arasındaki açıya eşit açı yapacak şekilde yansımaktadır [13]. Işık yansıtması % 5’den küçük olan camlar mat, % 55’den yüksek olanlar ise yüksek yansıtıcı olarak kabul edilir [5]. Dış çevrenin yapı üzerine yansıtması, bina cephesi üzerinde değişik yansımalar oluşturmakta ve cam rengi de yansıtıcılık oranında ortam koşullarından etkilenmektedir. Özellikle reflektif kaplamalı camların (güneş kontrol camı) kullanıldığı cephe kaplamaları çevre ile değişken bir etkileşim sağlamaktadırlar. Ancak yine özellikle reflektif kaplamalı camlarda görülen “distorsiyon” ya da dalgalı görüntü sorunu; çevredeki yapılar, bulutlar ya da diğer unsurların cephe üzerinde yansımalarıyla dikkat çekici boyutlara ulaşmaktadır. Cephelerin renklerini solduran morötesi (UV) ışınlarının denetimi dikkate alınması gereken bir başka faktördür.

Hastane ve resim galerileri gibi binalarda cam içinden geçen güneş ışınlarının renklerinde yaratacağı etkiler dikkate alınmalıdır. Renk faktörünün camların performans değerleri üzerindeki etkisine ilişkin değerler, Grafik 6 ve Grafik 7’de karşılaştırılmalı olarak verilmektedir. Farklı renklerde üretilen çift cam ve Low-e kaplamalı çiftcam ünitelerinin performans değerlerinin karşılaştırılması sonucu ortaya çıkan değerler incelendiğinde, renk etkisinin gün ışığı geçirgenliği dışında diğer kriterler açısından etkili olmadığı ortaya çıkmaktadır.

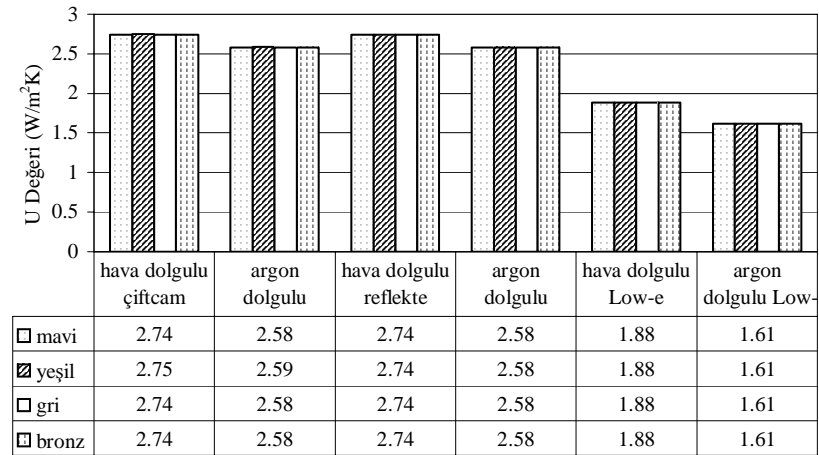
3. SONUÇ

Yapı kabuğunda cam malzeme kullanımı son yıllarda ülkemizde yoğun olarak artmaktadır. Bu binaların cephelerinde kullanılan cam türleri, ısıtma ve soğutma dönemlerinde binanın ısı performansına farklı şekilde etki etmektedirler. Soğuk iklim koşullarının hüküm sürdüğü bölgelerde, ısıtma gerektiren dönemin daha etkin olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, ısı geçirgenlik katsayısı düşük olan ve dış cepheden kaybedilen ısı miktarını azaltan Low-e kaplamalı iklim kontrol camları kullanmak, soğuk iklim koşullarına sahip bölgeler için en uygun çözüm olmaktadır.

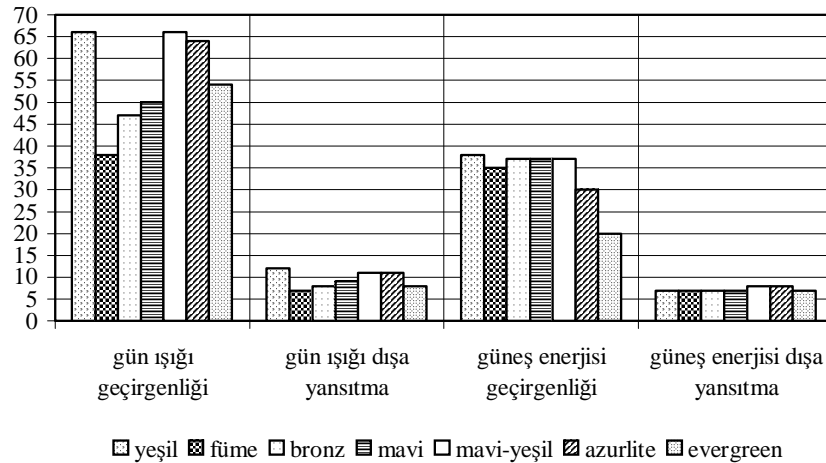
Ancak soğutma için gereken enerji maliyeti de mutlaka dikkate alınmalı, dış kabuktan kazanılan güneş enerjisi miktarının soğutma maliyetini ne ölçüde etkileyeceği tespit edilmelidir. Binanın bulunduğu iklim koşullarına göre, soğutma giderleri ısıtma giderlerinin çok üzerindeyse güneş kontrol camlarını tercih etmek daha uygun bir çözüm olmaktadır. Tüm bu koşullar dikkate alındığında seçilecek cam tipi belirlenirken, yalıtım kalınlığının da cam tipine göre belirlenmesi gerektiği unutulmamalıdır.



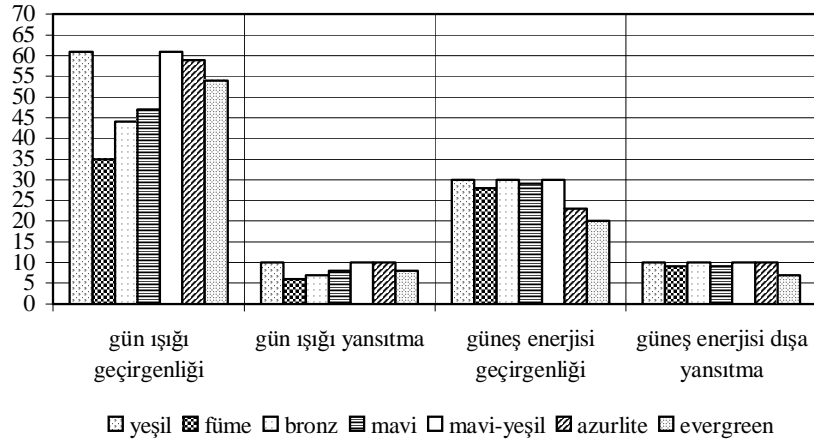
Grafik 4.
Farklı renklerdeki çift cam ünitelerinin yaz ve kış mevsimine göre U değerlerinin karşılaştırılması



Grafik 5.
Farklı renklerdeki çift cam ünitelerinde ara boşluğun durgun hava ve argon gazı ile doldurulması sonucu elde edilen U değerlerinin karşılaştırılması



Grafik 6.
Farklı renklerde üretilen çift cam ünitelerinin performans değerlerinin karşılaştırılması



Grafik 7.
Farklı renklerde üretilen Low-e kaplamalı çiftcam ünitelerinin performans değerlerinin karşılaştırılması

Yanlış cam seçiminin kullanıcıların direkt güneş enerjisi radyasyonu ile karşı karşıya kalmalarına, iç mekanlarda ısı konfor koşullarına uygun sıcaklığın sağlanamaması sonucu soğuktan rahatsız olmalarına veya mekan yeterli ışık alamadığında karanlık ortam nedeniyle psikolojik rahatsızlık duymalarına neden olabileceği açıkça ortadadır. Günümüz koşullarında maliyet konusu da malzeme seçiminde etkili olmaktadır. Mali kısıtlamalar, cam seçiminde belli bir takım kısıtlamalara yol açabilmekte ve bu da konfor koşulları üzerinde etkili olabilmektedir. Maliyet göz önüne alındığında camın ışık geçirgenliği, toplam enerji aktarımı, U değeri ve gölgelendirme katsayısının henüz bina tasarım aşamasındayken belirlenmesi gerekmektedir. Gereken bütçe, doğru işçilik ve doğru detaylandırma ile içinde güvenli ve konforlu şekilde yaşanacak yapılar üretmek her zaman mümkün olacaktır. Cam yapı kabuğunda istenen her türlü iç konfor koşulunu yerine getirmek mümkündür. Uygun cam türlerinin, doğru detayların seçilmesi ve hatasız bir uygulamayla, her türlü binada optimal konfor koşullarının sağlanması söz konusu olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Wilson, A. G. ve Brown, W. P. (1988) "Thermal Characteristics of Double Windows", Window Performance and New Technology National Research Council, Canada, sayfa: 134-146.
2. Elmahdy, A. ve Comick, S., M. (1988) "New Technology in the Window Industry", Window Performance and New Technology National Research Council, Canada, sayfa: 83-97.
3. Akyürek, Y. (1998) "Mimarlar Cam Seçimi ve Tasarımında Daha Etkili Olabilmeli", Şişecam, Camtaş Düzcam Pazarlama A.Ş. Teknik Bilgi Kitapçığı, sayfa: 22-24.
4. Şişecam, Camtaş Düzcam Pazarlama A.Ş. (1995) Cam Yapı Elemanları Kataloğu, İstanbul, sayfa: 1-104.
5. Weidtmann, G., E. (1999) "Giydirme Cepheleerde Güneş Enerji Kontrollü Reflektif Cam Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar", Flachglas A. G., sayfa: 24-28.
6. Akyürek, Y. (1993) "Mimari Cam Konusundaki Yenilikler", Dizayn Konstrüksiyon Dergisi, Sayı:92, sayfa: 29-33.
7. Akyürek, Y. (1999) "Yaşam ve Cam", Camtaş Düzcam Pazarlama A.Ş., Teknik Bilgi Kitapçığı, İstanbul, sayfa: 1-11.
8. Peter, J. (1964) Design with Glass, Reinhold Pub. Corp., New York, sayfa: 7-64.
9. Garden, G., K. (1998) Characteristics of Window Glass, <http://www.nrc.ca/irc/cbd/cbd060e.htm>
10. Oktuğ, Y. (1998) "Giydirme Cephe Tasarımcıları İçin Cam Seçim Kriterleri", Archi Scope Dergisi, Sayı: 1, sayfa: 46.
11. Küçükdoğu, M., Ş. (1976) İklimsel Konfor ve Aydınlık Seviyesine Bağlı Görsel Konfor Gereksinimleri Açısından; Pencerelerin Tasarlanmasında Kullanılabilecek Bir Yöntem, İ.T.Ü. Doktora Tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, sayfa: 5-34.
12. Mağgönül, G. (1999) "Giydirme Cephe Camları", Cephe Sistemleri ve Cephe Kaplamaları Sempozyum Bildirileri, Yapı Endüstri Merkezi, sayfa: 61-84.
13. Umaroğulları, F. (2001) Yapı Kabuğunda Cam Malzeme Kullanımı, T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, sayfa:1-140.