

BİNALARDA GÜNEŞİNDEN YARARLANMA YÖNTEMLERİ: ÇAĞDAŞ TEKNİKLER

Alpin Köknel YENER

ÖZET

Binaların güneşi ile aydınlatılması genellikle pencereler veya çatı ışıklıkları kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemlere ek olarak günümüzde görsel konfor koşullarını ve enerji tasarrufunu sağlamak amacıyla ışık rafları, ışık tüpleri ve çeşitli özelliklere sahip cam türleri gibi teknikler geliştirilmiştir. Binalarda güneşinden yararlanmada çağdaş teknikler olarak adlandırılabilir olan bu sistemlerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Binanın işlevi, bulunduğu coğrafi bölge, iklim koşulları, yönlendirilmesi gibi değişkenlere bağlı olarak en uygun doğal aydınlatma sisteminin tasarlanabilmesi için bu tekniklerin özelliklerinin göz önüne alınması ve bina tasarımı sırasında farklı seçeneklerin karşılaştırılarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu şekilde belirlenen uygun yöntemlerle binalara alınan güneşi miktarının artırılması, ancak uygun bir kontrol sistemi ile güneşi-yapma ışık entegrasyonu sağlandığında görsel konfor ve enerji tasarrufu açısından optimum sonuç verecektir.

1. GİRİŞ

Yüzyıllar boyunca binaların biçimlendirilmesinde güneşinden yararlanma amacı etkin rol oynamıştır. Teknolojik gelişmeler sonucunda elektrik enerjisi aydınlatma amacıyla kullanılmaya başlamış ve yaygınlaşmıştır. Bu durum mimarların tasarımda özgürleşmelerini sağlamıştır; ne var ki günümüzde enerji kaynaklarının bilinçli tüketilmesinin gerekliliği de herkesçe kabul edilmesi gereken bir gerçek olarak karşımıza çıkmıştır. Bu nedenle güneşinin etkin kullanımı ve aydınlatma enerjisi tüketiminin azaltılmasına yönelik çözümlerin üretilmesi günümüz mimarlığının en önemli konularından bir tanesi haline gelmiştir.

Kullanıcıların fizyolojik ve psikolojik konforunun sağlanmasının yanı sıra enerji tüketiminin azaltılması açısından hacimlerin güneşi ile aydınlatılmasında ana hedefler,

- güneşinin etkin kullanımı,
- olabildiğince düzgün bir aydınlığın sağlanması,
- direkt güneş ışığından korunarak kamaşma kontrolü sağlanması,
- dış çevre ile görsel ilişki kurulması,
- dış aydınlık düzeyinin gün içindeki niceliksel ve niteliksel farklılıklarının hissedilmesi,
- iklim kontrolü ve gürültü kontrolü gibi diğer fiziksel çevresel konularla uyumlu bir tasarımın gerçekleştirilmesi,
- yapma aydınlatma, ısıtma ve soğutma yüklerinin azaltılması olarak sıralanabilmektedir.

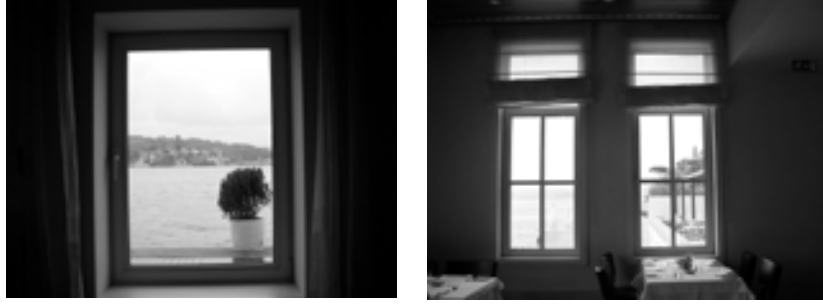
Bu hedefler, bulunulan iklim bölgesinin özellikleri, binanın işlevi ve kullanım saatleri gibi değişkenlere bağlı olarak farklı önceliklere sahip olabilirler. Bu hedeflerin gerçekleştirilmesi amacıyla güneşinden yararlanmada çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

2. BİNALARDA GÜNIŞIĞI AÇIKLIKLARI

Binaların günüşiği ile aydınlatılması genellikle pencereler veya çatı ışıklıkları kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

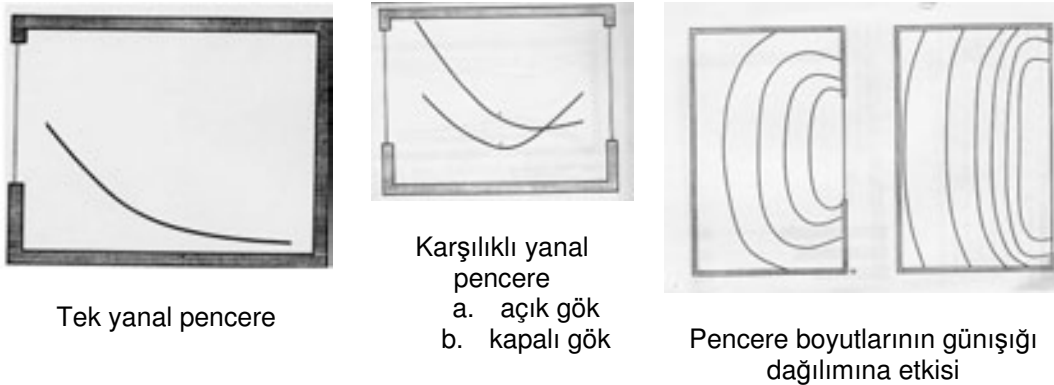
2.1. Pencereler

Pencereler, düşey veya düşeye yakın eğimli, bina dış duvarlarında yer alan ve çalışma düzleminde istenen aydınlık düzeyini sağlamayı amaçlayan günüşiği açıklıkları olarak tanımlanabilmektedir. Pencereler her iklim bölgesi için uygun olup, tasarımın ilk aşamalarında ele alınmalıdır. Göz hizasında bulunan ve dış görüşü sağlayan görüş pencereleri ile dış görüşü sağlamayan yüksek pencereler (clerestories) bu başlık altında incelenebilmektedir.



Şekil 1. Pencerelerde dış görüş

Göz hizasındaki pencerelerin en büyük özellikleri dış ortamla görsel bağlantıyı sağlamalarıdır. Özellikle doğaya açılan pencerelerin hem kullanıcı performansını yükseltme, hem de göz kaslarının gevşemesini sağlama gibi olumlu yönleri bulunmaktadır (Şekil 1). Bu pencerelerin en belirgin özelliği iç aydınlık düzeyinin pencereye yakın bölgelerden hacmin derinliklerine gidildikçe hızla düşmesidir. Bu karakteristik dağılımda pencerenin baktığı yönün ve gök koşullarının niceliksel ve niteliksel etkisi büyüktür (Şekil 2). Pencereler kullanıcıların görüş alanı içinde bulduklarından görsel konfor açısından direkt güneş ışığına karşı önlem alınması gerekmektedir. Güneşin gün içindeki ve yıl içindeki hareketi göz önüne alındığında yön değişkeni pencere tasarımı ve pencereye uygulanacak gölgeleme aracının tasarımı açısından önemli rol oynamaktadır.



Şekil 2. Pencerelerle plan ve kesitte günüşiği dağılımları [1]

Yüksek pencereler genellikle yerden 2.5m yükseklikte dış duvarda tasarlanan düşey pencerelerdir. Bina dış duvarlarının yüksek olarak planlanmasını gerektirir. Kuzeye veya güneye yönlendirilebilirler, güneye yönlendirildiğinde gölgeleme gerektirir.

Ancak yatık gelen güneşin içeri girmesinde sakınca olmadığı zaman veya ışığı yaygınlaştırıcı camlarla kullanıldığında doğuya veya batıya yönlendirilmelidir. Bu pencerelerle hacimde daha düzgün bir günışığı dağılımı sağlandığından aydınlatmanın niteliği iyileşmekte ve enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

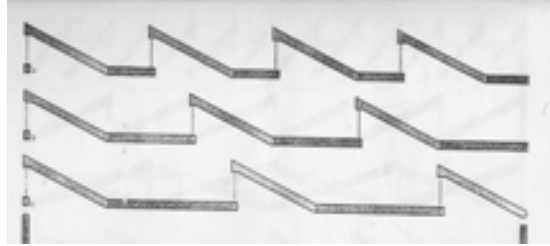
2.2. Çatı Işıklıkları

Çatı ışıklıkları, sürekli açıklıklar, fenerler ve eğimli pencereler gibi çatıda bulunan yatay açıklıklardır ve dış görüş sağlamayarak yalnızca yeterli ve kontrollü günışığı alınmasını hedeflemektedirler. Bu tiplerin her birinin bina biçimi ve iç mekan düzenlemesi üzerindeki etkisi farklı olduğu gibi, içeride sağladıkları günışığı dağılımı da birbirinden farklıdır. Yatay açıklıklar düzgün bir aydınlatma sağlar ve hem günışığının hem de güneş ışığının kullanılabilmesine olanak verir. Direkt güneş ışığının kullanılmasında güneş kontrolü ve ışığın yaygınlaştırılması açısından önlemler alınmalıdır. Yatay çalışma düzleminin aydınlatılması, genel aydınlatma istenen hacimler, üç boyutlu nesnelerin aydınlatılması ve duvarların aydınlatma dışında başka amaçlarla kullanılması gereken yerler için uygundur. Kapalı gök koşullarında uygulanmaları görsel ve iklimsel konfor koşulları açısından daha uygundur.

Sürekli açıklıklar düşey veya eğimli açıklıkların eğimli bir çatı düzlemi ile birlikte tasarlanmaları ile oluşturulan testere dişi biçiminde açıklıklardır. Genellikle tek yüzeyleri saydamdır. Boyutlara bağlı olarak hacimdeki günışığı dağılımı ve miktarı değişiklik göstermektedir. Endüstri binalarında kullanımı çok yaygın olmasına rağmen, büro, okul, hastane, kütüphane ve lobi gibi hacimlerde geniş alanlarda düzgün günışığı sağlamak amacıyla kullanılırlar (Şekil 3 ve 4).



Şekil 3. Sürekli çatı ışıklığı



Şekil 4. Sürekli çatı ışıklıkları örnekleri [1]

Uygun şekilde seçilmiş ve monte edilmiş, enerji etkin bir çatı ışıklığı ısıtma, soğutma ve aydınlatma açılarından konforlu bir ortam yaratırken enerji kayıplarını da minimize edebilmektedir. Binanın bulunduğu iklim bölgesi, binanın işlevi ve tasarım konsepti ile çatı ışıklığının uygun biçimde ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Kuzeye dönük olan çatı ışıklıkları ile güneş ışığı binaya girmemekte, yaygın gök ışığı içeri alınmaktadır. Doğuya yönlendirilmiş çatı ışıklıkları sabahları maksimum düzeyde aydınlık ve solar ısı kazancı sağlamaktadırlar. Batıya dönük çatı ışıklıkları ise öğle güneş ışığı ve ısı kazancı sağlarlar. Kışın ise güneye yönlendirilmiş çatı ışıklıkları diğer yönlerle oranla arzu edilen en iyi solar ısı kazancını sağlamaktadırlar, fakat yazın istenmeyen ısı kazançlarına sebep olabilmektedirler.

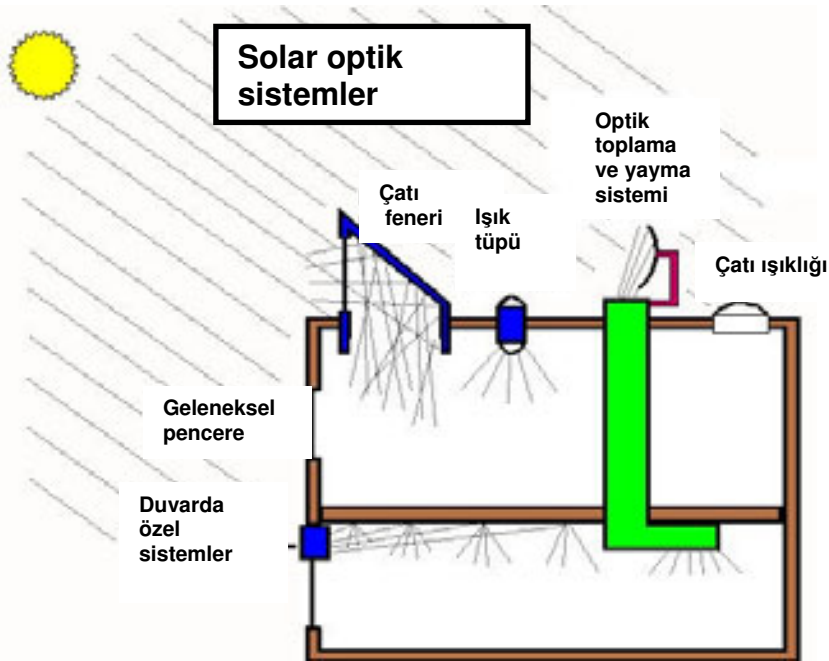
Çatı ışıklıkları uygulamalarında binanın enerji etkinliğini arttırmak için cam seçimine çok dikkat edilmelidir. İklim ve yönlendirme cam seçimini de etkilemelidir. Çatı ışıklıklarında cam ya da plastik kullanılmaktadır. Gelişmiş cam teknolojileri de çatı ışıklıklarına uygulanabilmektedir. Çatı ışıklığı üretiminde kullanılan cam güvenli bir cam olmalıdır. Temperlenmiş ya da laminasyon camlar bu sistemler için çok uygundur.

Bazı çatı ışıklıkları günışığı amaçlı uygulanırken bazıları havalandırma ve nem kontrolü amaçlı kullanılabilirler. Günümüzdeki yüksek teknolojik gelişmeler günışığının kullanımı amacıyla gökyüzü ışığını maksimize ederler.

Fenerler sürekli açıklıklara benzemekle beraber, birden fazla yönde saydam yüzeylere sahip olduklarında parlıltı oranları ve güneş kontrolü açısından dikkatli olunması gerekmektedir. Güneşli iklimlerde kuzeye veya güneye yönlendirilmiş fenerler yatay açıklıklardan daha uygundur. Doğuya ve batıya yönlendirilen çift yönlü fenerler gün boyu düzgün bir aydınlatma sağlamak için uygundur.

3. GELİŞMİŞ (ÇAĞDAŞ) GÜNIŞIĞI SİSTEMLERİ

Düşey pencerelerle hacim içerisinde pencere önü ve çevresinde yüksek bir aydınlık düzeyi sağlanırken, pencereden uzaklaşıldıkça aydınlık düzeyi azalmakta ve hacmin derinliklerinde yetersiz kalmaktadır. Derin hacimlerde yeterli aydınlık düzeyi elde etmek için pencerelerin büyütülmesi veya sayılarının artırılması ise ısıtma ve soğutma yüklerini artıracağından her zaman uygulanamamaktadır. Bu gibi durumlarda çatı ışıklıklarının kullanılması ise ancak binaların tek katlı olmaları halinde veya son katlarda hacmin işlevine uygun çözümlerle gerçekleştirilebilmektedir. Günümüzde doğal ışık alınamayan hacimlerin aydınlatılmasında günışığını yönlendiren, yansıtan ya da taşıyan sistemlerin kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır.



Şekil 5. Günışığından yararlanmada çağdaş teknikler

Günışığı açıklıklarından beklenen hedefleri gerçekleştirmek için önerilecek olan çözümler bazen birbirleri ile çelişebilirler. Bir projede optimum çözüme ulaşabilmek için yöre, enlem, mevsim, işlev ve kullanım saatleri gibi değişkenlere bağlı olarak hedeflerin taşıdıkları önem belirlenmelidir. Günümüzde, doğal aydınlatma sistemlerinin gelişen teknoloji ile birlikte gelişmeleri sonucunda günışığının etkin kullanılmasına olanak vererek enerji tasarrufu sağlayan ve direkt güneş ışığını engelleyerek görsel konfor koşullarının sağlanmasında etkili olan çağdaş sistemler tasarlanmaktadır.

Bu sistemler, binalarda aydınlatma amacıyla tüketilen elektrik enerjisini olabildiğince azaltmayı ve bunun yanı sıra iç mekanın ışık kalitesini önemli oranda arttırmayı hedeflemektedirler. Bu sistemlerin bina tasarımıyla bütünleştirildiği yaklaşımlar yaygınlaştıkça, yapma çevrede görsel ve ergonomik gereksinimlerin karşılanması, iklimsel konforun sağlanması, enerji tüketiminin minimize edilmesi ve yenilenebilir enerji (gün ışığı) kullanımının artarak çevresel ve yaşamsal kalitenin de büyük oranda artması gerçekleştirilecektir. Son yıllarda gün ışığı sistemleri üzerinde yapılan yoğun çalışmalar sonucunda, gelişmiş gün ışığı sistemlerini piyasalarda daha geniş ölçüde görmek mümkün olmaktadır. Bunlar arasından doğru seçimi yapmak ancak bu sistemleri daha yakından tanımakla olanaklıdır [2]. Bu bölümde çağdaş aydınlatma tekniklerinden ışık rafları, ışık tüpleri ve çeşitli cam türlerine kısaca yer verilmiştir.

3.1. Işık Rafları

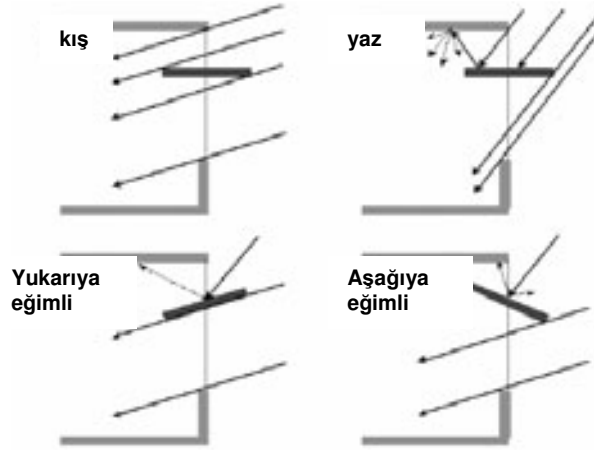
Işık rafları, güneş ışığını engellemek ve günışığını tavana yönlendirmek amacıyla tasarlanan, pencerenin iç veya dış yüzeyinde yer alan yatay veya yataya yakın elemanlardır. Cepheyle bütünleşmiş bir eleman olabileceği gibi sonradan monte edilen bir eleman da olabilirler. Işık rafı genellikle göz seviyesi üzerine yerleştirilir. Pencerenin alt kısmı dış görüşü sağlarken üst pencere alanı ışığın içeri alınmasına hizmet eder. Işık rafları hacimde pencereye yakın bölgeyi güneş ışığından korurken, yansımış ışık tavanı aydınlatmaktadır. Kışın ise ışık rafının altında ve üstünde kalan pencere bölümlerinden hacme güneş ışığı girebilmektedir (Şekil 6).



Şekil 6. Işık rafı sistemleri [3, 4, 5]

Işık rafları hem kamaşmayı önlemek hem de dış görüşü sağlamak amacıyla taşıdıkları için konumları hacimsel özelliklere bağlıdır. Ne kadar altta yer alırsa tavana yansıtılan ışık miktarı da o kadar fazla olur. Işık raflarının işlevlerini yerine getirebilmeleri için yüksek bir tavana gereksinim olduğundan mimari tasarım ve taşıyıcı sistemle birlikte düşünülmesi gerekmektedir. Pencere yönüne, hacim özelliklerine ve enleme bağlı olarak tasarlanmalıdır. Direkt güneş ışığının bol olduğu bölgelerde güneşe yönlendirilmiş derin hacimli binalar için uygundur. Doğu ve batı yönleri için ve kapalı gök koşullarının hakim olduğu bölgelerde aynı derecede etkili olmamaktadırlar.

Işık rafı sistemi, içerisinde hem doğal ışık yansıtıcılarını hem de yapay ışık kaynaklarını barındırabilmektedir. Bu durumda doğal ışık yansıtıcıları, pencerenin üst bölümünden gelen ışığı tavana yansıtıp, doğal ışığı tavadan hacmin daha derin bölgelerine iletmektedir. Sistemin içinde yer alan yapay ışık kaynaklarının ışıkları da benzer bir yöntemle dolaylı olarak çalışma düzlemine erişmektedirler. Böylece ışık rafı sisteminin uygulandığı hacimlerde doğal ve yapma aydınlatma için benzer durumlar elde edilir. Sağlanan dolaylı aydınlatma, özellikle içinde bilgisayarlar ile çalışılan ortamlarda çalışma konforunu olumlu etkilemektedir.

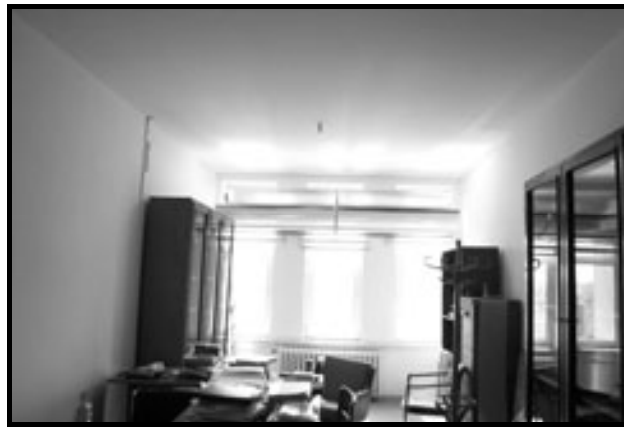


Şekil 7. Işık raflarının yaz ve kış dönemlerine ilişkin etkileri [2]

Gelişmiş sistemlerden bir tanesi olan ışık raflarında pencereye yakın bölümlere direkt güneş ışığının ulaşması önlenirken, yansımış ışığın hacimlerin derinliklerine ulaşması sağlanmaktadır. Pencere dışında kullanılan ışık rafları pencereye yakın bölgeyi güneş ışığından korurken, yansımış ışık tavanı aydınlatmaktadır. Kışın ise ışık rafının altında ve üstünde kalan pencere bölümlerinden hacme güneş ışığı girebilmektedir (Şekil 7) [2].

İTÜ’de tamamlanmış olan “Işık rafı sistemi ile günışığı-yapay ışık entegrasyonunun iklim koşullarına bağlı optimizasyonu” başlıklı proje kapsamında, İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesinin en üst katında güneye bakan iki ofis kullanılmaktadır. Odalardan biri test odası, diğeri ise referans odadır. Test odasına Berlin Teknik Üniversitesinden gönderilen ışık rafı sistemi monte edilmiştir. Işık rafı sistemi içinde yer alan lambalara, çalışma düzlemi üzerindeki aydınlık düzeyine bağlı olarak kumanda eden bir otomatik kontrol sistemi kurulmuştur (Şekil 8). Işık rafı sistemi hacimdeki günışığı dağılımını optimize ederken kullanılan otomatik kontrol sistemi ile istenen aydınlık düzeyi olan 500 lx değerine günışığı ile ulaşılabilirdiğinde ışık kaynaklarını loşlaştırılması sağlanarak enerji tasarrufu elde edilmektedir. Güneşin yükseliş açısına bağlı olarak bu tasarruf yaz, bahar ve kış aylarında farklı oranlarda gerçekleşmektedir.

Alınan sonuçlara bağlı olarak Türkiye’nin farklı iklim bölgelerini temsil eden illere ait meteorolojik verilerden yararlanılarak bu sistemin güneşlenme süreleri yüksek olan Antalya ve Diyarbakır gibi illerde kullanılmasının enerji etkinliği açısından olumlu olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.



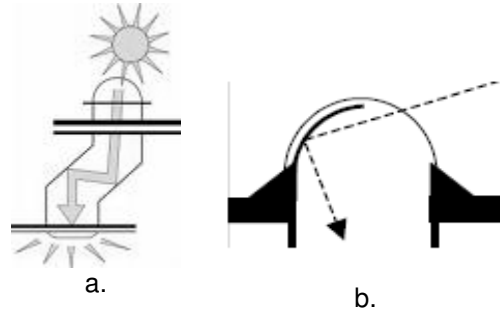
Şekil 8. Işık rafı uygulaması (İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi)

3.2. Işık Tüpleri

Çağdaş sistemlerden bir tanesi olan ışık kılavuz sistemlerinin çalışma prensibi, günışığını taşıyarak bir yerden başka bir yere iletmektir. Işık tüpü ya da güneş tüpü olarak anılan bu sistemler, özellikle derin planlı kamu binalarının dışı kapalı olan ve günışığının ulaşamadığı bölümlerinde tatmin edici sonuçlar vermektedir. Derin planlı açık ofisler de ışık tüpleriyle, günboyu homojen bir şekilde, doğal ışıkla aydınlatılabilmektedir. Bu şekilde yapma aydınlatma enerjisinden tasarruf edilerek kamu binalarının yıllık enerji kazançları artırılabilir. Doğal ışık kullanımıyla çalışanların görsel konforunu sağlamak, çalışma temposunu iyileştirerek iş verimini artırmak da hedeflerden bazılarıdır.

Işık tüplerinde, küçük çatı ışıklıklarından alınan günışığı, yansıtıcı borularla hacmin tavanına taşınmaktadır. Işığın hacme dağılımı içte yer alan yayıcı elemanlarla sağlanmaktadır. Borunun içine veya yayıcı elemana yerleştirilen günışığına duyarlı yapma aydınlatma elemanı günışığı ile bağlantılı çalışabilmektedirler. Bu şekilde düzenlendiklerinde enerji tasarrufu açısından da olumlu sonuçlar vermektedirler. Direkt güneş ışığı mevcut olduğunda kapalı göktekine göre daha iyi performans gösterirler. Küçük mekanların aydınlatılması için uygun bir sistemdir, büyük mekanlarda kullanıldıklarında ızgara düzeni sağlanırsa düzgün bir günışığı dağılımı elde edilebilir (Şekil 8a).

Güneşli iklimlerde güneye yönlendirilen yansıtıcı bir yarım kubbenin açıklığının içine yerleştirilmesiyle kışın yatık gelen direkt güneş ışığını içeri alarak daha fazla yansıtmak olanaklıdır (Şekil 8b). Kapalı gök koşullarının mevcut olduğu yörelerde tamamen saydam bir kubbe kullanılmalıdır. Özel merceklerin ve geometrik şekillerin kullanılmasıyla yatık güneş ışığının alınması ve aşağıya yönlendirilmesi olanaklıdır.



Şekil 8.a) Işık tüpünün çalışma prensibi [6] **b)** Işık tüpünde yansıtıcı kubbe

Işık tüpleri iki farklı şekilde tasarlanmaktadır; yandan ışık veren ve uçtan ışık veren ışık tüpleri. Yandan ışık veren ışık tüpleri, çatıya ya da yapının dışına, güneşi takip edecek şekilde monte edilen ve günışığını yoğunlaştırmak için kullanılan bir "Heliostat" ünitesi, toplanan ışığı tüpe iletmek için tüpün giriş kısmına yerleştirilmiş ikincil bir ayna ve ışığı iletmek için kullanılan bir ışık borusu olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Bu sistemler, ışığı bir çekirdekte ve binanın tüm katlarına hizmet verecek şekilde tasarlandıkları için, gün ışığını bina içine almadan önce yoğunlaştırmaya ve güçlendirmeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, sistemi destekleyecek Heliostat ve ikincil bir ayna gibi hareketli yan elemanlardan destek alınmaktadır. Ayrıca, tüpün içinde iletilen ışık miktarı, uzaklıkla ters orantılı olarak azalacağından, tüp içerisine optik film yerleştirilmektedir. Böylece yansıtma katsayısı %95'in üzerinde olan film tabakası sayesinde ışık, çok az kayıpla bina boyunca iletelebilmektedir.



Şekil 9. Işık tüpleri (Berlin Potsdamer Platz ve İstanbul Rumelihisarı)

Borusan Holding'in yönetici ofislerinin bir araya geldiği İstanbul Boğazı, Rumeli Hisarı'nda bulunan tarihi Yusuf Ziya Paşa Yalısı için, Türkiye'de bir ilk olarak yandan ışılan bir ışık tüpü projesi yapılmıştır. Yandan ışılan ışık tüpleri kükürtlü lamba, halojen ya da ledlerle desteklenerek, doğal ışığı ilemesinin yanı sıra, yapma aydınlatma sisteminde dekoratif amaçlı hizmet verecek şekilde projelendirilebilmektedir. Bu projede sekiz adet metal halide lambadan yararlanılmıştır. Bu lambaların ışık tüpüne entegre edilmesiyle geceleri farklı renkte aydınlatma efektleri elde edilebilmektedir (Şekil 9).

Uçtan ışılan ışık tüpleri ise genellikle tek katlı binalarda uygulanan çözümler ki, bu örnekler dünyanın farklı yerlerinde sıkça rastlamak mümkün. Üç ana bölümden oluşan bu tipin ilk bölümü, polikarbonat ya da akrilikten meydana gelen saydam bir kubbedir. Bazı modellerde altıgen veya sekizgen piramit şeklinde, bazılarında ise kare prizmadan bir kubbe şeklinde olabilmektedir. Bu bölüm dış toplayıcı ünite olarak görev yapmaktadır. Güneşin zararlı ışınları olan ultraviyole ışınlarını süzerken, tüpün içine toz ve suyun girmesini engellemektedir. Enjeksiyon kalıp yöntemiyle üretilen akrilik kubbe, yüksek ışık geçirme özelliğine sahiptir ve hava şartlarına karşı dayanımı da yüksektir. Parlak bir plakaya, gün ışığını en doğru açıda kırarak şekilde monte edilmektedir. İkinci kısım, ışık tüpü, iç içe geçen tüplerden oluşturulmuştur. Işığın iç mekana yayılmasını sağlayan bir aydınlatma aygıtı veya dağıtıcı ünite ise sistemin üçüncü bölümünü oluşturmaktadır. Dış toplayıcı ünite, genellikle binaların çatısına yerleştirilmektedir. Böylelikle gün ışığını gün boyunca toplaması hedeflenmektedir. Orta üniteyi oluşturan ışık tüpünün iç yüzeyi, yansıtıcılığı çok yüksek metal malzemeden oluşmakta veya Alcoa Everbite veya Silverlux gibi malzemelerle kaplanmakta ki bu malzemeler de %95'in üzerinde ışık yansıtma özelliğine sahiptirler.

Günümüzde, projelendirme safhasında ışık tüpleri, maketleri yapılarak veya bire bir prototipleriyle deney odalarında ölçülerek değerlendirilebilmektedir. Bu durum, projenin tasarım ve uygulama maliyetine ek yük getirmektedir. Proje maliyetini düşürmek amacıyla test odaları dışında bilgisayar ortamında modelleme yöntemleri de geliştirilmektedir. Özellikle Amerika ve Avrupa'da bunun için araştırma merkezleri bazı modelleme programları üzerinde çalışmalarına devam etmektedirler. Lawrence Berkeley Laboratuvarı ve Kanada Ulusal Araştırma Konseyi bunların önde gelenleridir. 2006 yılında Kanada Ulusal Araştırma Konseyi tarafından geliştirilen "Skyvision" isimli çatı ışıklıklarının değerlendirmede kullanılan modelleme programına güneş tüpü sekmesinin eklenmesiyle pasif güneş tüpleri modellenebilmektedir. Şu anda yalnız uçtan ışılan güneş tüplerini modelleyebilen yazılımın yakın gelecekte gelişmesini tamamlayarak tasarımcılara tümüyle ışık tutacak özelliklere kavuşacağı düşünülmektedir. Böylece binaların tasarımı aşamasında yapılabilecek karşılaştırmalarla enerji harcamaları açısından en uygun seçeneğin belirlenmesi ve binanın kullanım süresi boyunca enerji kaynaklarını olabildiğince az tüketecek biçimde tasarlanması mümkün olabilecektir.

4. DOĞAL AYDINLATMA SİSTEMLERİNDE KULLANILAN CAMLAR

Camların binalarda kullanımı güneş ışınımının kontrolü, günüşiğinin kontrollu olarak içeriye alınması, güneş ışınımından ısı kazancı sağlanması, dış görüşün sağlanması ve güneş ışınımının hacimlerde yarattığı ısıtıcı etkinin kontrolünü amaçlamaktadır. Pencere camının ışık geçirgenlik değeri hacimlerde gerçekleşen günüşiği miktarını etkileyen başlıca değişkenlerden bir tanesidir ve doğal aydınlatma sistemi tasarımı sürecinde görsel konfor ve aydınlatma enerjisi korunumu açılarından titizlikle üzerinde durulması gerekmektedir.

Fotokromik camların ışık geçirgenliği, üzerine gelen ışık miktarına bağlı olarak değişmektedir. Kamaşmanın önlenerek görsel konforun sağlanması açısından uygundur. Cam bünyesindeki metallere optik özellikleri, üzerine gelen ışık miktarına bağlı olarak değişmekte, ışık miktarı arttığında yutuculuk artmakta ve geçirgenlik azalmakta, bulutlu bir görüntü oluşmaktadır. Bu değişimin sınırı sabit olduğundan yaz aylarında güneş ışınımı kazancını sınırlandırıp, kış aylarında daha fazla güneş ışınımı kazancı sağlamak olanaklı değildir. Kızılötesi ışınların geçirilmesi azaltılmadığından ısı kazancı etkilenmemektedir.

Termokromik camların geçirgenliği sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Kullanılan malzeme cam katmanları arasına yerleştirilen bir tür jeldir. Soğukta saydam haldeyken, sıcaklık arttığında saydamlığı azalmakta ve yansıtıcı özelliği artmaktadır. Bu durumda camdan görüntü bulanıktır. Değişim sınırının sabit olması dezavantajdır.

Elektrokromik camlar dinamik pencerelere bir örnektir. Bu pencereler bir EC katmanı ile kaplı olup istenen kontrolü sağlamaktadırlar. Bu malzemelerin üretimiyle ilgili sorunlar aşılmıştır ve ticari olarak üretilmektedirler. Bugün tungsten trioxide EC elemanların low-e camlarla birlikte kullanıldığı 2m²'ye kadar çeşitli çift cam pencere sistemleri mevcuttur. Bu tür pencerelerle konfor, enerji tasarrufu ve estetik gereksinimlerin sağlanmasında içte veya dışta herhangi bir güneş kontrolü elemanına gereksinim duyulmaz. Tamamen camlı cepheler için uygundur. Uygulanan voltaja bağlı olarak renkli durumdan orta ve tamamen renksiz hale geçmektedirler. Renkli durumdan renksiz duruma geçmesi 30 saniye ile 5-10 dakika arasında değişmektedir. Bu geçiş manuel veya bina işletim sistemine bağlı olarak gerçekleştirilebilir. Elektrokromik kaplamalar farklı cam katmanlarında yer alabilmektedir.

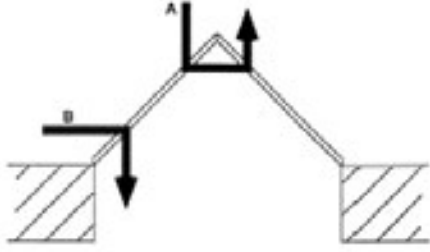
Gazokromik camların etkileri elektrokromik camlar gibidir, camı renklendirmek için cam katmanları arasına hidrojen verilir ve saydamlığın ilk haline geri dönmesi için de oksijenle birleştirilir. Film kalınlığı ve hidrojen konsantrasyonunun değişmesi ile renklenme özellikleri değişir. Renklenme için süre 20 saniye ve berraklaşma için de 1 dakikadan azdır.

Güneş kontrol camlarının güneş ışınımı geçirgenlikleri, yansıtıcılıkları ve yutuculukları birbirinden farklı olan birçok türü vardır. Bu değerlere bağlı olarak günüşiği geçirgenlikleri de farklılık göstermektedir. Bu camlarda güneş kontrolü amacıyla genellikle güneş ışınımı geçirgenliğinin düşük olması, spektrumun görülebilen bölümü için de düşük geçirgenlik değerlerine neden olmaktadır. Bu durumu ortadan kaldırmak ve camın günüşiği geçirgenliğini olabildiğince yüksek tutabilmek amacıyla yalnızca spektrumun görülemeyen bölümü için etkili olan bazı özel boya ve kaplamalar kullanılmaktadır. Böylelikle elde edilen **taıysal seçici camlar** (spectral selective glazing) görülebilen ışınımı olabildiğince geçiren fakat kızılötesi ışınımı yutan veya yansıtan camlardır.

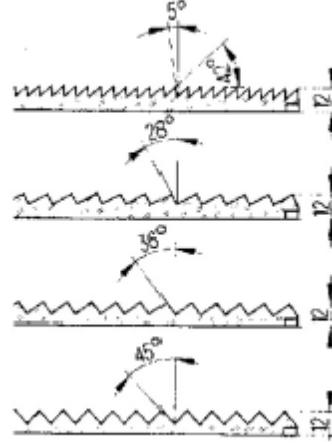
Güneşin yükseliş açısı günün ve yılın en sıcak zamanlarında dik açıya yakın değerlerdedir. Açısal seçici camların özelliği bu ışınların geçişini engelleyerek yataya yakın gelen ışınları geçirmeleridir. Dışta uygulanan gölgelemeyle en basit ve etkili bir biçimde ısı kazancı engellenebilirken hacimlere giren günüşiği de azalmaktadır. Bu sakıncanın ortadan kaldırılabilmesini sağlayan **açısal seçici camlar** alüminyum veya gümüş gibi kaplamalarla elde edilmektedir. Lazer kesimli paneller 2mm kalınlığında üretiltikleri için bu amaçla kullanılmaya uygundur (Şekil 10).

Prizmatik paneller direkt güneş ışığını kırıp, yaygın ışığı içeri alarak gölgeleme amacıyla kullanılabilir. Açısal seçici camlar ise sıcak dönemde güneş yükseliş açısı dik veya dike yakın iken gelen ışığı geçirmemekte, küçük yükseliş açılarıyla gelen ışığı geçirmektedir.

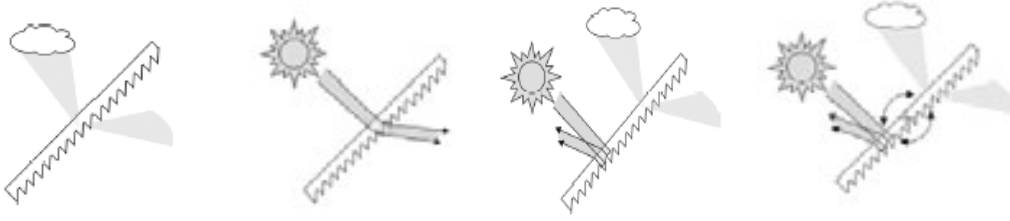
Bu camların tepe ışıklıklarında kullanılması da yine benzer etki yaptığından sıcak iklim bölgeleri için uygun bir çözümdür (Şekil 11, 12) [2].



Şekil 10. Açısal seçici camların tepe ışıklığında kullanımı [2]



Şekil 11. Farklı prizmatik panel tipleri [2]



Şekil 12. Prizmatik panellerin yaygın güneş ışığında, direkt güneş ışığında, sabit güneş kontrol aracı ve hareketli güneş kontrol aracı olarak kullanımı [2]

5. GÜNIŞIĞI-YAPMA IŞIK ENTEGRASYONU

Binalarda günışığının etkin kullanımı yoluyla yapma aydınlatma enerjisi tüketiminin azaltılması, ancak uygun kontrol sistemlerinin seçilerek günışığı-yapma ışık entegrasyonunun görsel konfor koşullarını sağlayabilecek biçimde gerçekleştirilmesiyle olanaklıdır.

Kontrol sistemleri 1980 yılından itibaren aydınlatma sistemlerinde enerji tasarrufu sağlamak amacıyla geliştirilmekte ve yaygınlaşmaktadır. Bu amaçla elektronik balastlar üretilmeye başlanmış ve daha sonra loşlaştırma özelliği kazandırılmıştır. Bugün piyasada DALI (Digital Addressable Lighting Interface), EIB (The European Installation Bus), BAC net (Building Automation and Control Network) gibi birçok kontrol sistemi bulunmaktadır. Kontrol sistemleri manuel veya otomatik olabilmekte, hacimde günışığının yeterli olduğu bölgelerde yer alan aydınlatma araçlarının loşlaştırılması veya tamamen devre dışı bırakılması sonucunda enerji tüketimi azaltılabilmektedir. Günışığına bağlı kontrol sistemlerinde loşlaştırma ve devre dışı bırakma kullanıcıları rahatsız etmeyecek kadar yumuşak, fakat günışığındaki ani değişime uyabilecek kadar da çabuk olmalıdır. Ayrıca kullanılan lambaların renk sıcaklıkları da günışığına yakın olmalıdır.

Gün içinde az kullanılan hacimlerde günışığına bağlı bir kontrol yerine yapma aydınlatmanın kullanıcı sensörleri ile kontrol edilmesi enerji tasarrufu açısından uygun bir çözümdür. Kontrol sistemleri hem en fazla tasarrufu sağlayabilecek, hem de kullanıcı memnuniyetini karşılayabilecek biçimde seçilmelidir. Günışığı miktarı, kullanıcı sayısı ve kullanım süresine bağlı bir seçim yapılmalıdır.

Amerikan Enerji Departmanı, kontrol sistemlerini manuel ve otomatik olarak sınıflandırdıktan sonra manuel sistemleri loşlaştırmalı ve aygıt içindeki lambaların bağımsız kontrolü olarak ikiye ayırmakta, otomatik sistemleri ise kullanıcı sensörlü, zamanlamalı ve günışığı duyarlı olarak sıralamaktadır. Bir başka sınıflandırma açma/kapama ve loşlaştırma kontrolü olarak yapılabilmekte, açma/kapama ise geleneksel, zamanlamalı ve sensörlü olarak belirtilmektedir. Alt açılımları farklılaşmakla beraber bu iki ana grup birçok çalışmada kullanılmaktadır. Ayrıca aydınlatma aygıtlarının bağımsız kontrolü, hacimlere bağlı kontrolü ve tüm binanın kontrolü gibi sistemler de kullanılmaktadır [8].

SONUÇ

Binalarda görsel konfor koşullarının sağlanması ve aydınlatma enerjisi tüketiminin azaltılmasına yönelik olarak geliştirilmiş olan çağdaş tekniklerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu tekniklerin hedefi binalarda günışığının yetersiz olduğu bölgelere olabildiğince günışığını ileterek istenen aydınlık düzeylerine günışığıyla ulaşmak ve elektrik harcamalarını azaltmaktır. Ancak, binanın işlevi, iklim bölgesi, kullanım saatleri ve yön gibi değişkenler göz önüne alınarak en uygun doğal aydınlatma sisteminin seçilmesi ile görsel konfor ve enerji tasarrufu sağlanması olanaklı olacaktır. Bu sistemleri ön proje aşamasında modelleyebilecek yazılımların geliştirilmesi ve kolaylıkla uygulanabilecek özelliklere kavuşturulması da şüphe yok ki farklı seçeneklerin değerlendirilerek optimum çözüme ulaşılması açısından yararlı olacaktır. Özellikle gün boyu kullanılan binalarda aydınlatma enerjisi tüketiminin azaltılabilmesi, optimum doğal aydınlatma sisteminin tasarlanması ve uygun bir kontrol sistemi ile günışığı-yapma ışık entegrasyonunun sağlanması ile gerçekleştirilebilecektir.

KAYNAKLAR

- [1] ROBBINS,C.L., Daylighting Design and Analysis, van Nostrand Reinhold Company, NY, 1986.
- [2] ANON, IEA, Daylight in Buildings, Report IEA SHC Task 21, Washington, 2000.
- [3] www.cce.efl.edu
- [4] www.housing.sc.edu
- [5] www.uppco.com
- [6] home.hccnet.nl
- [7] ÖZGÜN, Ö., Tubular Light Guidance Systems as Advanced Daylighting Strategy, Y.Lisans tezi, İTÜ FenBilimleri Enstitüsü, 2007.
- [8] KAÇEL,S., The Effect of Control Systems on Lighting Energy Consumption in Office Buildings, Y.Lisans tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.

ÖZGEÇMİŞ

Alpin Köknel YENER

Alpin Köknel YENER 1984 yılında İTÜ Mimarlık Fakültesinden mezun olmuş, aynı üniversitede 1986 yılında Yüksek Mimar ve 1996 yılında doktor unvanlarını almıştır. 1989 yılında İTÜ Mimarlık Fakültesi Yapı Bilgisi Ana Bilim Dalı Fiziksel Çevre Kontrolü Biriminde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başlamıştır; 1998 yılında Yardımcı Doçent Doktor ve 2004 yılında Doçent Doktor unvanlarını alarak görevini halen sürdürmektedir. Mimari Aydınlatma, Güneş Kontrolü ve Enerji Etkin Bina Tasarımı konularında ulusal ve uluslar arası yayınları bulunmakta ve bu konularda lisans ve lisansüstü dersler yürütmektedir.