

TEKNOLOJİNİN CAM CEPHE PANELLERİNE GETİRDİĞİ YENİLİKLER

Yard.Doç.Dr.Özlem EŞSİZ

MSÜ Mimarlık Fakültesi, Yapı Bilgisi Bilim Dalı
e-mail: essiz@msu.edu.tr

ÖZET

20.yy'da cam, gelişen teknolojiyle estetik bakımdan olduğu kadar teknik bakımdan da mimarlara mükemmel mimari yaratma olanağı sunmaya başladı. Bu muhteşem malzemenin geleceğine baktığımızda, yapısında ve kullanımında gelişmeler sürecektir. Bu gelişmelerin ilki yapı kabuğuna tespit yöntemi, ikincisi ısı tasarım ve parlaklık performansı, üçüncüsü ince film teknolojisindeki gelişmelerle geniş yelpazede kaplama seçeneği, dördüncüsü bütün bunlardan kaynaklanan estetik, ve beşincisi kimyasal yapısındaki buluşlardır [1].

Cam işleme konusunda kaydedilen yenilikler sayesinde cam artık ısı ve ses yalıtımı sağlayabilecek güneşin aşırı parlaklığı ile radyasyon ısını denetleyebilecek ve yapıyı güvence altına alabilecek özelliklere sahip modern bir yapı malzemesidir. Tasarımcılar binanın içine ne kadar ışık alınacağı ne kadar ısı- soğuk ve gürültüyü keseceğini kontrol edebilir. Tasarımcı camın performansını, yüzeye uygulanan kaplamalar, filmler, panellerin sayısı ve camın diğer özelliklerini değiştirerek elde edebilirler. Özetle cam, yapının

- Dış estetiğini,
- İç görünüşünü,
- Kullanıcının görsel konforunu,
- Kullanıcının ısı konforunu,
- Yıllık enerji maliyetini,
- Havalandırma boyut ve formunu etkilemektedir.

GİRİŞ

Cam; inorganik esaslı, amorf bünyeli, sabit erime noktası olmayan, çok yüksek sıcaklıklarda akıcılık kazanan, soğuyunca katılaşp, durgunlaşan, sıvı maddelerin özelliklerini gösteren, ayrıca normal sıcaklıklarda kristalleşme göstermeden hızla katılaşp katı maddelerin mekanik özelliklerini taşıyabilen bir silikat sistemdir. Malzemeciler camı aşırı soğutulmuş bir sıvıya benzetirler. Gerçekten de cam ısıtılmaya başlandıktan sonra sıcaklığın artmasına paralel olarak önce yumuşar ve daha sonra

da akıcı hale gelir. Bu hali ile adeta bir sıvı gibidir [2]. 1970'lerdeki enerji krizine cam endüstrisinin yanıtı iki cam arasında durgun hava veya gaz dolgularla ısı iletiminin sınırlandırıldığı ısıcam olmuştur. Camın bir yüzeyine uygulanan "low-E" kaplamalar güneş ısı kazançları açısından neredeyse "tek yönlü vana" gibi davranmaktadır. Bu süreç aşağıdaki gibi işlemektedir.

- "Low-e" düşük yayımlı ısı kontrol kaplamaları , cam üzerine etkiyen güneş enerjisinin büyük bir bölümünü içeri geçirerek pasif güneş ısı kazançlarını artırır.
- Güneş ışınlarını soğurarak ısınan halı, mobilya, duvar ve çatı yüzeyleri ile radyatör, aydınlatma armatürleri, insan vücudu gibi kaynaklardan yayımlanan 3000-30.000nm aralığındaki çok uzun dalga ışınım enerjisi pencerelerden dışa verilirken, bu enerji "low-e" kaplamaları tarafından tutularak kaynağına geri yansıtılır.
- Pasif solar kazançların sıcak veya ılıman iklimlerde ve özellikle de yazın sorun yaratabileceği akılda tutulmalıdır. Yaz koşullarının dengelenmesi için en iyi önlem çok amaçlı kaplamalar ya da çok bilinçli mimari projelendirilmiştir.
- Bina ısısı çift camlardan %70 ışınım, %30 iletim yoluyla kaçmaktadır.

20.yüzyılın başlarından itibaren malzeme ve yapı teknolojisinde gerçekleşen gelişmelere paralel olarak ortaya çıkan cam cepheler hafif olmaları, estetik görünümleri, imalat ve montajlarının kolay olması,dış iklime dayanıklılıkları nedeniyle kısa zamanda özellikle yüksek yapılar için vazgeçilmez bir yapı kabuğu haline gelmiştir. Cam cepheler ile birlikte; yüzyıllardır uygulanmakta olan iç mekan konforunun sağlanmasında rüzgar ve güneş gibi doğal enerji kaynaklarından yararlanılması anlayışı, yerini ısıtma, soğutma ve havalandırmanın sağlanmasında mekanik sistemler kullanılması anlayışına bırakılmaktadır. Günümüzde ise böyle bir anlayış ile oluşturulan binaların kullanım süreçlerindeki işletme maliyetlerinin ve mekanik sistemlerini çalıştırmak için ihtiyaç duyulan enerjinin büyük boyutlara vardığı, sürekli olarak kullanılan mekanik sistemlerin insanlar üzerindeki olumsuz etkileri artık bilinmektedir. Bu gelişime bağlı olarak söz konusu ihtiyaçlar doğrultusunda gerek cephe sistemleri gerekse cam ve camlama teknolojisi alanında pek çok araştırma yapılmaktadır [3].

TARİHÇE

Cam yaklaşık 4000 yıl önce doğu Mezopotamya'da bulunmuştur. Camın ilk keşfinden sonra 2000 yıl geçtikten sonra üfleme cam ortaya çıkmış böylece pencereler için dayanımlı ince şeffaf levhaların yapılması mümkün olmuştur. 1500 °C'ye kadar yükselen ısı tekniğinin uygulandığı yöntem Suriye ve Mısır'da yaygın olarak kap ve tabak yapımında kullanılmaktaydı. Chance ve Harley şirketleri 1832'de İngiltere'de Avrupa'ya ihraç etmek için büyük boyutlu üfleme levha yapmaya başladı.

Crystal Palace'ın mimarideki önemi, yapımında dökme demir elemanlar kullanmak değil aynı zamanda camın ustalıkla kullanılmasında yatmaktadır. Yapıda 7.3mx1.25m boyutlarında cam paneller kullanılmıştır. Cam ve demirin birlikteliğinin geliştirilmesiyle geniş cam cepheler yapılabilmektedir.

Şekil 1. Reliance Binası, Burnham&Root, 1895, Chicago



1855-56'da Glasgow'da Gardner's Store, John Baird tarafından, Jamaica Caddesinde atölye olarak tasarlanmıştır.Cephesi tamamen camdır. 1871'de Chicago'daki yangın, şehrin merkezinin büyük bir bölümünün tahrip olmasına neden oldu. Bu yangın, dökme demirden diğer malzemelere oranla daha iyi yararlanılacağını gösterdi ve tasarımlarında yeni icat edilen asansör, yapıların yükselmesine neden oldu. 1870-1880'lerde Chicago'daki yapıların cephelerinde büyük cam cepheler kullanılmaya başlandı. 1879'da William Jenney'in 7 katlı Leither Binası bunlardan biridir. Burada, üç açıklıklı dökme demir dikmeli sistem ve iskeletler aarsını geçen döşeme kirişleri ofislere mümkün olduğunca fazla ışık alacak şekilde tasarlandı. Aynı düşünce 9 katlı Willoughby Binasında uygulanmıştır. 1895'te Chicago'daki Reliance Binası'nın çelik çerçeve strüktürünün cephesinde, hafif

malzeme ve cam yüzey kaplaması olarak kullanıldı (*Şekil 1*). Aynı yıl Adler ve Sullivan, çok katlı ve çelik çerçeve sistemlerin cephelerine cam sistemleri uyguladı. Özellikle taş ofis yapılarında kullanım alanının duvar kalınlıklarıyla azalması nedeniyle çelik iskelet ve cam cephe sistemlerinin avantajları daha belirginleşti. 1850'lerde İngiltere'nin pencere camlarının %75'i üç firma tarafından üretilmekteydi. Cilalı dökme plak, üfleli plaklara göre oldukça pahalı fakat daha kaliteliydi.

Fransız ve İngilizler 19. yy ortalarında büyük boyutlu cilalı dökme plak cam üretmeye başladılar. İngiliz cam plak pazarında en büyük ilerleme 1820- 1840 arasında gerçekleşti. 1852-54'de Paxton Buckinghamshire'de Mentmore Tower'ın zemin döşemesinde büyük cam levhalar kullandı. Özellikle dükkanların büyük cephe boşluklarında cam kullanma fikri ana caddede dükkanları olanlar için çok cazip hale geldi. Birmingham'da 6m yüksekliğinde, 2.44mx1.22m boyutlarında cam levhalar yaygın olarak kullanılmaya başladı.

19. yy ortalarında dökme demir kolonlar ve dövme demir raylar, modüler camla bileşimlerde kullanılıyordu. Daha sonra tren istasyonları, çarşı büyük marketler de bu malzemeler kullanılmaya başlandı. Geniş hacimli mekanlarda, kolonsuz iç mekan, gün ışığının mekanların derinliklerine kadar alınması gibi ihtiyaçlar ortaya çıkardı. Bu da cam malzemeyle sağlandı. 19.yy'ın ortalarında popüler hale gelen alışveriş amaçları için yapılan arkadların üzeri cam çatı ile örtülmüştür. Bir ucu açık, bir iç sokak olarak yaratılan bu arkad sistemi bir binadan çok mikro iklim yaratmaktadır [4]. Fontaine'in 1829'da cam tonozlu Galerie d'Orleans ilk önemli alışveriş arkadı(pasajı)dır. Bruno Taut'un 1914'de Köln'de Werkbund Fuarı için yaptığı Poligonal Cam Ev Pavyonu tamamen camdır.

Cam ve hafif şeffaf plastiklerin artmasıyla mimarlar yeni ve zengin tasarım olanakları buldu. 1920 ve 1930'larda yeni cam malzemeleri ve tespit teknolojileri bulundu. Mies van der Rohe'nin hayalindeki cam duvar iç yansıma olasılıklarını keşfetmek ve ışığın açısını değiştirmektir, bu isteği yarım yüzyıl sonra gerçeğe dönüştü[1]. Peter Rice, Martin Francis ve Ian Ritche tarafından geliştirilen sistemde, "patch fitting" ve cam giriş kaldırılmış yerine camlar küresel yatak ve yaylı tutamaklarla arkadaki kablolardan yapılmış giriş sistemine bağlanarak strüktürel taşıyıcı minimuma indirilmiştir [5].

3.CAM ÇEŞİTLERİ

3.1.Levha Camlar

Camın; uzunluk ve genişliğinin, kalınlığına göre daha çok büyük değerler taşıyacak şekilde tabakalar halinde biçimlendirilmesi sonucu elde edilen malzemeye levha camlar denir. Levha camlar doğrudan levha olarak üretilebildiği gibi sonrasında çeşitli işlemler uygulanarak da farklı özellikler kazandırılarak, iç mekanda kullanılırlar [6].

3.2.Çekme Camlar

Bu camlar herhangi bir işleme tabii tutulmamış, erimiş cam hamurunun düşey olarak merdaneler arasından çekilmesi ile üretilmiş levha camlardır. Normal pencere camı olarak da bilinir 2m ile 7 m arasında eşit kalınlıklarda üretilir. Yüzeyde hiçbir işlem yapılmadan renksiz olarak kullanıldıklarında oldukça saydamdırlar. Ancak fiziksel ve mekanik özellikleri, diğer levha cam tiplerine göre zayıftır. Güvenlik ve yalıtım amaçlı kullanılmazlar. Saydamlığın istenildiği mekanlarda, taşıyıcı çerçeve sistemi içerisinde kullanılmalıdırlar. Düşey, merdane ile üretilen ve son derece ilkel olan bu cam tipi, günümüzde artık terk edilerek yerini float camlara bırakmıştır

3.3.Float Camlar

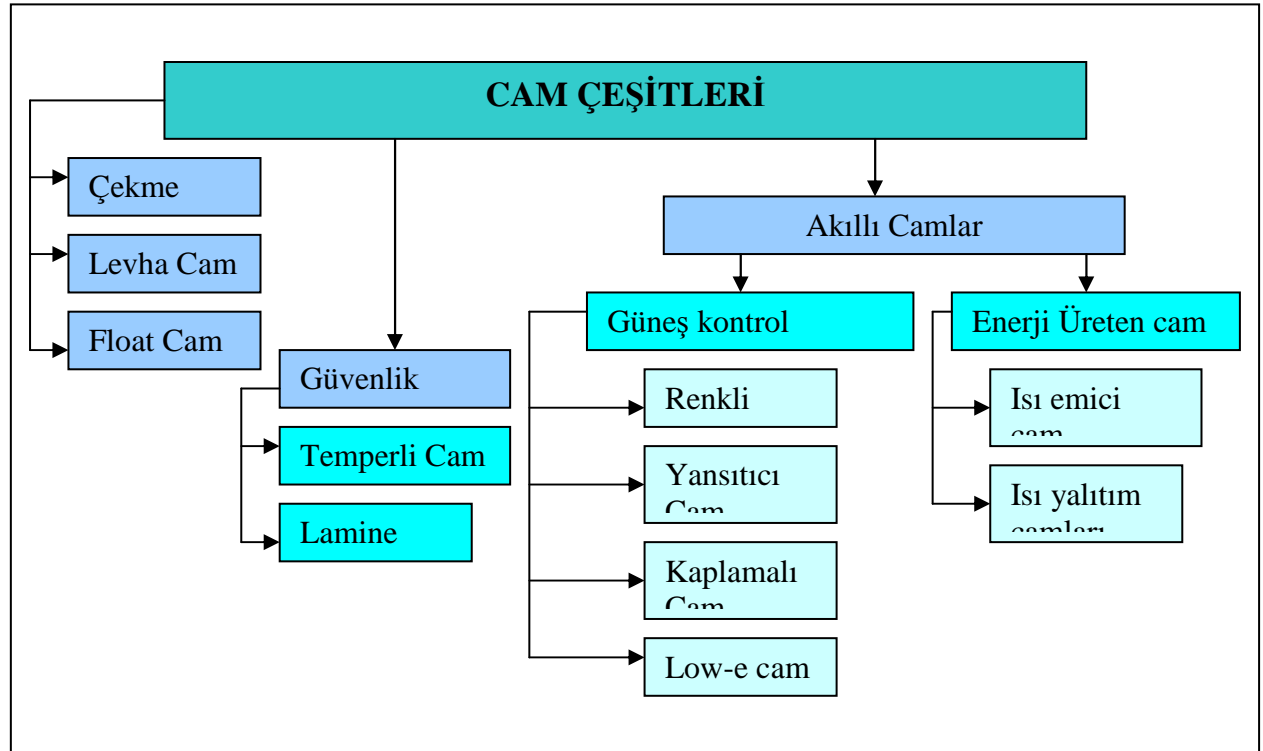
Cam hamurunun yatay olarak çekilmesi ile elde edilen tabakaların, eriyik haldeki kalay dolu ikinci bir havuz üzerinden yüzdürülerek geçirilmesi ile üretilmiş levha camlardır. Elde edilen camların

yüzeyleri son derece düzgün, dalgasız ve parlaktır ve sonradan herhangi bir parlatma ve benzeri işleme gerek kalmamaktadır [6]. Float camlar, 2⁻¹⁹ mm arasında kalınlığa sahip olabilirler. En büyük boyutları 3.20mx6.00m, en küçük boyutları ise 1.50mx1.00m'dir. Float camların, mağazaların teşhir mekanlarında bulunan cam bölücü elemana rağmen, müşterinin görsel yanılığa düşmeden kamaşma, parlama gibi algıyı zorlaştıracak aydınlatma problemleri ile karşılaşmadan, kusursuz görsel algılamaya sağlayacak şekilde üretilmeleri mümkündür. Bu tip camlar, cam yüzeyinin aşındırılması prensibine dayanan, aşındırma ve asit daldırma işlemi ile üretilmektedir. Tümüyle homojen bir şekilde aşındırılan cam yüzeyi matlaşarak parlama ve yansımayı engeller. Ancak ışığı dağıtarak parlamayı önleyen bu camlar, arkasında görülen nesnelerin keskinliğini ve birbirleriyle olan kontrastlık derecelerini kaybeder. Dolayısıyla görsel bütünlüğü etkiler[7].

3.4.Güvenlik Camları

Camda güvenlik kavramı genelde kırılmanın sonucunda ortaya çıkabilecek risklere bağlıdır. En yaygın risk türü, kişilerin yaralanabilmesi ile kişi ve eşyaların bir taraftan diğerine çarpma ya da düşme sonucu oluşabilecek istenmeyen geçişleridir. Günümüzde cam, yeni işleme teknikleri sayesinde daha zor kırılan ve kırıldığında da yaralanmaları en alt düzeye indiren saydam plaklar haline gelebilmiştir. Dünya şartnameleri gereği, bitmiş döşeme kotundan 90cm yüksekliğe kadar olan düşey camlar, cam ve camlı kapılar, yaya trafiğinin yoğun olduğu ve hareketli olduğu mekanlar ve kazaların muhtemel olduğu her yerde kullanılırlar. Güvenlik camları ön gerilmeli(temperli) ve tabakalı (lamine) camlardır [8,9].

Tablo 1. Cam Çeşitlerinin Sınıflandırılma



3.4.1.Temperli(Öngerilmeli) Camlar

Cam malzemenin basınç, darbe ve ısıya karşı direncini arttırmak için birtakım ısıl işlemlerinden geçirilir. Buna temperleme denir. Temperleme işlemi, yatay hat üzerinde camın dış yüzeylerine basınç

gerilimi, ortasında ise bir çekme gerilimi kazandırmak için ani ısıtma (450⁰C) ve soğutma ile yapılarak elde edilir. Kırıldığında zar büyüklüğünde parçalara ayrılır ve bu özelliğinden dolayı da iç mekanlarda da güvenlik camı olarak kullanılır [9]. Temperlenmiş camlar üretildikten sonra üzerlerinde herhangi bir işlem (delme, kesme vb) yapılması camın parçalanmasına neden olacağından bu tür işlemlerin önceden, camın ani olarak soğutulmasından önce yapılması gerekir. Bu tür camlar güç kırılmakla birlikte, kırıldığı zaman küçük parçalar halinde kırılırlar ve bu kırılma şekli nedeniyle kesici parça etkileri çok azdır [2].

3.4.2. Tabakalı (lamine) Camlar

Tabaklı camlar, iki cam levha arasındaki polivnyl bütiral folyo tabakasının renkli ve renksiz olanakları adi cam, mat cam ve güneş kontrol camlarının farklı düzenlemesi halinde üretilmektedir [2]. Lamine cam tabakalarının arasına polyvnyl-butiral folyo konulabildiği gibi, öngerilmeli levha camlar arasına ısı geçirgenliği son derece düşük olan bir jel konulabilir. Poliyvinyl-butiral folyo, ısı karşısında şişerek opaklaşır ve yalıtım sağlar. Jel ise aleve maruz kaldığında, kabuk şeklini alır ve katmanların arasında buharlaşan su, ısı enerjisine dönüşür ve bu şekilde jel tükenene kadar bize süre kazandırır. Isı yalıtım özelliği bulunmayan camlarda yangın anında yüzey ısı 550⁰C'ye kadar yükselmektedir. İşlevlerin etkilemediği diğer yüzeyde ise 300⁰C'nin üstüne çıkabilmektedir. Ancak yangın kesici ara tabakalı camlarda kritik yüzey ısı en fazla 140⁰C'ye kaçış yönündeki yüzeyde ise ısı 45⁰C civarına çıkmaktadır [10,12]. Isı ile eriyen PVB renksiz, bronz, yeşil ya da mavi gibi renklerde de olabilir. Plastik ara tabakalı camlar; iç mekanlarda güvenliğin de ön planda tutulması gereken yerlerde, görsel bütünlüğün ve devamlılığın bozulmaması açısından tercih edilebilir camlardır. İç mekanlarda katlar arası bağlantı istenmediğinde, cam merdiven bloklarıyla sağlanabilir. Bu durumda bu bloklar güvenlik camı olmalıdır. Kullanılacağı mekanın yaya trafiği ve taşıyacağı yük düşünülerek, bu camlar hem temperli hem de laminasyonlu olmalıdır. Böylece düşeyde sağlayacağı sirkülasyon güvenli hale gelir. İç mekanlarda bir de tel örgü tabakalı camlar tercih edilmektedir. Bu camlar, cam tabaka aralarına ızgara biçiminde metal alaşımli tellerin yerleştirilerek yüksek sıcaklıkta birleştirilmesi sonucu elde edilir. Darbeye olduğu kadar yangına da dayanım gösterir, özellikle, mağazalara kurulan sabit raf sistemlerinde, hem dekoratif, hem de çekmeye ve eğilmeye dayanıklı olduğu için tercih edilirler. Telli camlar renkli ya da renksiz olarak üretilmektedir. Alışveriş merkezlerinde, merdiven korkulukları, asansör kapıları ve iç bölmelerde çok kullanılırlar [10,11].

3.5.Güneş Kontrol Camları

Isı ve güneş ışınlarını kıran fonksiyonel tabakalar yeni gelişmelerdir. Örneğin, ışığı kıran plastik filmler bu amaçla kullanılmaya başlamıştır. Bunlar sadece belirli açılarda günışığını geçirir ve geçirimsiz olurlar. Holografik ışık kırıcılar ışık eğimlerine aynalar, lensler ve prizmalar gibi davranır. Mimaride ışığın yönünü değiştirmek, güneş kırıcı vb amaçlar için kullanılır. Fotovoltaik (PV) modüllerle lamine cam güneş enerjisini elektriğe dönüştürmede kullanılır. Aynı zamanda, bunlar güneş kırıcı olarak da kullanılmaktadır. PV modülleri genellikle farklı silikon güneş hücrelerinden oluşur. Polykristal güneş hücreleri genellikle mavi ve opaktır. Günümüzde, otomatik veya mekanik olarak kontrol edilebilen ışınım ve geçirim araştırmaları farklı sistemlerle yapılmaktadır. Bu sistemlerin thermotropic katmanlar kullanılarak güneş ışınım spektrumunun tümüne karşı koyabilmektedir.

Düz camlar, ışık yansıtma durumundayken artan ısıyla, opak veya ışık yayan duruma gelir. Ana malzeme, su ve plastik veya iki farklı plastik gibi sapma oranlarıyla iki malzemenin kombinasyonudur. Düşük ısıda malzeme homojen ve geçirgen iken, ısıtıldığında ise ışığın kırılması sonucu polimerler düzenlerini değiştirmektedir. Bu transformasyon yöntemi tersine çevrilebilir. Isı açığa çıktığında termokromik katman özellikle IR oranına yakın, geçirgenlik özelliklerinde olmaktadır.

Bunlar ısı kayıplarını azaltmak için low-E kaplama kullanımlarda uygundur. Elektrokrom katmanlar oluşturan sistemler belirli malzemelerin özelliklerini ortaya koyar. Bu şekilde malzemenin geçirgenlik özellikleri tanımlanabilir. İyon depolama katmanı, iyon iletici ve elektrokromik malzeme şeffaf elektrotlarla cam veya plastik iki substrates arasına konur. Elektrik verildiğinde kimyasal reaksiyon oluşur ve iyonlar öne-arkaya doğru hareket eder. Katmanlar aynı şekilde kaldığı sürece elektrik uygulaması sadece iyon değişimleri sırasında gereklidir . Elektrokromik sistemler güneş kırıcılar veya göz kamaşmasına karşı koruyucu olarak kullanılır [13].

Güneş kontrol camları sıcak iklim koşullarında güneş enerjisinin içeriye girmesini önemli ölçüde azaltarak havalandırma sistemlerinde tasarruf sağlamakta ve ayrıca güneş ışınlarının rahatsız edici parlaklığını azaltmaktadır. Gün ışığı ve ısı ışınımına geçirgen olan, aktif ve pasif güneş kazançları ve güneşten korunma doğrultusundaki gelişmelere birçok noktada kesişmektedir. Cam, üretilmiş veya kazanılmış bina ısıısının korunması, güneşten korunma, güneş ışınımının ısı veya elektrige dönüştürülmesi veya bina cephelerinde güdümlü hava akımları oluşturarak havalandırma veya serinletme sağlanması gibi birçok alanda işe yarayan kullanışlı bir yapı malzemesidir [14]

3.5.1. Renkli Camlar

Renksiz camdan sonra renkli cama doğru bir arayış başlamıştır. İlk dumanlı cam 1930'larda USA'da bulunan soluk yeşil bir camdı. Bunun amacı, otomobil camlarında parlamayı önlemektir. Renklendirme cam eriyik durumundayken içine ilave maddeler katılmasıyla elde edilir. Renkli cam günışığının çoğunu emdiği için oldukça sıcaktır. Cam yüzeyine gelen güneş ışınlarının büyük bir kısmı emilir. Daha sonra emilen güneş ışınlarının bir kısmı dışarı verilirken bir kısmında içeri alınır. Böylece içeri alınan güneş ısı miktarında normal renksiz cama göre düşme sağlanır. Renkli camlar, güneş kontrol etkinliği arttıkça tempeleme ön koşulunu da beraberinde getirir. Kuvvetli emilme, cam yüzeyinde termal gerilim yaratacağından belli boyutların üzerinde temperlenerek kullanılırlar. Cama metal oksid ilaveleriyle geniş renk yelpazesi elde edilir. Buna karşılık ışık geçirgenliği azalır. 4mm'lik yeşil camda T-değeri 0.78 (beyaz camda 0.92) ve g-değeri 0.67 (beyaz camda 0.90)'dır [13]. Fotosensitive camlar renkli camlar alanında özel bir uygulamadır. Yeşil ve bronz renkler gri tonlarıyla birleştirilerek renk kartelası genişletilmiştir. Farklı gri tonları kobalt okside, nikel oksid ve selenyum oranlarıyla çeşitlenmiştir.

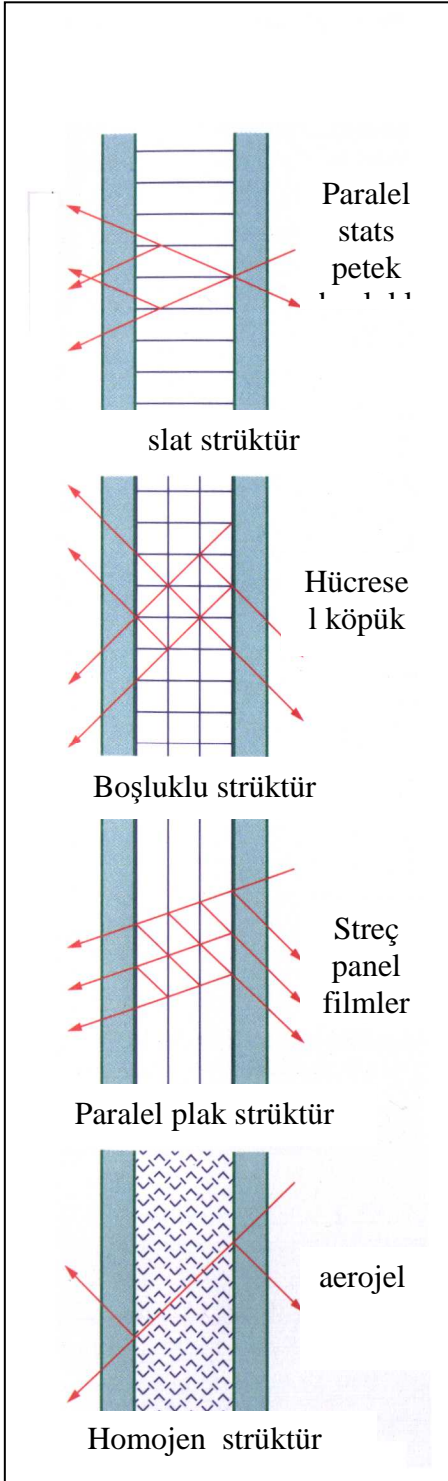
3.5.2. Yansıtıcı (reflektif) Camlar

Yansıtıcı camlar, üretim hattında veya üretim hattı dışında çeşitli metal veya metal oksitlerle yüzeyleri kaplanarak yüksek yansıtıcılık özelliği kazandırılmış camlar olarak tanımlanırlar. İnce metalik kaplamaların başlıca dezavantajları yumuşak yüzeyleri ve metallerin (özellikle gümüş ve bakırda) kimyasal dirençlerinin düşüklüğünden dolayı korozyon sorunlarıdır. Krom, titan ve çelik alaşım gibi metal kaplamalarda güneş spektrumunun görünür ve yakın infrared bölgelerdeki geçirgenlikleri yaklaşık aynıdır. Renkleri saydama yakındır. Çeşitli metal oksitlerin pirolitik yöntemlerle cam yüzeyine uygulanması ile mekanik ve kimyasal direnci yüksek yansıtıcı camlar elde edilmektedir.

3.5.3. Düşük Emissiviteli (low-e) Camlar

Low-E cam yüzeyinde düşük Low-e kaplamalı düz cam türüdür. Düşük low-e, cama uzun dalga boyundaki radyasyonu yansıtma özelliği kazandırır. Böylece Low-E camlar, gece ve gündüz

Şekil 2. Şeffaf Yalıtım ışınlarını emen oda içindeki tüm eşyaların ve duvarların yaydığı uzak infrared bölgedeki radyasyonun hemen tamamını geri yansıtarak odanın soğumasını önlerler [15,8].



3.5.4. Kaplamalı Camlar

Yumuşak kaplamalar genellikle 6 ve 9 tabakadan oluşur. Malzemenin farklılaşmasıyla kaplama kalınlığı, ışık geçirimi ve diğer özellikler kontrol edilebilir. Low-E kaplama ısı levhalarını biçimlendirmede kullanılır. Cam yüzeyindeki yansımayı azaltan bu kaplamalar için iyi iletken olan metal katmanlar tercih edilmektedir. Son yıllarda gümüş esaslı kaplamalar ışığı yüksek oranda geçirmesi ve doğal renkleri nedeniyle baskın gelmektedir. Güneş kırıcı amacıyla, yansıtıran ısı geçirimi azaltan yüksek reflektif özelliklere sahip metal oksid kaplamalar kullanılmaktadır. Yansıtıcı camlarda t-değeri 0.10-0.77 ve g-değeri 0.20-0.70 arasındadır. İlk aynalar kaplama tekniği ile yapılırdı. Soğuk ayna kaplamalar, IR oranını geçirirken görünen dalga boyunu yansıtarak low-e sistemlerinin tersine davranır. Sırlı birimler yüzeyin tümüne veya farklı baskılı desenli formlara uygulanabilir. Çok katmanlı cam ürünler farklı iç aralıkları olan kaplamalı veya kaplamasız kombinasyonlardan yapılır[13].

3.6. Enerji Üreten Cepheler

İki cam arasına veya yalnızca bir ön cam arkasına yerleştirilmiş silikon veya özel ince film kaplamalı fotovoltaik(FV) sistemlerle gün ışığından elektrik elde edilebilmektedir. Birbirine seri bağlı hücrelerden elde edilen doğru akım elektrik enerjisi “inverter” ler yardımıyla alternatif akıma dönüştürmekte; elektriksiz ve uzak kırsal yörelerde tek başına veya yapılar ve diğer bayındırlık işlerinde yardımcı kaynak olarak kullanılmaktadır. Güneşle hücreler arasındaki cam, verim artışı için demiroksitten arındırılmaktadır. Güneşin ışık dışındaki ısı ışınımı FV’ler için gerekli ve yararlı olmadığı için soğurmanın yan ürünü olan ısı enerjisi fotovoltaik+güneş kolektörü kombinasyonlu melez sistemlerde su ısıtmada kullanılabilir. Fotovoltaik yöntemiyle üretilen elektriğin 10-15 yıl içinde ekonomik hale gelmesi beklenmektedir. Yapılardaki enerji tüketim maliyetini azaltmanın güncel ve gelecek yaklaşımı, bina kabuğuna fotoaktif camlar kullanmayı azalacaktır. Güneş ısısından maksimum yarar sağlayarak depolanabilir ve kullanılabilir ısıya dönüştüren güneş kolektörleri, seralar ve fotovoltaik güneş kolektörleri, seralar ve fotovoltaik güneş pili

uygulamalarından farklı olarak güneş ışınımının yalnızca ısı boyutuyla ilgilidir. Kullanım sırasındaki kazalar veya ısı kırılma risklerine karşı camların “temperli” olması önerilmektedir [14].

3.6.1. Isı Yalıtım Camları

Yalıtımlı cam pencere endüstrisinde bir devrimdir. Tek tabakalı düz cam yüksek oranda manzara ve ışık sağlarken, yalıtımlı camdan 10-15 daha fazla ısı ve soğuk mekanın içine aldığından mekanı rahatsız hale getirir. Bu nedenle pencereler mekanı yazın dayanılmaz sıcak, kışın ise soğuk yapabilir. Yalıtımlı cam iki levhanın arasına hava hapsedilmesiyle yapılır. Bu alana argon veya diğer özel gazlar doldurulmasının yanısıra gözle görülebilen low-e kaplama olarak isimlendirilen metalik kaplamalar daha fazla enerji etkin hale getirir [18].

Bu durumda en çok kullanılan malzeme farklı kalınlık ve dokudaki cam, polikarbonat ve quartz köpüktür. Diğer iki tabaka arasına yerleştirilen malzeme mekanik zarar ve hava şartlarına karşı korunur. Bu ilave malzemeler, cam levhalara paralel veya dik, hücreli düzenleme veya mikroskopik hücreli formda olan aerogel gibi farklı biçimlerde düzenlenebilir. Serbest-gevşek granüller, daneli dolgular ekonomik üretilmektedir. 16mm'lik dolgu ile 0.8W/m²K'dan daha az U değeri elde edilebilir. Bu ısı izolasyon arasındaki karşılaştırma geçirgenlik ve görüşün engellenmesinin istenmediği durumlarda yalıtımlı cam ve plastik membranlar arasına konulması çok yugundur.

Bu sistemler aynı zamanda düşük U değeri sağlar. Cam katmanlar arasındaki jaluzi, film tabakası vb. güneş kırıcı elemanlar kirlenmeye karşı korunaklıdır, böylece bakım ve temizlik maliyeti azalmaktadır. Jaluziler mekanik olarak da ayarlanabilmektedir (Şekil 2) [13].

3.6.2. Isı Emici Camlar

Isı emici camlar, tüm düz cam üretim yöntemlerinde cam kütlesinin renklendirilmesiyle bronz, gri, yeşil renklerde üretilen renkli camlar ile float üretiminde sadece cam yüzeyinin renklendirilmesiyle "Spektrafloat" tipi yüzeyi renkli camlardan oluşmaktadır [15].

3.6.3. Akıllı Camlar

Değişken iklim koşulları ve binanın gereksinimleri paralelinde optik özelliklerini değiştirerek, akıllı filtreler şeklinde davranan camlardır. Güneşten ısı kazancının istendiği dönemde güneşin ısıl etki taşıyan ışınları geçirir, güneş kontrolünün istendiği dönemde bu ışınları yansıtır, yalnızca görünebilir alan içine yeterli kısmı getirirler. Başlıca tipleri fotokromik, elektrokromik, termokromik, holografik camlardır. Isıtma ve soğutma yükleri eşit ve yüksek olan binalarda mevsimlik değişikliklere uyum sağlama yetenekleri nedeniyle önerilir. Bunun yanısıra içsel ısı kazançları yüksek olan, mevsimlik güneş kontrolünün büyük önem kazandığı binalarda da kullanılabilir [16]. Yapının yer aldığı enlem, iklim kuşağı ve topografyaya bağlı olarak, ısınmak için bazen güneş ısını binanın içine alarak içte tutmak, sıcaktan korunmak için de bazen güneş ısını dışta tutmak gerekir. Çoğunlukla soğuk veya sıcak iklimlerde bu konuda seçim kolay olmakla birlikte, Türkiye'nin de içinde yer aldığı iklim kuşağında hem yaz, hem de kış koşulları geçerlidir [14].

4. SONUÇ

Son yıllarda ülkemizde de yaygın bir şekilde uygulanmaya başlayan cam cepheler, hafif olmaları, estetik görünümleri, imalat ve montajlarının kolay olması, dış klime dayanıklılıkları nedeni ile kısa zamanda özellikle yüksek yapıların vazgeçilmez bir yapı kabuğu olmuştur. Cam işleme alanındaki yenilikler camı artık sadece pencerelerde kullanılan bir malzeme olmaktan çıkarmıştır. Cam ısı ve ses yalıtımı sağlayan, güneşin aşırı parlaklığı ile radyasyon ısını denetleyen ve yapı içini dış etkenlere karşı güvence altına alabilecek niteliklere sahip bir yapı kabuğuna dönüşmüştür. 20. yüzyılda ise

harman katkı maddeleri, ince film kaplamaları, ara katmanları veya yüzey işlemleri yardımıyla, yalın veya çok katlı, doğrudan veya dolaylı olarak:

- Binaların gün ışığı denetimi veya iklim kontrolünde,
- UV ışınlarında korunmada,
- Güneş ışınlarından ısı ve elektrik üretiminde,
- Seralarda kullanılmıştır [17].

İyi cam seçimi binayı daha güzel, daha konforlu daha üretken ve az bakım ve onarım gerektiri yapar. En iyi cam seçimi iklime, yönelmeye, gölge ve iç mekan kullanımına bağlıdır. İkinci olarak, bu ileri cam teknolojileri ilk bakışta eski uygulamalarda pahalı gözükebilir. Fakat uzun dönemde düşünüldüğünde yıllık enerji maliyeti ve HVAC sistem maliyetini azaltır.

21. yüzyılda cam bütün bu işlevler kapsamında daha da büyük görevler üstlenecek ve fotokromik, elektrokromik ve termokromik özelliklerle çevre koşullarına otomatik tepkiler verebilen bir konum kazanacaktır [14,18].

KAYNAKLAR

- [1] WIGGINTON M., (1998), *Glass und Architecture*, Bauen mit Glass, Detail
- [2] TOYDEMİR,N., (1999), *Cam Yapı Malzemeleri*
- [3] (2003), *Çift Kabuk Cam Cephelerin Enerji ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım*, Doktora Tezi, ITU, İstanbul.
- [4] WIGGINGTON M., (1996), *Glass in Architecture*, Phaidon, Londra
- [5] ÖZGÜL,A.,(1998), *Transparent Cephe*, İnşaat, Kasım
- [6] EŞSİZ,Ö., (2004), *Cam, Yapıları Işıldatıyor*, İnşaat Dünyası sayı 2
- [7] SCHULZ C., SEER P., 1993, *Glas am Bau I, Konstruktion von Glasfassaden*, Deutches Architektenblatt, Germany
- [8] RİTCHE I., 1998, *Constructing with Glass*, Stahlbau no:4, Germany
- [9] MAĞGÖNÜL G., (1993), *İşlenmiş Camlar*, Sempozyum Bildirileri, Yapıda Temelden Çatıya Cam ve Cam Kökenli Malzeme Türleri ve Uygulama Örnekleri, YEM
- [10] *Pilkington Levha Cam Çeşitleri*, 1997
- [11] KNAACK U., 1998, *Konstruktive Glasbau*, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, Köln
- [12] Cam Yapı Elemanlar Kataloğu, Şişecam, 1999
- [13] COMPAGNO,A.,(2000), *Glass as a Building Material and Its Possible Applications*, Detail 3
- [14] AKYÜREK (2003)
- [15] SARAÇ Y., (1991). *Güneş ve Isı Kontrol Camları*, İnşaat Eylül
- [16] UTKUTUĞ G., AYÇAM İ., *Farklı Malzemelerle Üretilen Pencere Tiplerinin ısl*

performanslrinin

[17] SLESSOR, C., (1998), Glass Evolution, Architectural Review May

[18] SULLIVAN C.C., (2000), Points and light, Building Design & Construction, August