

CAMIN YAPISAL KULLANIMININ TARİHSEL GELİŞİMİ, GÜNCEL OLANAKLAR VE UYGULAMA ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ

TAŞKIN ALTINKAYA¹, AYDAN ÖZGEN²

ÖZET

Cam, bulunmasından sonra yapısal anlamda kullanılmaya başlanmasıyla insanoğlunun yaşantısında önemli bir yer tutmuştur. Tesadüf sonucunda bulunan cam malzemenin yapılarda kullanılması ağır bir gelişme süreci geçirmiştir. Yapısal cam, bu ağır gelişme sürecinden sonra yeni yapım ve uygulama tekniklerinin ve camın taşınmasında rol üstlenen çeşitli malzemelerin geliştirilmesi sonucunda hızlı bir gelişme dönemine girmiştir. Bu dönem, bazı mimarların mimari camı ağırlıkta kullandıkları tasarımları ile çok daha önemli hale gelmiş ve yapısal camın gelişimini hızlandırmıştır. Son yıllarda ortaya çıkan enerjinin verimli kullanımı ve sürdürülebilirliğinin öneminin artması, bina tasarımlarında mimari camın bu yönde kullanımını vazgeçilmez kılmıştır.

Bildiride, yapısal camın tarihsel süreç içerisindeki gelişimi uygulanmış örneklerle birlikte anlatılmakta, günümüzde yapı malzemesi olarak ulaştığı konumu açıklanmakta ve son yıllarda geliştirilen ve yapı cephelerinde uygulanmaya başlanan cam cephe türleri ve bunlara ait uygulama örnekleri incelenmektedir.

¹ Y. Mimar, M.S.Ü.

² Prof., M.S.Ü. Mimarlık Fakültesi, Fındıklı, İstanbul

1. GİRİŞ

Cam levhaların üretiminin ve uygulanmasının güçlüğü, XIX. yüzyıla gelinceye kadar ağır bir gelişme göstermesine neden olmuştur. Bu dönemden sonra üretim ve uygulama tekniğinde meydana gelen gelişmeler, mimari camın endüstri devriminden sonra ortaya çıkan dökme demir ve çelik malzemenin yapılara girmesi ile oluşan geniş açıklıklı boşlukların kapatılmasında önemli bir rol üstlenmesini sağlamıştır. XX. yüzyılın başlarından itibaren, bu konuya duyarlı mimarların tasarımları içinde yer alan büyük ebatlı camlar, yavaş yavaş binalardaki yerini almaya başlamıştır. XX. yüzyılın ortalarına damgasını vuracak olan giydirme cepheli binaların ilk tasarımları ise otuz yıl öncesinden yapılmaya başlanmıştır.

1970'li yıllarda ortaya çıkan enerji krizi, binalarda enerjinin verimli kullanımını gerektirmiştir. Özellikle giydirme cepheli binalarda, konfor şartları için harcanan enerjinin konfor şartlarını düşürmeden azaltılması için doğal havalandırma, doğal aydınlatma, zemin ısısı gibi ekolojik kavramlar ortaya çıkmış ve bu kavramlar bina tasarımı, bina servisleri ve pencere camının rolü üzerinde yeni bir etkiye sahip olmuştur.

Bütün bu gelişmelerden sonra elektronik alanında, mikroçip endüstrisinde ve mikro-kimyasal teknolojide meydana gelen gelişmeler, camın çevresel açıdan sürdürülebilir bir malzeme olarak yapıda kullanılmasını sağlayacak yeni yöntemlerin gelişmesini sağlamıştır. Çeşitli özelliklerle donatılan camlar, ısıtma, soğutma ve aydınlatma için harcanan enerjiyi minimuma indirerek, bir bina için gerekli konfor şartlarını en iyi düzeyde sağlamak üzere cephelerde kullanılabilmektedir.

2. MİMARİ CAMIN TARİHÇESİ

İnsan, camı yapmayı öğrendiği binlerce yıl içinde iki özel durumla karşı karşıya kalmıştır; bir yanda barınma, korunma ve mahremiyet için duvar yapma ihtiyacı, diğer yanda aydınlatma ve görünümü sağlamak için ışığı iletme ihtiyacı [1].

2.1. Başlangıçlar, Gotik ve Dünyevi Yapılar

Camın keşfi, yaklaşık 4,000 yıl önce doğu Akdeniz'de, muhtemelen çok eski bir çömlekçi fırını altında, bir toprak altı ocağının alkali külü ile çömlek karışımının silika ile kaynaşmasıyla ortaya çıkar. M.Ö. I. yüzyılda, Suriye/Filistin bölgesinde 'üfleme cam'ın icadı göze çarpmaktadır ve bu, olması en çok muhtemel atılım gibi görünmektedir. Kuzey Avrupa camcıları,

M.S. 1,000. yıllar ile cam endüstrisinin geniş alana yayılmasını sağlamışlar, bükme ve silindir yöntemlerini kullanarak kiliselerin artan taleplerini ve kendi iklimlerinin uzun kışlarından korunma ihtiyaçlarını karşılamışlardır.

Gotik sitili, Paris'in yüz mil yarıçapında bir alanı içinde doğmuş ve gelişmiştir. Kuzey Avrupa Gotik mimarlığı, belki de cam mimarlığın ilk çağının gerçekten tam olarak seslenişidir ve Christian Kilisesi tarafından ortaya çıkarılmıştır. Daha önce hiç olmadığı kadar aydınlık oluşturmaya doğru yönelme, duvar mimarlığından cam mimarlığına ortaya çıkarmıştır. XVI. yy. ile birlikte, pencere camları dini yapılardan sonra dünyevi yapılarda da kullanılmaya başlanmıştır.

XVIII. yüzyıl, üfleme, geniş ve levha cam arasında yaygın olarak kullanılan terimleri görmüştür. 1730 yılında, silindir yöntemiyle yapılan geniş cam, çoğunlukla kullanılan bir malzemedir. 1775 yılı civarında, 2,135 mm x 1,320 mm ebadında levha cam üretilmiştir. XVIII. yüzyıl Avrupa'sı, cam ve buna bağlı olarak pencere ve ayna yapımı tekniğinde meydana gelen önemli gelişmeleri görmüştür [2].

2.2. Limonluklar ve Fuar Binaları

XVI. yüzyılın sonlarından XIX. yüzyılın ortalarına kadar limonluğun gelişimi, Batı mimarlığının önemli dönemlerinden biridir. Önemli bir örnek olarak, Devon Bicton'da 1820-40 yılları arasında yapılan The Palm House, şaşırtıcı derecede ince metal taşıyıcı sistemi ile yeni cam mimarlığın potansiyelini göstermiştir.

Joseph Paxton tarafından yapılan büyük fuar binası The Crystal Palace, mimarlıktaki camın gelişimi içinde önemli bir konumdadır. St Pancras İstasyonu ve Palais des Machines, uzun açıklıklı strüktürlerin farklı çözüm yöntemlerini gösterir. Binalar, farklı fonksiyonlar için yapılmıştır, fakat tasarımların gereklilikleri aynıdır; günışığının içeriye girmesini sağlayacak geniş serbest açıklıklar. Cam, XIX. yüzyıl ortasından sonra popüler olan çarşılı arkadlar için kullanılmıştır. İlk çarşılı arkad olan camdan yapılmış beşik tonozlu Galerie d'Orleans, 1829 yılında Paris'te Fontaine tarafından yapılmıştır [3].

2.3. Cam Mimarlığa Doğru Modern Hareket

Mimari camın yegane ve önemli özelliği, günışığını geçirme kabiliyetidir. Tasarımcılar, yapısal buluşlar yoluyla gittikçe büyüyen pencere açıklıkları ve neticede günışığı vasıtasıyla bina içinin görsel kalitesini artırmak amacıyla bütünüyle cam duvar elde etmişlerdir. XIX. yüzyılda, binaların bütün tiplerine uygunlukta elde edilebilir büyük pencere açıklıkları yapılarak, sonuçta kolon-kirişli yapı ortaya çıkmıştır. Demir, daha sonra çelik strüktürel

çerçeve ve cam duvar, sadece kolonlar tarafından kesilen serbest iç mekân arzusunu gerçekleştirmiştir. Cam ve çelik iskelet, modern mimarlık hareketi içindeki kilit rolü oynayan öğeler arasında yer almıştır [1].

İlk giydirme cephe, 1918 yılında San Francisco’da Hallidee Binası için Willis Polk tarafından tasarlanmıştır. Tamamen camlı giydirme cephe tasarımının uzakta olan bir girişimi Mies van der Rohe’nin 1922 yılında tasarladığı ‘Cam Gökdelen’ projesidir. Bu şekildeki bir etki, 1975 yılında İngiltere Ipswich’de Foster Associates tarafından yapılan Willis Faber & Dumas Binası’na gelinceye kadar elde edilememiştir [4].

1940’lı yıllarda, Mies van der Rohe, Philip Johnson gibi ünlü mimarlardan bazıları kendi cam evlerini inşa etmişlerdir. 40’lı yılların sonunda ise Mies van der Rohe, Skidmore Owings (SOM) ve Merrill, Jacobsen ve diğer mimarlar tarafından yapılan giydirme cephe binaların yaygınlaştığı görülmektedir. 860-880 Lake Shore Drive, Seagram Building (Mies van der Rohe), Lever House (SOM) ve Birleşmiş Milletler Binası (Wallace K. Harrison ve Ortakları) gibi binalar bu dönemin önde gelen giydirme cephe yapılarıdır. Yüksek enerji tüketimleri, kışın soğuk ve yazın da oldukça fazla sıcak olması, yoğunlaşmaya dayanıksız olması, sık sık kötü bir biçimde bakımını yapma gerekliliği, giydirme cephelerin olumsuzlukları olarak ortaya çıkmıştır. Bu binalar, teknik gelişmenin 400 yılına rağmen sıcaklığı, XVI. yüzyılın büyük Jacobean evlerinden daha iyi kontrol edememiştir.

Foster Associates tarafından 1973-75 yılları arasında İngiltere Ipswich’de yapılan Willis Faber & Dumas Binası, yeni cam tespit tekniklerinin kullanıldığı mükemmel bir örnektir. 1980 yılında Adrien Fainsilber, Mühendis Peter Rice ile birlikte, Parc de la Villette’deki Bilim Müzesi ’nde çok büyük cam çevre duvarı yaparak, cam duvarın ele alınış biçimini ilerletmiştir. Camın kolon olarak kullanılması için güçlendirici ve destekleyici eleman olarak cam yüzgeçlerin kullanımı, basit bir adımdır. Bu adım, Benthem ve Crouwel’in, 1986 yılında yaptıkları Sonsbeek Heykel Pavyonu’nda ortaya çıkmıştır [2].

3. CAM CEPHELER

Cam cephe tasarımında, farklı bir tür tasarı gerçekleştirilmiştir. Bu tasarı türü, bir yandan ısı kayıplarını düşürmeye çalışan, diğer yandan yazın güneş ışınımı ile oluşan istenmeyen ısı kazançlarına engel olan bir türdür. Bu türler genel olarak birkaç tipik kategori içinde gruplandırılabilir. Gruplandırmada birinci temel kriter, tasarım içinde birleştirilmiş camlamalı

kabukların sayısıdır; buradaki sınıflandırma, tek kabuklu cepheler ve çok kabuklu cepheler için yapılmıştır.

Tek kabuklu cepheler, dış (a), bütünleştirilmiş (b), ya da iç (c) gölgeleme elemanlarına; çok kabuklu cepheler ise, havalandırılmış boşluk (d) veya çift kabuk (e) arasında yer alan güneş perdeleme elemanlarına sahiptir. İkinci kriter, güneş kontrol aygıtlarının konumlarıdır. Burada, harici veya dahili perdeleme ile ya da camların arasındaki boşlukta bütünleştirilmiş gölgeleme elemanlı tek kabuklu cepheler söz konusudur. Çok kabuklu cephe örneklerinde, örneğin havalandırılmalı boşluklu veya çift kabuklu cephelerde, güneş kontrol düzenekleri genellikle cam kabukların arasında yer almıştır [5].

3.1. Tek Kabuklu Cam Cepheler

Tek kabuklu cephelerde güneş kontrolünün tam olarak sağlanması ile cama kızıl-ötesi yansıtılmalı kaplamalar ve / veya görülebilir ölçüdeki dalga boylarını emen ve yansıtan kaplamalar uygulanabilmektedir. Ancak, daha soğuk aylarda güneşten kazanım sınırlanmış ve gün ışığı seviyesi azaltılmıştır. Bu nedenden dolayı, uyarlanabilir ek güneş kontrol elemanlarını kullanmak kaçınılmazdır [2].

3.1.1. Harici Güneş Kontrol Aygıtlı Tek Kabuklu Cam Cepheler

Harici güneş kontrol aygıtlarının avantajı, aygıtın ısınımından dolayı binanın dış yüzeyinde biriken sıcaklıktır. Kumaş storlar ya da panjurlar şeklindeki elemanların, havanın etkilerine maruz bırakılması sonucunda muntazam temizlik ve bakımlarından dolayı oluşan yüksek maliyetler aygıtların dezavantajıdır. Harici aygıtlar, sabit veya hareketli olabilir. Birinci kategori içinde, saçaklı çatılar ya da bina bölümleri, tenteler, güneş kırıcılar ve sabit açılı panjur gölgeleme elemanları bulunmaktadır. İkinci kategori içinde, kumaş storlar ya da perdeler, jaluziler veya büyük panjurlar gibi ürünler bulunmaktadır. Daha az bilinen bir tip, paneller, ızgara perdelemeleri ve ışık saptırma elemanları gibi cephe üniteleridir [5].

Jaluziler ve metal panjurlar biçimindeki hareketli güneş kontrol aygıtları, aynı zamanda yaygın bir kullanım avantajı sağlar. Bununla birlikte büyük, dönebilen panjurlar etkili bir güneş koruması ve iyi bir rüzgâr dengesi sunar.

3.1.2. Bütünleştirilmiş Güneş Kontrol Aygıtlı Tek Kabuklu Cam Cepheler

Camlı ünite içinde bütünleştirilmiş güneş kontrol aygıtları, temizlik ve bakım maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle günümüzde daha az kullanılmaktadır.

3.1.3. Dahili Güneş Kontrol Aygıtlı Tek Kabuklu Cam Cepheler

Güneş kontrolünün bu türü, oda içinde kalan güneş radyasyonu nedeniyle oluşan ısıнын fazlalığı nedeniyle daha az etkilidir. Bununla birlikte, bu aygıtların üzerindeki sıcak havanın kapsamlı bir bölümünün etkisi dışındaki tasarı sayesinde yok edilmektedir. İç güneş kontrol aygıtlarının temizliği ve bakımı, yukarıda söz edilen diğer iki türden, çok daha kolaydır. Genellikle piyasada bulunabilir olan ürünler, düşey storlar, iç storlar ve dokuma perdeler şeklindeki kumaş malzemelerden yapılmaktadır [2].

3.2. Çok Kabuklu Cam Cepheler

Kaplamalı pencere camı gerisinde bütünleştirilmiş güneş kontrol aygıtları sayesinde, temizlik ve bakım maliyetleri düşürülür.

3.2.1. Doğal Havalandırmalı Boşluklu Çok Kabuklu Cam Cepheler

Bu türdeki cephelerde bulunan katmanlar arasındaki boşluk, iç yüzeyde bulunan pencere açıklıkları ile doğal olarak havalandırılmaktadır.

3.2.2. Mekanik Havalandırmalı Boşluklu Çok Kabuklu Cam Cepheler

Bu tür bir cephenin karakteristiği, iç güneş kontrol elemanı ile birlikte, cephe arkasına eklenen tek camlı levha ile oluşturulmuş bir hava boşluğudur. Boşluk içindeki alçak basınç, bu aralık içindeki alandan havanın bir kısmını çeker. Burada, ısınarak yükselen hava, güneş kontrol aygıtlarından gelen ısıнын çoğunu alır ve sonrasında mekanik havalandırma yöntemiyle dışarıya atılır [5].

Boşluk içinde kullanılabilmüş güneş kontrol aygıtlarının tipleri, dokuma storlar veya düşey panjurlu storlardır. İyi bir hava akışı için yatay storlar uygun değildir. Havalandırma boşluklu cephelerin avantajı, oda içindeki ve cam yüzeyi arasındaki sıcaklık farklarının en aza indirilmesinde yatmaktadır.

3.3. Çift Kabuklu Cam Cepheler

“Çift kabuklu cephe” terimi, binanın asıl cephesinin yüzeyindeki cam kabuk ile düzenlenmesinden söz etmektedir. Güneş kontrol elemanları, iki kabuk arasındaki boşlukta yer almaktadır. Bu iki kabuk, çok katlı binalarda ve işlek yolların olduğu semtlerde yerleşmiş olanlar için özellikle önemli bir etmen olan hava ve hava kirliliğinin etkisinden kullanıcıları korur. Çift kabuklu cephenin başka bir avantajı, yazın güneş gölgelemesi yapmaya olanak vermesidir. Soğurulan güneş ışınımı, doğal baca etkisi sonucunda tekrar ışıınım olarak boşluk içine yayılır. Buradaki amaç, yükselen havayı ek ısı ile birlikte çekmektir.

Çift tabakalı cephe, aynı zamanda hava akımı hızını düşürdüğü ve camın yüzeyi üzerinden ısı iletimi oranını azaltarak boşluk içindeki havanın sıcaklığını yükselttiği için ısı kayıplarını da azaltır. Bu olay, camın iç yüzeyi üzerindeki yüksek yüzey sıcaklıklarının korunmasını sağlar. Çift kabuklu cepheler sayesinde oluşan ek bir olanak, ısı santralleri kullanılarak kullanılmış hava akımından elde edilen ıslah edilmiş enerjidir. Dış kabuk, tek camlamanın veya yalıtım camlı ünitenin her ikisinden de oluşturulabilir. Ara boşluk, temizlik amacıyla doğrudan ya da açılan pencereler sayesinde girilebilir olmalıdır.

1980’li yıllara gelinceye kadar çift kabuklu cephe çok yaygın değildir. 1980’li yılların ortasından buyana bu tür cepheler giderek yaygınlaşmıştır ve şu anda Avrupa’nın her yerinde kullanılmaktadır [2].

4. AKILLI CAM CEPHELER

“Akıllı” kelimesi, dinamikliği; yaklaşık olarak binanın temel enerji tüketimindeki azaltmayı sağlamak için yapılan düzenlemelerde, senelik ya da sezonluk değişime uyum sağlayan bir cephenin yaşam kapasitesini gösterir. Bir cam cephe, ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma koşulları içindeki bir binanın ihtiyaçlarını sağlamak için güneş ışıını, hava akımları ve zemin ısısı gibi sadece doğal, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanabildiği zaman tam olarak “akıllı” olarak tanımlanabilir. Cam cephenin bir avantajı, sıcaklık ve günışığı şeklindeki güneş ışıınından enerji kazanımı için potansiyele sahip olmasıdır. Kışın ısı kazançları, ısı kayıplarının neredeyse büyük bir bölümünü karşılayabilir. Bununla birlikte, yazın bu gibi ısı kazançları istenilmez; ancak uygun güneş kontrol aygıtları, doğal havalandırma ve binanın ısı kütlesinin gece soğutulması gibi yöntemler vasıtasıyla azaltılabilir [5].

“Akıllı cepheler”, daha yüksek yatırım maliyetlerine rağmen, şimdiye kadar popüler olmuştur. “Sürdürülebilirlik” terimi, örneğin sınırlı kaynakların dikkatli kullanımı, müşteriler ve yatırımcılar için çok daha fazla cazip olmuştur. Yüksek parasal yatırım gerektirmeyen ve en az miktarda enerji tüketen çevreyle uyumlu binalar için en uygun çözümlerin tasarlanması tutkulu hedefi, mimarlık, teknoloji ve endüstriye meydan okumayı sürdürecektir.

“Yeşil Bina” araştırma projeleri, yapay hava şartlandırmalarının azaltılması ve yerini doğal önlemlerin alması için yapılan ilk denemelerden birini gösterir. Tasarım, “Future Systems” tarafından 1990 yılında geliştirilmiştir.

4.1. Tek Kabuklu Akıllı Cam Cepheler

Leipzig'deki Yeni Ticaret Fuarı Merkezi'nin ana giriş holü, tek kabuklu cephesi ile çevreyle uyumlu bir bina örneğidir. Bina, Ian Ritchie Architects ile işbirliği içinde mimarlar von Gerkan Marg ve Ortakları tarafından, 1996 yılında tamamlanmıştır. Tonoz formu cam salon, iklim kontrollü ve hava şartlarından korunaklı alanlardan oluşmaktadır; 250 m uzunlukta, 80 m genişlikte ve 30 m yükseklikte olup iskeletin iç kısmı üzerine yapılmış yüksek derecede saydam camlamalı filigran çelik konstrüksiyonludur. Doğal sera etkisi, ek önlemlere gerek olmaksızın neredeyse yılın tüm zamanında böylesine bir ortamın şartlarını garantiye alır [6].

Doğal havalandırma üzerine dayanan iklim kavramı, 1995 yılında Kiessler+Ortakları tarafından tamamlanan, Almanya Gelsenkirchen'deki Rheinelbe Bilim Parkı için yapılan teknoloji merkezi için kullanılmıştır. Üç katlı ana bina, 300 m uzunluğunda arkat şeklindeki eğik camlaması vasıtasıyla batı cephesi üzerini tamamen kapatmıştır. Yazın, dış kumaş storlar aşağıya çekilir ve düşey sürgülü çerçeve yukarıya kaldırılır. Bu uygulama, dış havanın arkat içine girmesine ve eğik yüzeydeki açıklıklardan geçerek dışarıya çıkmasına neden olur. Havanın bu akışı, geceleyin binanın ısı yığınının serinletir [2].

4.2. Çift Kabuklu Akıllı Cam Cepheler

Çift kabuklu akıllı cam cepheler, oldukça yaygındır. Bu tip cepheler, doğal havalandırmayı olanaklı hale getirir ve böylelikle enerji tüketimini azaltır. Diğer yandan geleneksel binalardaki mekanik havalandırma ve soğutma sistemlerine gereksinimleri vardır. Bu gibi cephe konstrüksiyonlarındaki boşluk dışarıdaki hava ile bağlantılıdır, bu nedenle iç cephede bulunan pencereler, rüzgâr basıncına maruz olan uzun binalarda bile açılabilir. Bu olay, doğal havalandırmayı ve binanın ısı yığınının geceleyin soğutulmasını olanaklı hale getirir. Boşluk içinde yapılan güneş kontrol önlemleri, hava kirliliğine ve hava şartlarına karşı korunmuştur, fakat bunlar, dış yüzey üzerinde yer alan buna benzer elemanlarla aynı derecede etkilidir. Kışın boşluk, ısı kayıplarını azaltan ve güneş ışınlamından pasif ısı kazancı sağlayan bir ısısal tampon bölge şeklini alır. Tampon bölge konsepti, aynı zamanda geniş alanlı projelerde gerçekleştirilebilmiştir. Buna örnek olarak, kış bahçesi, atriyum veya “iklim salonu” nun bir türü içindeki bazı binalar verilebilir [5].

Güneş ışınlamı yüksek olduğu zaman, cephe boşluğu aşırı ısınmayı engellemek üzere uygun havalandırmaya sahiptir. Buradaki anahtar kriter, boşluğun genişliği ve dış kabukta bulunan havalandırma açıklıklarının boyutlarıdır. Çevre ile boşluk arasında karşılıklı değiştirilen hava, binanın

kabuğu üzerindeki rüzgâr basıncına, baca etkisine ve açıklıkların tahliye katsayısına göre değişmektedir. Bu ağızlar, ya her zaman açık kalabilir (pasif sistemler), ya da el veya makine ile açılabilirler (aktif sistemler). Aktif sistemler, çok karmaşıktırlar ve bu nedenle konstrüksiyon ve bakım koşulları oldukça pahalıdır. Çift kabuklu cephelerin tasarımındaki başka bir kriter, yangın ve gürültüden korunma ile ilgili düzenlemelerdir. Bu faktörler temel olarak kullanılarak, çift kabuklu cepheler için çeşitli çözümler geliştirilmiştir.

4.2.1. Kat Yüksekliğinde Çift Kabuklu Akıllı Cam Cepheler

Her bir katta giriş ve çıkış ağızları yer aldığı zaman, hava ısıtma derecesi en az düzeydedir ve bu nedenle beklenen doğal havalandırma düzeyi son derece başarılıdır. Bu türde, cephe boşluğu genellikle kat yüksekliğinde yatay bölümlere ayrılmıştır. Bununla birlikte, binanın bütün yüksekliği boyunca uzayan cephe boşluğunun ya da her iki sistemin birleşiminin kullanıldığı bazı bina örnekleri vardır [2].

4.2.2. Bina Yüksekliğinde Çift Kabuklu Akıllı Cam Cepheler

Tüm yüksekliğinde çift kabuklu olan cephelerde bina yüksekliğindeki boşluğun üstesinden gelinebilir bir problemi, yükselen havadır. Bu hava ısıtılmıştır, üst seviyelerdeki açık pencerelerden geçerek binaya yeniden girer. Bu olayı engellemek için bina yüksekliğindeki boşluk, iç hava akımına ya da dış hava akımına uygun bir hava bacası gibi kullanılmaktadır.

4.2.3. Hava Boşluklu Çift Kabuklu Akıllı Cam Cepheler

Hava boşluklu cephe, bina yüksekliğinde boşluklu bir çift kabuklu cephe ile yatay olarak bölünmüş boşluklu bir çift kabuklu cephenin birleşiminden oluşur. Bina yüksekliğindeki boşluk, egzoz havası için bir baca niteliğindedir; bu düşey hava boşluğu ve onu taşıma yoluyla bağlanmasının her iki yönü üzerindeki açıklıklar, kat yüksekliğindeki boşluklardır. Sıcak, egzoz havası, merkezi düşey şaft içindeki kat yüksekliğindeki boşluktan akar. Bu egzoz havası yeterli baca etkisi ile yükselir ve tepede bulunan açıklıktan dışarıya çıkar. Hava boşluğu içinde çökmeme, yukarıya doğru çekilen ısınmış, sıkıştırılmış hava konumunda bulunan alt katlar seviyesindeki bu akıma dayanır. Binanın doğal havalandırması, dışarıda çok az hava akımı olduğu zaman bile, şaft içindeki havanın çökmemesi ile garantiye alınmıştır. Bununla birlikte, belirli yükseklikte basınç konumu ters yüz edilir ve sıcak hava, kat yüksekliğindeki boşlukların içine geri gönderilebilir. Bu, şaftın yüksekliğine bağlı olarak kaçınılmazdır. Bu

sınırlama, farklı etmenler tarafından etkilenmektedir; toplam bina yüksekliği, hakim rüzgâr vb. Bu sınırın, her bina için ayrı olarak hesabı vardır [5].

4.3. Hava Hollü Akıllı Cam Cepheler

Çift kabuk cepheler, çoğunlukla, yüksek rüzgâr basıncına maruz kalan yüksek binalar için bir çözüm olarak ele alınmıştır. Şu ana kadar tampon bölge ilkesi, aynı zamanda, alçak katlı binalarda enerji koruma etkisine sahip olabilmektedir. Kış bahçeleri, avlular ve hava koridorları, çok fazla genişletilmiş cephe boşluğu olarak yorumlanabilir. Bunlar, ısı kaybını azaltarak ve güneş ışınlamından pasif ısı kazancı elde ederek, ılıman bir tampon bölge oluştururlar. Bu yoldan, aynı zamanda binanın doğal havalandırmasında yararlanılabilir [6].

5. SONUÇ

Sonuç olarak yapısal camın gelişimi aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- 1) XIX. yüzyıla gelinceye kadar ağır bir gelişme göstermiş, ancak dini yapıların görkemli olmasını sağlamıştır. Sanayi devriminden sonra gelişen demir ve çelik malzeme ile birlikte kullanılarak limonlukların ve büyük fuar binalarının vazgeçilmez malzemesi olmuştur. XIX. ve XX. yüzyılda yeni üretim tekniklerinin geliştirilmesi ile daha büyük boyutlarda üretilmiş ve yapılarda kullanılabilmektedir.
- 2) XX. yüzyılın başında “cam mimarlık”ın ve ortalarında “giydirme cephe”nin ortaya çıkmasını sağlamış, kamu binalarından sonra özel binalarda da büyük ebatlarda kullanılmaya başlanmıştır. XX. yüzyılın son çeyreğinde cam, artık ‘taşınan’ değil, aynı zamanda ‘taşıyan’ bir malzemedir ve tabakalar ve kaplamaların eklenmesiyle niteliği artırılmıştır.
- 3) XX. yüzyılın sonlarında ve XXI. yüzyılın başlarında, ekolojik olma zorunluluğu içindeki bina cephesinin asıl malzemesi olarak sadece bir duvar olmaktan çıkıp, çevresel koşullara göre nitelikleri değişebilen, bunu yaparken doğal, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan hareketli, canlı bir yapı kabuğu malzemesi olma yoluna girmiştir. İnce film kaplama teknolojisi ve camın kimyasının geliştirilmesi ile değişken özellikli cephe camları elde edilebilmiştir. Likit kristal görüntü teknolojisi sayesinde, camın bir iletişim aracı olarak denenmesi gerçekleştirilmiştir.
- 4) XXI. yüzyılın başlarından itibaren yapısal cam üzerinde devam eden çalışmalar gelecekte, esneklik ve strüktürel dayanıklılık sağlayacak

“plasto-cam” ve “karbo-cam” da daha ileri gelişmeler olacağını göstermiştir. Değişken iletimli camlar, binaların içeriden ve dışarıdan görünüşleri üzerinde hareketli bir etkiye sahip olacak ve pencerelerin, yarı saydam duvarların ve perdelerin yerini alacaktır. Likit kristal görüntü teknolojisi, dekorasyon, bilgi teknolojisi ve iletişim işlevi ile birleştirilebilecek; iç cam duvarlar ve dış kabuk, içinde bilgiler olan elektronik görüntüler ya da içinde renk olan temel şablonlar şekline dönecektir. Böylelikle binanın bütün karakterinin anında değişmesinin olanaklı hale gelmesi mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Wigginton, M., (1996) “*Glass in Architecture*”, Phaidon Press Ltd., London.
2. Altinkaya, T., (2004) “*Camın Yapısal Kullanımının Tarihsel Gelişimi, Güncel Olanaklar ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi*”, Yüksek Lisans Tezi, M.S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
3. Alsaç, Ü., (1991) “*Yapıda Camın Zaman Dizini*”, İnşaat Dergisi Eki, 9.
4. Button, D. and Pye, B., (1993) “*Glass in Building*”, Pilkington Glass. Butterworth-Heinemann, Oxford.
5. Compagno, A., (2002) “*Intelligent Glass Facades: Material, Practice, Design*”, Birkhauser, Basel.
6. Herzog, T., (1996) “*Solar Energy in Architecture and Urban Planning*”, Prestel Verlag, Munich and New York.
7. Raymond, McGrath, (1961) “*Glass in Architecture and Decoration*”, The Architectural Press, London.
8. Peter, J., (1994) “*The Oral History of Modern Architecture*”, A Times Mirror Company, New York.
9. Schittich, C., (1999) “*Glass Construction Manual*”, Birkhauser; Basel, Boston, Berlin.
10. Akyürek, Y., Pekışık, G., (2003) “*Güneş, Uygarlık ve Cam*”, Yapı, 5, 104-107.
11. Compagno, A., (2003) “*Glass as a Building Material and Its Possible Applications*”, Detail, Glass Construction, 3, 434-442.
12. Sev, A., Özgen, A., (2003) “*Yüksek Binalarda Sürdürülebilirlik ve Doğal Havalandırma*”, Yapı, 9, 92-99.
13. Wigginton, M., (1998) “*Glass and Architecture*”, Detail, Glass Construction, 3, 301-303.
14. Jahn, H., (2003) “*Post Tower, Bonn*”, Tall Buildings and Transparency, University of Stuttgart, October 06.
15. Sev, A., Özgen, A., (2003) “*New Technological Developments and Applications of Glass in Tall Buildings*”, Tall Buildings and Transparency, University of Stuttgart, October 06.