

ENERJİ ETKİN OFİS BİNALARINDA GELİŞMİŞ CEPHE SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

İdil AYÇAM

ÖZET

Endüstrileşme döneminden bu yana artan bina sayısı, enerji tüketimini arttırmakta, bina tasarımında enerji etkinliğinin, sürdürülebilirlik ve yeşil kriterlerin önem kazanmasını zorunlu kılmaktadır. Ofis yapıları, yüksek enerji tüketim profilleri, sağlıklı ve yeşil dostu olmaktan uzak görünen bina özellikleri nedeniyle, günümüzde bu kriterler doğrultusunda tasarım, detaylandırma, malzeme seçimi, yapım, işletmeye alma ve denetim evrelerinin bütüncül bir yaklaşımla yeniden ele alınmasını gerektirmektedir.

Yapı kabuğu teknolojilerinin gelişmesi ile ofis yapılarında enerji tüketim verilerinin azaldığı ve yeşil bina örneklerinin ortaya çıktığı, gelişmiş cephe tasarımının önem kazandığı görülmektedir. Gelişmiş cepheler, yüksek ısı performansları, doğal havalandırma ve güneşiğinden yararlanma, solar kazançları optimize etme yetenekleri kapsamında bina enerji performansını önemli oranda arttırmaktadır.

Gelecek yüzyılın ofis binalarında yapı kabuğunun ekolojik cepheler olmasını sağlayan yenilikçi cepheler ve teknolojik bileşenler, adapte edilebilirlik (uyarlanabilirlik), devinimsellik (kinetik), bütünleşebilirlik (entegre) ve etkileşimlilik (interaktiflik) özellikleri ile de sınıflandırılabilir. Bu çalışma ile, yukarıdaki özelliklere göre sınıflandırılan cephe sistemlerinin ofis binaları yüzeylerinde kullanılabilirlikleri incelenerek, yenilikçi teknolojilerin enerji etkin ofis binalarında kabuk tasarımına nasıl bir yön vereceğinin irdelenmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji etkin ofis binaları, Gelişmiş cephe sistemleri, Çift kabuk cephe sistemleri

ABSTRACT

The rising number of buildings since the industrialization period, increased the energy consumption and prompted the energy efficiency, sustainability and green criteria in building design. Office buildings has high energy consumption profiles and far from eco-friendly, sustainable features in general. Nowadays, office design requires, rethinking the design, detailing, construction, commissioning and auditing phases within the scope of holistic approach. Innovative façade concepts are today more relevant than ever. The demand for natural ventilation, daylighting, optimisation of solar radiation in office buildings is increasing due to growing environmental consciousness, and green concepts in office design. An advanced façade system for energy efficient office buildings should allow for a comfortable indoor climate, sound protection and good lighting, while minimising the demand for non renewable auxiliary energy input, also increasing the energy performance of building.

Innovative façade systems can be classified as the properties of the adaptability, kinetic-polivalency, integratebility and interactivity. At the scope of this study; by analysing the usability of the façade systems which are classified according to properties mentioned above, it is aimed to reveal how these innovative technologies will determine the design of the energy efficient office building's skin.

Key Words: Energy efficient office buildings, Advanced façade system, Double skin façade

1. GİRİŞ

20. Yüzyıldan günümüze endüstrileşme giderek artan bir ivmeyle enerji gereksinimini hızlandırmakta, doğal kaynaklar tüketilmekte, çevre sorunları artmaktadır. Artan nüfus ve teknolojik gelişmeler ile bu süreç 21. Yüzyılda da devam etmekte, doğanın dengelerini bozarak çevre sorunlarını doğurmaktadır. Çevre sorunlarının başlaması, ekosistem dengelerinin bozulmasına, ekolojik verilerin değişmesine neden olmaktadır. Yapma çevre ve alt bileşeni olan binalar, yapım ve kullanım aşamalarında önemli oranda enerji tüketmekte ve çeşitli doğal kaynak kullanımına gereksinim duymaktadır. Bu perspektiften bakıldığında, bina tasarımının ve yapı sektörünün gelecek nesillere sürdürülebilir bir yaşam sağlanmasında önemli rol üstlendiği görülmektedir.

Mimarlık disiplininde 1990'lı yıllardan günümüze, giderek artan bir katılımıla çevre ile dost, enerji etkinliğinin artırılmasını hedefleyen yeşil bina uygulamaları ile çözüm aranmaktadır. Yeşil mimarlık, insan ve çevre sağlığını düşünen, binalarda enerjinin verimli kullanımı yanı sıra, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını da teşvik eden, çevreye daha az CO₂ salınımı, daha az atık atılmasını esas alan, eko sistemle bütünleşen binaları hedeflemektedir. Ofis binaları, enerji tüketim profillerinin yüksek oluşu, yüksek içsel ısı kazançları paralelinde ısıtma yanı sıra soğutma gereksinimleri, kaynak tüketimi ve atık üretimi potansiyelleri açısından yeşil kriterler ışığında yeniden ele alınmaktadır. Bu bağlamda ofis binalarını oluşturan tüm sistemler yeni bir bakış açısıyla ele alınmak durumundadır. Kabuk tasarımının bu yaklaşımdan etkilenmemesi mümkün değildir. Günümüzde yapı kabuğu iç-dış ortamı ayıran bileşen olma konumundan, dış etkilere duyarlı, değişen koşullara adaptasyon yeteneği olan, enerji üreten, akıllı ve dinamik bir filtre özelliği kazanmış, farklı işlevleri bünyesinde barındıran çok işlevli bir konuma geçmiştir [1], [2], [3].

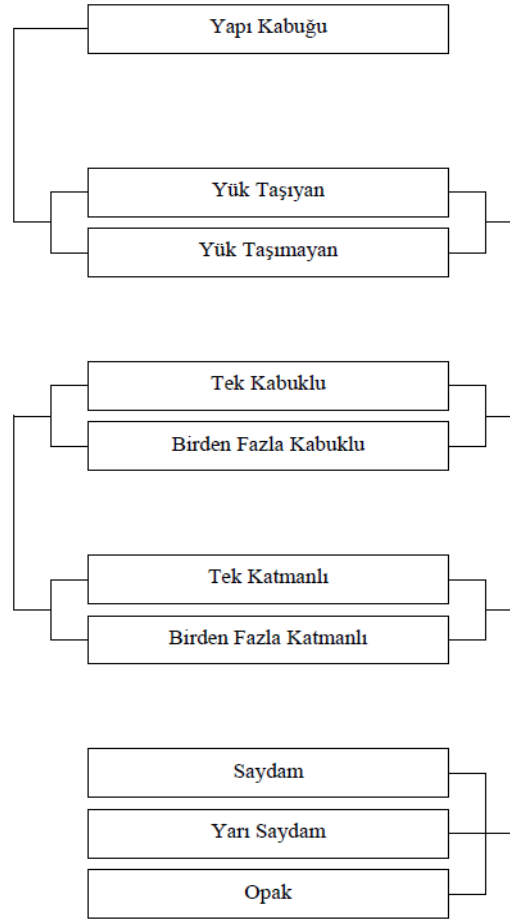
2.YAPI KABUĞU VE CEPHE KURGUSU

Yapı kabuğu, bina tasarımında temel sistemler olan, strüktür (taşıyıcı sistem), mekanik (teknik servisler) iç hacimler ile birlikte bütünü parçalarını oluşturmakta, her alt sistem birbiri ile ilişkili olup, total performansı etkilemektedir.

Kabuk, bir yapıda iç ortam ile dış ortamı birbirinden ayıran, kullanıcıları dış iklimsel koşulların negatif etkilerinden koruyarak, iç ortamda gereken konfor koşullarının yaratılmasını, bunun sürdürülmesini sağlayan yapı elemanlarının (cephe bileşenleri, çatı, zemin döşemesi, v.b.) bütünüdür. Fiziksel çevre denetimi açısından kabuk tasarımında kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda iç ortamda belirli bir dengenin kurulması ve devamı amaçlanmaktadır. Bunun için yapı kabuğu, iç ve dış ortamlar arasında bir dengeleyici bileşen rolünü üstlenmektedir [3], [4].

Farklı özellik ve strüktürdeki düzlemler belirli amaçlar yüklenmesi için yapı fiziği ve konstrüktif prensipler dahilinde fonksiyonel bir bütünü oluşturarak cephe kuruluşuna eklenebilmektedir. Bu şekilde pek çok kombinezon oluşturmak mümkün olabilmektedir. Tek bir fonksiyon düzleminin konstrüksiyon kalınlığı bir milimetreden daha küçük boyutlardan (örn. Low-E kaplama) bir metreden daha fazlasına kadar (örn. çift kabuklu cam cephelerdeki hava katmanı) çeşitlilik gösterebilmektedir. Katmanlar (tabakalar) kendilerini taşıma özelliği olmayan fonksiyon düzlemleridir. Yapı kabuğu pek çok katmandan meydana gelebilmektedir ve konstrüktif olarak kendisini taşıyabilen özelliğe sahiptir [4], [5]. Yapı kabuğunun sınıflandırılmasından gerekli kriterler Tablo 1.'de, Konstrüktif kriterlere göre cephe sistemlerinin sınıflandırılması Tablo 2.de yer almaktadır.

Bu çalışma kapsamında ofis binalarında cephe sistemlerinin gelişimi enerji etkinliği perspektifinden ele alınacaktır.

Tablo 1. Yapı Kabuğunun Sınıflandırılması İçin Kriterler Tablosu [5]**Tablo 2.** Cephenin Konstrüktif Kriterlere Göre Sınıflandırılması [5]

Taşıyıcı sistem parçası	taşıyıcı olmayan
	taşıyıcı
Katmanlaşma yapısı	tek katmanlı
	birden fazla katmanlı
Kabuk yapısı	tek kabuklu
	birden fazla kabuklu
Cephe havalandırması	havalandırmasız
	havalandırmalı
Ön üretim düzeyi	düşük
	yüksek

3. ENERJİ ETKİN OFİS YAPILARINDA CEPHE KURGUSU VE ÖRNEKLER

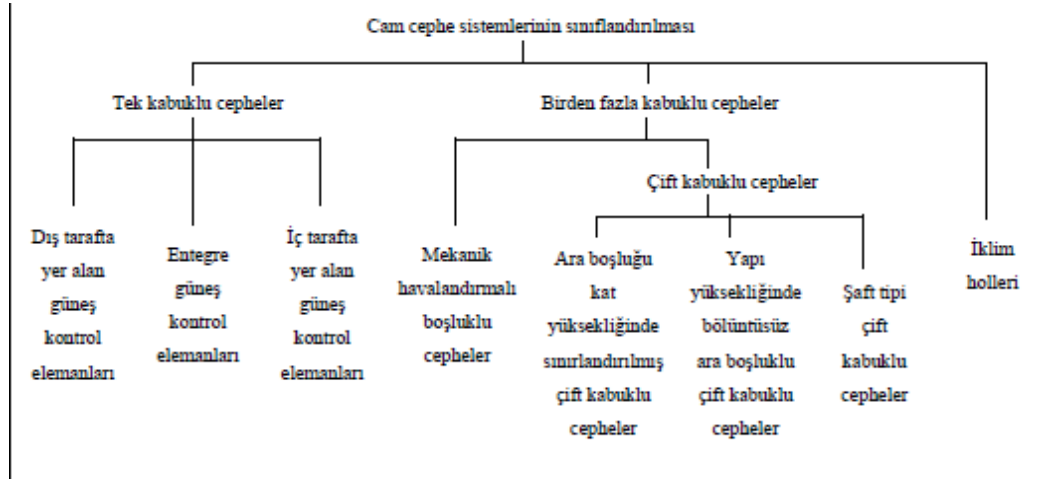
Cephe kurgusu geçmişten günümüze teknolojik gelişmeler paralelinde, yığma sistemli bileşenlerden, çerçeve sistemlere geçilmesi ile daha hafif, dış ortamla bütünleşen, şeffaf, esnek özellik kazanmıştır. Bu kurgu taşıyıcı sistemler, estetik değerler, dış ortam koşulları ile uyumlanma, kalıcılık gibi farklı alanları kapsayan kriterlerin sentezi sonucu biçimlenmektedir. 1970'lerden günümüze binalarda enerji performansının artırılmasına yönelik teknikler kabuk tasarımını da doğrudan etkilemektedir. Kabukta ısı korunumuna yönelik uygulamalar kompozit bileşenlerin kurgulanmasını, kabuk sağlığına yönelik sorunları beraberinde getirmiştir. 1980'lerde temeli atılan havalandırılan kabuk, yağmur perdeli kabuk (rain-screen) uygulamaları, başta yoğunlaşma sorununun önlenmesi olmak üzere, iç-dış ortam basıncının eşitlenmesi, cepheye etkiyen rüzgar yüklerinin azaltılması gibi avantajlar sağlamaktadır [3], [4], [6].

İdeal yapı kabuğu, dış ve iç ortamlardaki değişiklikler karşısında, optimum şartların yaratılması için reaksiyon göstermelidir; bu da gölgeleme, ışıklandırma, soğutma, ısıtma, iklimlendirme v.b. için pahalı ve karmaşık ekipman kullanmadan olmalıdır. Dış ve iç ortam şartlarının sürekli değişmesinden dolayı yapı kabuğu sabit fiziksel özelliklere sahip olmamalıdır. Işık geçirgenliği, ses, ısı ve hava için değişen ihtiyaçlara, aynı zamanda enerji kullanımını minimize ederek uyum sağlayabilmelidir. Adaptasyon yeteneği olarak da tanımlanan bu özellik kapsamında değerlendirildiğinde, her bir eleman belli bir işlevi karşılamakta, bütünü oluşturmaktadır [3], [5].

Bu tip adaptif kabuklarda yapı kabuğunun özelliğinde sonradan olan değişimler, ancak elemanların değiştirilmesi ile mümkündür

Enerji etkin ofis binalarında geniş cam yüzeyler estetik kriterler yanı sıra, binanın enerji performansının artırılmasına yönelik taşıdıkları potansiyel kapsamında giderek daha yaygın kullanıma sahiptir [3], [4], [5]. Camlı cephelerin sınıflandırılması Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3. Cam Cephe Sistemlerinin Sınıflandırılması [5].



Enerji etkin ofis binalarında cephe tasarımını biçimlendiren kavramlar şu şekilde sıralanabilir [4], [7];

- Adapte Edilebilirlik (Uyarlanabilirlik-uyumlanabilirlik)
- Çok değerlilik (Polyvalency)
- Etkileşimlilik (İnteraktif olma)
- Devinimsellik (Kinetik olma)
- Akıllık
- Entegrasyon (bileşenleri entegrasyonu)

1929'da Le Corbusier, yapı kabuğunun havalandırılmasının iç ortam konforuna katkıda bulunacağı fikrini ortaya atmıştır. 1940'larda Fuller ve Frei Otto çift kabuk kavramında dış etkilere karşı koruyan bir dış kabuk, iç-dış ortam arasında, havalandırma, ısıtma ve serinletme işlevlerine destek olan bir tampon bölge yaratma fikrini ortaya atmıştır. Çalışmaları uygulamaya geçmese de 1970'lerde güneş mimarisinin önünü açmış, güneşten ısı kazancı sağlayan solar cephe uygulamaları gerçekleştirilmiştir [4].

1981 yılında Rogers ve Davies polyvalent (çok değerlilik özelliği taşıyan) cephe kavramını tartışmaya açmıştır. Bu anlayışta cephenin farklı mevsimlerde gereken performansı sağlaması hedeflenmekte, kış mevsiminde ısı kayıpları minimize edilirken, yaz koşullarında doğal havalandırma ve güneş kontrolü sağlanması hedeflenmektedir [4].

Günümüzde akıllı-adaptif (uyumlanabilir, responsif) cephe kurgusu bu temellere dayanmaktadır. İç ve dış ortam koşullarını takip eden, algılayarak gerekli tepkiyi veren (önlem alan) akıllı cepheler 1990'lardan bu yana uygulanmaktadır.

Cephenin Isıl Performansını Belirleyen Temel Faktörler:

- Cephe Bileşenin U değeri (ısı geçirme katsayısı)
- Güneş Isısı Kazanç Katsayısı (g veya SHGC katsayısı)
- Bileşenin Güneşli Geçirenlik Değeri (Vt)'dir [6],[9].

Standardlarda bu faktörlere ait iklim koşullarına göre bileşenlerin sağlaması gereken sınır değerler belirtilmektedir. Uygun cephe sisteminin tercihinde, maliyet, performans optimizasyonu etkin rol oynamaktadır.

Ofis binalarında gelişmiş cephe sistemleri ve camlı yüzeylerin çevresel ve enerji performanslarının değerlendirilmesinde basitten, komplekse farklı simülasyon programları ve analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Tasarım aşamasında gelişmiş cephe sistemlerinin doğru kurgulanmasını analiz etmeye yönelik programlar olarak, IEA-IEREB- ANNEX 44 tarafından geliştirilen Eco-Façade Tool, CIBSE'nin geliştirdiği TM35-Environmental performance toolkit for glazed facades örnek verilebilir. Gelişmiş cephe sistemlerinin bileşen ve bina totalinde enerji performanslarının analizine yönelik daha kapsamlı simülasyon programları da bulunmaktadır. Bunlara BSim (SimView-tsb5- Xsun dynamic-SimLight- BV98-SimDXF, SimPV), BISCO,TRISCO,VOLTRA, Parasol, CFD, FLOVENT, COMFIE, Energy+, ESP-r, TAS gibi programlar örnek olarak gösterilebilir [11]. [12]. [13].

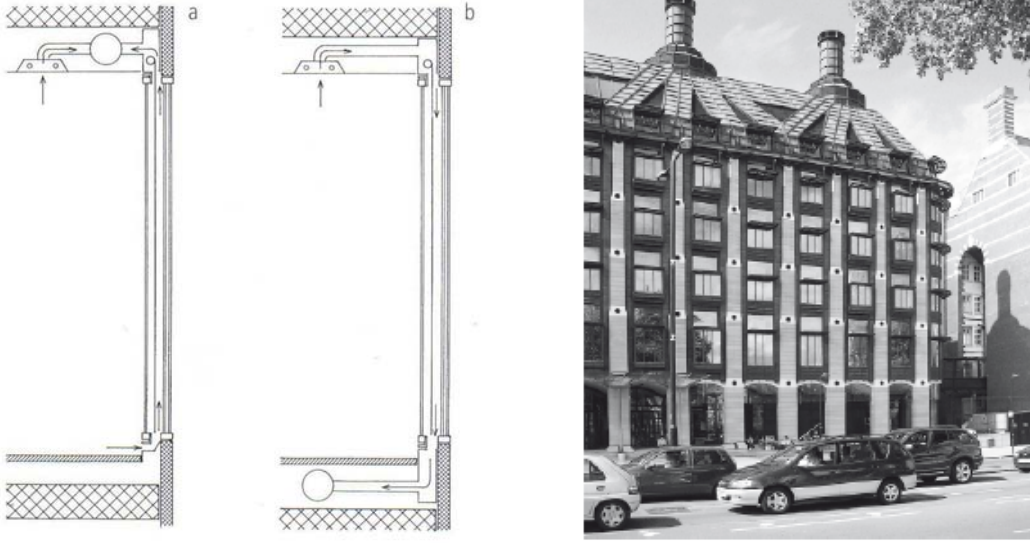
Enerji etkin ofis binalarında gelişmiş cephe sistemleri:

- Mekanik Havalandırmalı (Exhaust Air)Cepheler
- Çift Kabuk Cepheler
- Akıllı Cepheler
- Enerji üreten entegre cepheler olarak sınıflandırılmaktadır [4].

3.1. Mekanik Havalandırmalı (Exhaust Air)Cephe Tipi

Bu cephe tipi strüktürel olarak çift kabuk mantığında kurgulanmakta olup, çift kabuk cephelerden farklı dış ve iç katman arasındaki boşluğun mekanik olarak havalandırılmasıdır. Yıl boyu mekanik olarak iklimlendirilen ofis binalarında daha sık kullanılan bu cephe tipi, çalışma mekanlarında cam kenarındaki lokal konforsuzluk sorununu azaltmakta, iç ortam konfor koşullarını arttırmaktadır. Bu uygulama ses yalıtımı sağlanması açısından da avantajlıdır.

Londra'da M.Hopkins tarafından tasarlanan Parlamento Binası, Richard Rogers 'ın Llyods of London Binası'nın cephesi bu tip uygulamalara örnek olarak verilebilir [4].



Şekil 1. Westminster Yeni Parlamento Binası, Michael Hopkins [4].

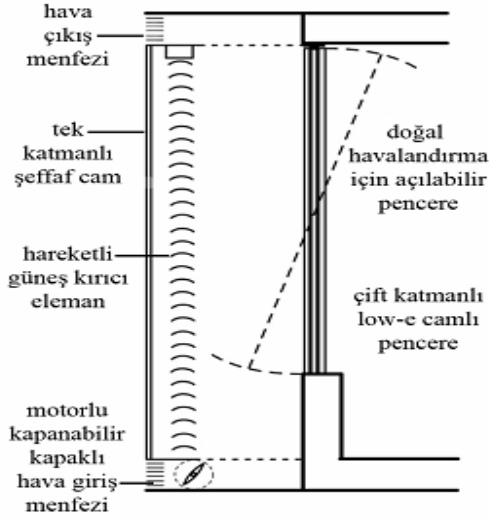


Şekil 2. Lloyds of London Binası Dış Cephe Görünüşü [4].

3.2. Çift Kabuk Cepheler

Çift tabakalı cephenin hangi türü olursa olsun, her çift katmanlı cephede, katmanlar arasında bir tampon bölge bulunmakta, güneşten korunma elemanları vb. gibi elemanlar bu bölgeye yerleştirilmektedir. Bu elemanlar rüzgâr, yağmur, kar gibi dış etkenlere maruz olmadığından, bina dışına yerleştirilen elemanlara oranla daha ekonomik olup cephenin iç yüzeyinden kontrol edilebilmektedir. Katmanlar arasındaki boşluk sayesinde bakım ve onarımı kolaylıkla yapılabilmektedir. Enerji korunumu ve iklimsel avantajlarının yanı sıra bu tür cepheler binaya hafiflik ve zariflik etkisi kazandırmaktadır. Çevre mühendislerinin tahminlerine göre, çift tabakalı cephelerin belli türlerinde %30'dan %50'ye kadar enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Çift kabuk cepheler Harrison ve Boake (2003) tarafından şu şekilde tanımlanmaktadır;. "Bir hava koridoruyla ayrılan, iç ve dış cam katmandan oluşan cephe tipidir. İç ve dış kesimlerde yer alan ana cam katmanlar genelde çift katmanlı olup, bulunulan bölgenin iklimsel koşullarına göre seçilen yüksek performanslı camlardan (amaca göre, Low-E, seçici geçirgen, asal gaz dolgulu cam alternatifleri) tercih edilmektedir. Katmanlar arasındaki hava boşluğu ısı yalıtımıyla birlikte ses ve rüzgâr yalıtımını da sağlar. Güneş kırıcı

elemanlar da genellikle bu aralığa yerleştirilir. Saydam olan ve olmayan bütün elemanlar belirli düzen içinde sıralanır [4], [14], [15]. [16]



Çift Kabuk Cepheyi Oluşturan Bileşenler:

- Saydam bileşenler
- Opak bileşenler
- Taşıyıcı elemanlar
- Tespit bileşenleri
- Havalandırma boşluğu
- Denetim Elemanları (güneş kontrol elemanları, ventler, vb.)
- Yürüme yolu (çift kabuk cephenin tipine bağlı olarak olabilir ya da olmayabilir)

şeklinde sıralanabilir.

Şekil 3. Çift Kabuk Cephe Sistemi Şematik Kesit [16]

İklime duyarlı, adaptif cephe kurgusu son yıllarda gelişmiş çift kabuk cephe sistemlerinde uygulanmaktadır. Bu bağlamda iç ve dış kabuk katmanlarının doğal havalandırmaya yönelik tasarlanması, güneş kırıcıların yaz koşullarında güneş ışınımının şiddetine göre hareketli özellikte olup, uygun açıda ideal güneş kontrolünü sağlaması hedeflenmektedir. Avrupa'da 1990'lardan sonra yapılan çift kabuklu ofis binaları bu tip uygulamalara örnek verilebilir.

Çift Kabuk cepheler

Hava akımının Katmanlar arasında geçişine göre:

- Dış ortam yönünde (harici) hava perdeli
- İç ortam yönünde (dahili)
- Hava beslemeli
- Hava tahliyeli
- Tampon bölgesi

Boşluğun havalandırılma tipine göre:

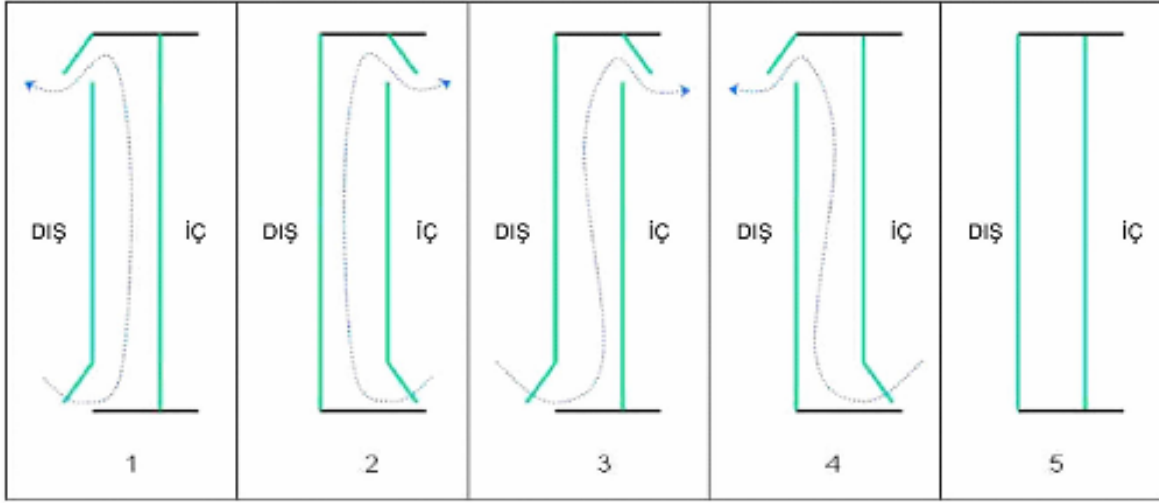
- Doğal
- Mekanik
- Karma (Hibrid)

Boşluğun bölümlenmesine göre:

- Koridor
- Çok katlı
- Şaft
- Kutu

olarak sınıflandırılmaktadır [14], [15]. [16].

3.2.1. Çift Kabuk Cephelerin Havalandırma Alternatifleri



Şekil 4. Hava Akımının Katmanlar Arasında Geçişine Göre Çift Kabuk Cepheler [17].

Havalandırma biçimi, boşluk içindeki hava sirkülasyonunun başlangıç noktası ve gidiş yönü ile ilgilidir. Buna göre 5 farklı türde havalandırma biçimi vardır.

1. Dış hava perdesi: Bu havalandırma biçiminde boşluk içindeki hava dışarıdan içeriye alınır ve tekrar dışarıya verilir. Boşluktaki havalandırma, dış cepheyi saran bir hava perdesi ile oluşturulur.

2. İç hava perdesi: Boşluktaki hava, oda içinden gelir ve tekrar oda içine gönderilir. Bu akış kendiliğinden ya da havalandırma sistemlerinin yardımıyla olabilir. Boşluğun havalandırılması ise, iç cepheyi saran bir hava perdesi ile oluşturulur.

3. Hava sağlama sistemi: Bu havalandırma biçiminde, cephenin havalandırılması dışarıdaki hava ile sağlanır. Dışarıdan alınan hava, kendiliğinden ya da havalandırma sistemleri aracılığı ile oda içine alınır. Böylece cephenin havalandırılması yoluyla bina içi de havalandırılmış olur.

4. Hava boşaltma sistemi: Bu havalandırma biçiminde hava, oda içinden gelir ve dışarıya doğru boşaltılır. Böylece cephenin havalandırılması ile bina içindeki kirli hava dışarıya atılmış olur.

5. Tampon bölge yaratma: Bu havalandırma biçiminde ise, çift cephe katmanlarının her biri hava geçirmezdir yani boşluk havalandırılmaz. Böylece iç ve dış mekân arasında tampon bölge oluşturulur [20], [21], [22].

3.2.1.1. Doğal Havalandırılan Çift Kabuk Cepheler

Doğal havalandırma rüzgar ve basınç farklılıkları sonucunda gerçekleşen bir olaydır. Havalandırma, binalarda optimum iç ortam ikliminin sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. İç ortam hava kalitesi havalandırma sisteminin performansı ile doğrudan ilişkilidir. Doğal havalandırılan cephelerde, boşluk içine alınan hava iki yolla dışarı atılır; rüzgâr basıncı ve /veya baca etkisi. Rüzgâr basıncı hava akımının hızına etki etmektedir. Uygun bir biçimde tasarlanmazsa cephe üzerindeki rüzgârın etkisi, iç ve dışta hava hareketlerine neden olan basınç farklılıkları yaratır. Diğer yöntemde boşluk baca etkisi yaratarak havalandırılabilir. Bu durumda hava boşluktaki en alt açıklıktan içeriye doğru alınır ve ısıtılır. Soğuk havadan daha hafif olan sıcak hava, termal olarak rahatsızlık vermeden bina yüksekliğindeki şaftlardan ya da her kat seviyesinde düzenlenen kanallardan dışarıya atılır. Isıtma ve soğutma dönemlerinde boşluktaki havanın tampon bölge oluşturması ve kontrollü havalandırma sonucu enerjiden tasarruf sağlanır [14], [15], [16], [22].



Şekil 5. Doğal Havalandırmalı Çift Kabuk Cephe Örneği [16]

3.2.1.2. Mekanik Havalandırılan Çift Kabuk Cepheler

Mekanik havalandırmalı cephelerde genellikle döşeme altında veya üstünde yer alan bir havalandırma sistemiyle boşluk içindeki havanın giriş ve çıkışı sağlanarak temiz havanın en iyi şekilde dağıtımının yapılması amaçlanmaktadır. Bu tür bir cephenin karakteristiği, iç güneş kontrol elemanı ile birlikte, cephe arkasına eklenen tek camlı katman ile oluşturulmuş bir hava boşluğudur. Hava, mekanik sistemler yardımıyla havalandırma boşluğuna alınır. Boşluktaki hava diğer katlara doğru yükselirken boşluk içindeki ısı da hava ile birlikte dışarı atılmış olur. Ayrıca boşluk içine alınan hava, direkt olarak dışarıdan içeriye alınmadığı için boşluk içinde oluşabilecek potansiyel kirlenme ve buğu oluşma riski de azaltılmış olur. Mekanik sistemlerle gerçekleştirilen uygulamalarda ek enerji yükü söz konusudur. Ayrıca tasarımda mekanik sistemlerin boyutlandırılması ve gereken tesisat hacimlerinin dikkate alınması kaçınılmazdır. Mekanik havalandırmalı sistemler, doğal havalandırmalı sistemlere göre daha fazla gürültü kontrolü sağlarlar. ARUP ortaklığı tarafından tasarlanan 'Briarcliff House' büro binası mekanik havalandırmalı cephe kuruluşuna örnek olarak verilebilir. Binanın dış cam cephesi hem ses yalıtımı sağlamakta hem de büro mekânları için güneş koruyucu işlevini görmektedir. 10mm. kalınlığındaki dış cam tabakası, çift camlı, sensörlerle kontrol edilen jaluzilerin oluşturduğu cephenin 120 cm önüne konumlanmıştır. Ara boşluk hem camların temizliği hem de düşeydeki havalandırma boruları düzenlenmesine olanak vermektedir. Kışın alttaki kanaldan içeri giren soğuk havanın etkisi ile sıcak hava çatı katında düzenlenen ısı değiştiriciye ulaşmaktadır. Yaz döneminde ise devre dışı bırakılarak havalandırma kapakları ile sıcak hava direkt dışarı atılmaktadır [15], [16], [22].

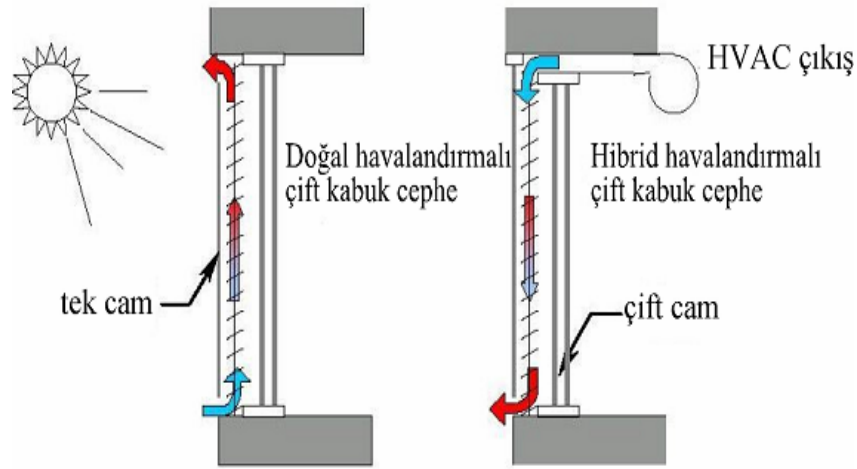


Şekil 6. Mekanik Havalandırılan Cephe Örneği: Briarcliff Evi, Farnborough/İngiltere [16]

3.2.1.3. Hibrit Biçimde Havalandırılan Çift Kabuk Cepheler

Hibrid çift kabuk cephe sistemleri ise hem doğal hem de mekanik havalandırmanın bir arada kullanıldığı sistemlerdir. Doğal havalandırmanın önemli olduğu bir sistemdir, bu sistemin yetersiz ve etkisiz kaldığı durumlarda mekanik havalandırma kullanılmaktadır. Mesela dış ortam sıcaklığının yüksek olması durumunda baca etkisiyle havalandırma yapılamaz ve mekanik havalandırmaya ihtiyaç duyulur. Sıcaklığın düştüğü gece saatlerinde ise doğal havalandırma yapılabilir.

İç ortam konfor şartlarını sağlamak için kullanılan karma havalandırma yaklaşımı, bina strüktürünün ve dış kabukta yer alan hava açıklıklarının kullanımını arttırmayı ve buna bağlı olarak binanın tümünde ya da bazı bölümlerinde pasif sistemlere destek amacıyla mekanik sistemleri devreye sokmayı amaçlamaktadır. Hibrid havalandırmada uygulanan doğal havalandırma, hem iç ortam konfor şartlarını yükseltmekte hem de mekanik havalandırmanın yarattığı ilk yatırım, işletme ve enerji tüketim maliyetlerinden tasarruf sağlamaktadır [15], [16], [19], [22].



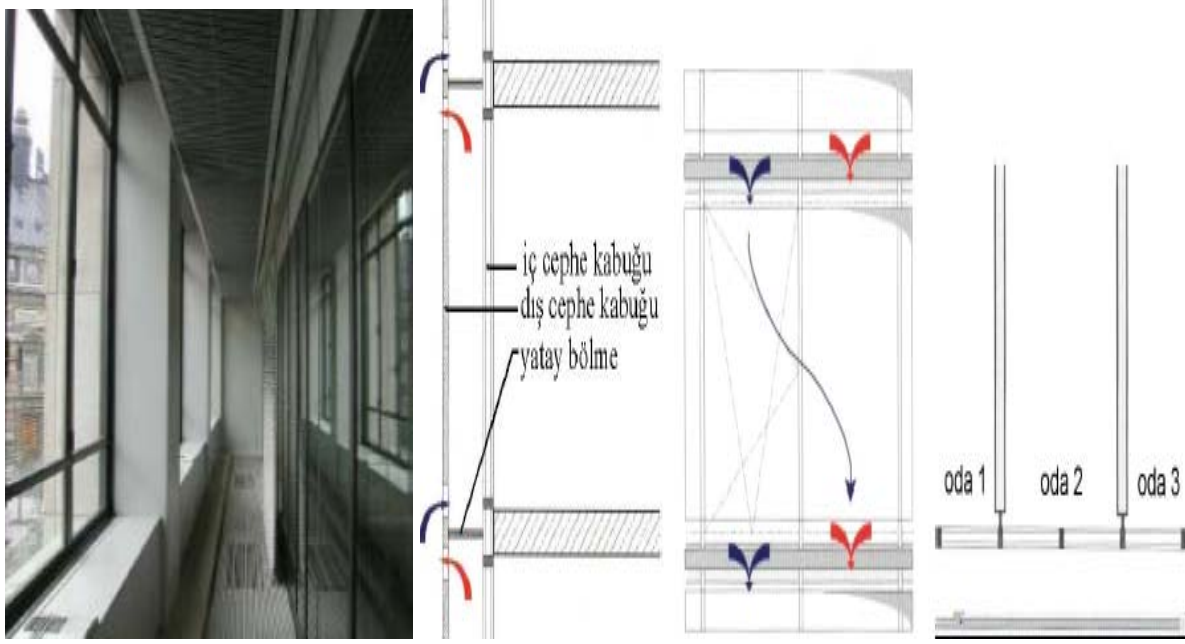
Şekil 7. Doğal ve Hibrid Havalandırmalı Çift Kabuk Cephenin Sistematik Görünüşü [14],[16], [19].

3.2.2. Hava koridorunun Bölümlendirilmesine Göre Çift Kabuk Cepheleri Sınıflandırılması

Çift kabuk cepheler hava koridorunun bölümlendirilmesine göre; koridor tipi çift kabuk cephe, çok katlı çift kabuk cephe, şaft tipi çift kabuk cephe, kutu tipi çift kabuk cephe, olmak üzere 4 bölümde incelenebilir.

3.2.2.1. Koridor Tipi Çift Kabuk Cephe

Çift kabuk cephelerin en çok kullanılan tiplerinden biridir. Her kata taze hava alma ve kirli havayı verme kanalları yerleştirilir; her kattaki boşluklar birbirinin üzerine gelecek şekilde düzenlenir. Koridor tipi çift kabuk cephelerin yapımında, her katta olması gereken havalandırma boşlukları ve yatay bölücülerin bulunmasından dolayı çok katlı çift kabuk cephelerden daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Buna karşın cephenin işlevi çok gelişmiştir. Yapının üstünde aşırı ısı, ses geçişi, duman ve yangın yayılımını azalmaktadır.



Şekil 8. Koridor Tipi Çift Kabuk Cephe Sistematiği Çizimi [16], [19].

Çift kabuklu cephelerde güneşten alınan ısı çift cephe arasındaki boşluklarda toplanır ve yukarı yükselir. Havanın ısısının yükselişi, yangın korunumu ve akustik yalıtım gibi teknik nedenlerle iki veya üç katta bir sınırlandırılır. Koridor tipi çift kabuklu cephelerde bu sınırlama her kat hizasındadır. Her katın boşlukları birbirinden bağımsızdır. Koridor tipi havalandırılmış çift cepheler içinde genellikle bakım ve onarım için yürüme yolu bulunmaktadır.

3.2.2.2. Çok Katlı Çift Kabuk Cephe

Çok katlı havalandırılmış çift cephelerde çift kabuk arasındaki boşluk yatay ve düşey olarak sınırlandırılmamıştır, boşluk tüm katlar boyunca devam eder. Yalnız kat hizasında temizlik ve bakım amaçlı yürüme yolları olabilir. Yürüme yolları hava akımına engel olmayacak şekilde tasarlanır. Dış kabuk içindeki taşıyıcı strüktüre genellikle çelik taşıyıcılar aracılığı ile taşınır.

Bu tipteki cepheler dış mekandaki gürültüye karşı mükemmel bir akustik performansa sahiptir aynı zamanda dış kabuğu tamamıyla cam giydirme cephe olarak tasarlamak da mümkündür. Bu sebeple de bu tip cepheler tercih sebebi olabilmektedir [16], [19],[20], [21].

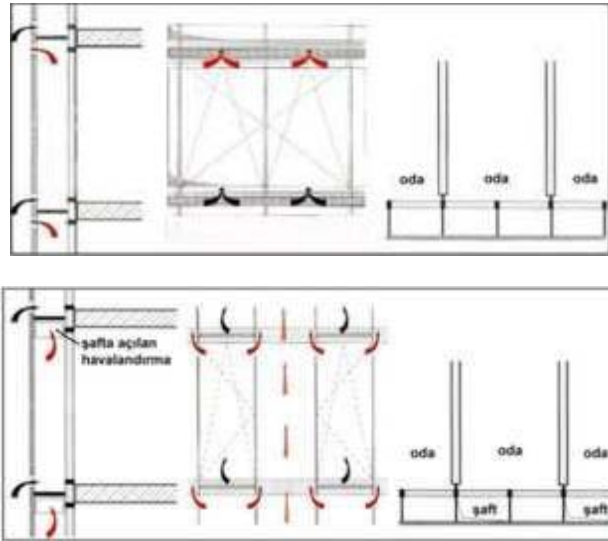


Şekil 9. Çok Katlı Çift Kabuk Cephe Örneği [16].

Çok katlı çift cepheler kesintisiz boşluğa sahip olduğundan yangın ihtimali düşünüldüğünde bu tip cephelerin dezavantajları vardır. Bu nedenle tasarım aşamasında ve malzeme seçimlerinde ilave önlemler almak gerekmektedir.

3.2.2.3. Şaft Tipi Çift Kabuk Cephe

Bu tür cephelerde cam tabakalar arasındaki boşlukta kirli havanın dışarı atılmasını sağlayan düşey bölücüler vardır. Şaftlar arasında havalandırılmalı bölümler, çift pencereler arasında taze havayı içeri alır. Kirli hava çift pencerenin üstündeki bölümden dışarı atılırken, taze hava pencere ve şaft arasındaki bölücünün üst bölümündeki boşluktan şaftta alınır. Öteki çift cephe tipleriyle karşılaştırıldığında şaft tipi cephelerin yangın korunumu, gürültü, temiz ve kirli havanın karışması gibi dezavantajları vardır. Bu yüzden enerji etkin çift kabuklu cephe kuruluşlarında kullanımına az rastlanan bir cephe sistemidir. Düşey şaft katlar boyunca devam ederek en üst noktaya ulaşır; bu sayede baca etkisini oluşturarak doğal havalandırmaya olanak sağlar. Dış cephede açılan mazgallar dışarıdan kontrollü bir temiz hava girişi sağlayarak yüzeyler arasındaki boşluğun taze hava ile dolmasını ve istendiğinde bu havanın iç mekâna akışı sağlanarak mekânın kontrollü bir şekilde havalandırılmasına da imkân verir. Baca etkisi sınırlı bir yükseklik gerektirdiği için bu cephe kurgusu daha çok az katlı binalar için uygundur [16], [19],[20], [21].



Şekil 10. Şaft Tipi Çift Kabuk Cephe Şematik Çizimi [16], [19].

3.2.2.4. Kutu Tipi Çift Kabuk Cephe

Kutu tipi çift kabuk cepheler; içte çift camlı, dışta ise tek camlı kabuktan oluşan kutu şeklinde bir panel sistemdir. Literatürde ara boşluğu havalandırılmış çift pencere sistemlerinde kutu tipi çift cephe olarak tanımlanmıştır. Bu tip cephede, boşluk; fiziksel olarak yatay ve dikey sınırlanmıştır. Cephe modülü bir katla sınırlı yüksekliğe sahiptir. Genel olarak yüksek binalarda cephede güneş kontrol sistemlerinin kurgulanması amacıyla kullanılmaktadır. Doğal havalandırılmalı kutu tipindeki çift kabuk cephelerde dış kabuk genelde lamine tek camdan, iç kabuk, çift katmanlı yalıtımlı cam kabuktan oluşmuştur. Çift kabuk arasındaki boşluğa çoğunlukla motorize panjurlar yerleştirilir.

Cephe elemanının sınırlı yüksekliği, önemli bir güneş ışığı sonucunda genelde aşırı yüksek değerleri bulmayan boşluk içindeki ısıyı sınırlar. İç cam genel olarak açılabilir, böylece ofisler doğal olarak havalandırılır. Genellikle dış kabuğun alt ve üst bölgelerinde sürekli kapanmayan yarıklar yapılır. Ara boşluk içindeki hava akımı bu şekilde dış hava perdesi (dışarıdan gelen hava alt ve üst boşluk sayesinde ara boşlukta sirküle olur) şeklinde olmaktadır. İç pencere açıkken dışarı ve oda arasındaki

hava akışı basınç şartlarına bağlı olarak ya iç mekana hava girişi (infiltrasyon) ya da iç mekandan dışarıya doğru hava çıkışı (ekfiltrasyon) şeklinde olmaktadır. Kutu tipi çift kabuk cepheler çoğunlukla panel sistem şeklinde tasarlanarak kaba yapı esnasında taşıyıcı sisteme ankre edilen tespit bileşenleri aracılığıyla taşıyıcı strüktüre monte edilirler. Panel sistem sayesinde fabrika ortamında tamamlanan cephe panelleri, uygulama aşamasında daha az hata ve daha çabuk uygulama imkanı vermektedir. Boşluğun yüksekliği sınırlı olduğu için, boşluktaki ısı ve baca etkisi de sınırlı olmaktadır [14], [15], [16], [19], [20], [21].



Şekil 11. Kutu Tipi Çift Kabuk Cephe Şematik Gösterimi [16].

3.2.3. Çift Kabuk Cephelerin Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları:

- Geleneksel cam cephelerden daha düşük bir ısı geçirme katsayısına sahiptir. Dolayısıyla bu tip cephe çözümleri soğuk dönemde binanın toplam ısıtma yükünü azaltmaktadır.
- İkinci bir cam kabuğun eklenmesi ile rüzgar basıncının azalmasına, yüksek bir binanın en üst katında dahi pencere açılmasına ve binanın doğal olarak havalandırılmasına olanak tanımaktadır. İç kabuktaki pencereler açılarak, yazın bina doğal olarak havalandırılabilir ve geceleri soğutulabilir.
- Doğal enerji kaynaklarından yararlanarak enerji tüketiminin, kullanım sürecindeki enerji maliyetlerinin ve kullanıcı konforunun sağlanmasında mekanik tesisatın kullanımının azaltılmasını sağlamaktadır.
- Çift kabuk cepheye sahip binalarda çalışanlar buldukları mekanın iklimsel koşullarına müdahale edebilmekte, böylece "hasta bina sendromu"nun da ortadan kaldırılmasına yardımcı olmaktadır.
- Dış iklim koşullarından korunmuş, iki cam kabuk arasındaki ara boşluğa yerleştirilen güneş kontrol elemanlarıyla, mevsime bağlı olarak güneş ışınımının denetlenmesi mümkün olmaktadır.
- Ara boşluğa yerleştirilen güneş kontrol elemanları veya v.b. elemanlar rüzgar, yağmur, kar gibi dış etkenlere maruz olmadığından, bina dışına yerleştirilen elemanlara oranla daha ekonomik olup cephenin iç yüzeyinden kontrol edilebilmektedir.
- Ara boşluk sayesinde cephenin bakım ve onarımı kolaylıkla yapılabilmektedir.
- Cephede iyi bir ses izolasyonu sağlamaktadır. Özellikle trafik gürültüsünün yoğun olduğu yerlerde, gürültünün çalışma alanlarına girmesini önemli ölçüde engellemektedir.
- Ara boşluk aynı zamanda yangın kaçıışı amacıyla da kullanılabilir.

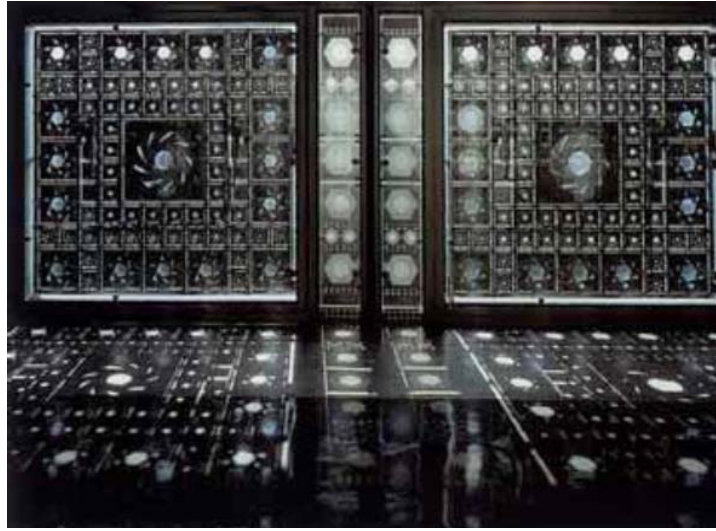
- Enerji korunumu ve iklimsel avantajlarının yanı sıra bu tür cepheler binaya hafiflik ve zariflik etkisi kazandırmaktadır [14], [15], [16], [19], [20], [21].

Dezavantajları:

- Tek kabuk cephelerle karşılaştırıldığında daha yüksek yatırım, işletme ve bakım maliyetlerine sahiptir.
- Eğer çift kabuk cephe uygun bir şekilde tasarlanmamışsa ara boşluktaki hava sıcaklığı iç mekanın fazla ısınmasına neden olabilir. Bu nedenle fazla ısınmayı engellemek için iç ve dış kabuk arasında boşluk 100 mm'nin altına inmemelidir.
- Yoğunlukla çok katlı çift kabuk cephelerde ara boşluktaki hava akımının artması. Özellikle ara boşluk yolu ile doğal olarak havalandırılan ofisler arasında önemli basınç farklılıklarına neden olmaktadır.
- Binanın yapı yükünün artmasıyla birlikte yapım maliyetinin de yükselmesine neden olmaktadır.
- Çok katlı ve şaft tipi çift kabuk cephelerde ara boşluğun bölümlendirilmemesinden dolayı ses izolasyonu, yangın ve duman yayılımı problemleri oluşmaktadır [14], [15], [16], [19], [20], [21].

3.3. Akıllı Cephe Sistemleri

Jean Nouvel tarafından Paris'te inşa edilmiş olan Arap Enstitüsü'nün güney cephesinde 27000 diyafram mekanizmasından oluşan ayarlanabilir güneş kontrol elemanları geliştirilmiştir. Gün ışığı geçişini düzenleyen diyaframlar bir elektro-pnömatik mekanizma sayesinde açılıp kapanmaktadır. Diyaframlar, dış tarafta yer alan çift cam ünite ile iç taraftaki tek cam arasında konumlanmıştır. Şekil 12 'de görülmektedir [5], [6], [7].



Şekil 12. Paris Arap Enstitüsü Cephe Diyafram Mekanizmaları [7].

Malzeme teknolojisindeki son yenilikler sayesinde cepheyi oluşturan bileşenlerin iklim koşullarına adaptasyon yeteneği kazanması artık mümkündür. Ofis binalarında geniş cam cephelerde, güneş ışınımının şiddetine göre opaklaşma özelliği taşıyan akıllı camların elektrokromik ve fotokromik camların kullanılması sayesinde yüksek performanslı güneş kontrolü sağlanabilmektedir. Amerika Lawrence Berkeley Lab. Bu alanda deneysel ve simülasyona dayalı çalışmalar yürütmektedir. Maliyet sorununun çözümü akıllı camların uygulamada kullanımına olanak tanıyacaktır [3], [6], [7].

Bir diğer deneysel akıllı cam cephe sistemi, Living Glass prototip uygulamasıdır. Bu çalışmada cama nitinol katkısı uygulanarak şekil değiştirme yeteneği (shape memory alloy) kazandırılmakta, sensörlerle algılanan hava akımı belli bir düzeyin üzerine çıktığında malzeme şekil değiştirmekte, boşluktan içeriye doğal havalandırma sağlanmaktadır [7].

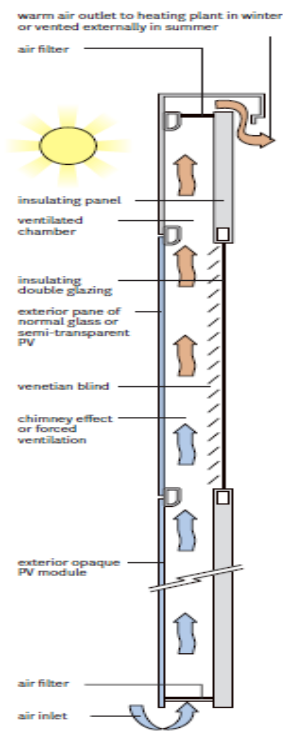


Şekil 13. Living Glass Prototipi [7].

3.4. Enerji Üreten-Entegre Cepheler

Güneş pili-PV teknolojisindeki son gelişmeler paralelinde lamine cam tabakası arasında yer alan PV modüller, gölgeleme elemanları yüzeyinde, boşluklu, giydirme cephelerde ve çift kabuk cephelerde yüksek ışık geçirgenlik değeri (yüksek V_t değeri) ve güneş kontrolü sağlama (düşük g , SHGC katsayısı) özelliğine sahip Low-E kaplamalı dış cam katmanında yer almakta, elektrik enerjisi üretmektedir. PV modülün yerleştiği bu katmanın arkasında yer alan hava boşluğu yağmur perdeli sistem esasına uygun olarak detaylandırılmalı, boşluk havalandırılarak iç-dış ortam basıncı eşitlenmeli, aşırı ısınma sorunu çözülmeli, rüzgar yüklerinin etkisi minimuma indirgenmelidir [4], [23].

Boşluklu cepheler, giydirme cepheler ve çift kabuk cephelerde PV uygulamaları Şekil 14.'te görülmektedir.



Şekil 14. Farklı Çift Kabuk Cephe Sistemlerinde Binaya Entegre PV Uygulaması [23].

SONUÇ

Bina tasarımında ve kullanımında enerji verimliliği 1970'lerin başından beri dünyada öncü bir yaklaşım haline gelmiştir. Dünyada yaşanan iklimsel değişimler ve enerji kaynaklarının hızla tüketilmesi, kendi enerjisini kendisi üreten, enerji etkin, sürdürülebilir bir mimarlık anlayışını zorunlu hale getirmiştir, tüm bu etkilerin kabuk tasarımına yansımaması imkansızdır.

Ofis binaları kullanıcı sayısı yoğun olup, gün içerisinde enerji gereksinimi (aydınlatma, soğutma, ısıtma, havalandırma) paralelinde tüketilen enerji miktarı çok fazladır. Enerji korunumu ve kullanıcı konforunu üst düzeyde tutmak amacıyla geliştirilen gelişmiş cephe sistemlerinin uygulanmasında; doğru sistemin seçilebilmesi için maliyet analizleri ve boşluk boyutlandırılması hesaplamaları yapılmalıdır. Uygun malzeme, sistem ve işletim tekniğinin seçilmesi sonucunda, kabuğun enerji performansı artarken, güneşten ısı, ışık kazancı, elektrik üretimi sağlanmakta, doğal havalandırma olanağıyla mekanik sistem yükleri ve dolayısıyla sistemin totalde tükettiği enerji miktarı azalmaktadır. Tüm bunlar bütüncül bir tasarım anlayışını gerektirmektedir. Günümüzde cephe tasarımı giderek daha karmaşık bir hal almakta, mimar, bina enerji mühendisi, cephe performans uzmanlarından oluşan bir ekip çalışmasının ürünü olmak durumundadır.

Gelişmiş cephe sistemlerinde bileşenlerin birbirine olan etkilerinin bir arada incelenmesi, entegre yaklaşım kriterlerinin uygulanmasını beraberinde getirir. Bu bir optimizasyon sorunudur. Her projede cephe sistemlerinin proje özelinde değerlendirilmesi, detaylandırılması, performans analizlerinin yapılması, uygun malzeme ve işletim tekniklerinin tercih edilmesi sonucunda optimum çözüm üretilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] BAUER M., MÖSLE P.,SCHWARZ M.,” Green Building–Guidebook for Sustainable Architecture”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010
- [2] KNAACK U., KLEIN T., “The Future Envelope”, Research in Architectural Engineering Series Volume 8, IOS Press BV, 2008
- [3] KNAACK U., KLEIN T., “The Future Envelope 2 Architecture-Climate-Skin”, Research in Architectural Engineering Series Volume 9, IOS Press BV, 2009
- [4] KNAACK U., KLEIN T., “Façades-Principles of Construction”, Birkhauser Verlag AG, Basel, Boston, Berlin, 2007
- [5] GÜR, N.V., “ Mimaride Sürdürülebilirlik Kapsamında Değişken Yapı Kabukları İçin Bir Tasarım Destek Sistemi”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, 2007
- [6] UTKUTUĞ, G., AYÇAM, İ. EROL, M., “GÜMMF. Mimarlık Bölümü Fiziksel Çevre Denetimi-I Yayınlanmamış Ders Notları”, 1996
- [7] Compagno, A., Intelligent Glass Façades, Birkhauser Publishers, Basel, 2002,
- [8] HANSANUWAT, R., “Kinetic Façades As Environmental Control Systems: Using Kinetic Façades to Increase Energy Efficiency and Building Performance in Office Buildings”, Faculty of Architecture; University of Southern California, 2010
- [9] ELKADÍ H., “Ecological Approach For The Evaluation of Intelligence Energy Features in a Building's Skin “ Renewable and Sustainable Energy Reviews, Pergamon Press, 2009
- [10] CIBSE Guide, “Environmental Performance Toolkit for Glazed Facades TM35” CIBSE, 2004 ANDRESEN I. Et.al., “State-of-the-art Review Vol. 2B. Methods and Tools for Designing Integrated Building Concepts”, IEA- ECBCS Annex 44: Integrating Environmentally Responsive Elements in Buildings, IEA-International Energy Agency Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme, 2007
- [11] HEISELBERG, P.,” Expert Guide – Part 1 Responsive Building Concepts”, IEA ECBCS Annex 44 Integrating Environmentally Responsive Elements in Building, International Energy Agency Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme, 2009.
- [12] WARREN, P. Et.al, “Integral Building Envelope Performance Assessment”, Technical Synthesis Report- IEA ECBCS Annex 32, Faber Maunsell Ltd., 2003

- [13] HARRISON, K., BOAKE, T.,M.: The Tectonics of the Environmental Skin, University of Waterloo, School of Architecture, 2003
- [14] POIRAZIS, H: “Double Skin Façades for Office Buildings – Literature Review”, Division of Energy and Building Design, Department of Construction and Architecture, Lund Institute of Technology, Lund University, Report EBD-R--04/3, 2004
- [15] X. LONCOUR, et.al., “Ventilated Double Façades Classification and Illustration of Façade Concepts” , Belgian Building Research Institute-BBRI, 2004
- [16] OESTERLE, L., LUTZ, H., Double-Skin Façades, Integrated Planning, Prestel Verlag, Munich-London- New York, 2001,
- [17] ÜNAL, M., “Çift Kabuk Cephelerin Sistemik Analizi ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi”, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 2006,
- [18] TATLI, G., “Çift Kabuk Cephelerin Ekonomik Etkinliğinin Yaşam Dönemi Maliyeti Analiziyle İrdelenmesi”, Gazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 2006,
- [19] ÇETİNER, İ., “Çift Kabuk Cam Cephelerin Enerji ve Ekonomik Etkinliğinin Değerlendirilmesinde Kullanılabilecek Bir Yaklaşım”, İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, 2002
- [20] LAKOT, E., “Ekolojik ve Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Çift Kabuklu Bina Cephe Tasarımlarının Günümüz Mimarısındaki Yeri ve Performansı Üzerine Analiz Çalışması”, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi, 2007
- [21] KIM, Y., “Contribution of Natural Ventilation in a Double Skin Envelope To Heating Load, Reduction in Winter”, Building and Environment, Elsevier Publ., 44, 2009
- [22] ROBERTS S., GUARIENTO N., “Building Integrated Photovoltaics-a Handbook”, Birkhauser Verlag AG, Basel, Boston, Berlin, 2009.

ÖZGEÇMİŞ

İdil AYÇAM

1971 yılı Mersin doğumludur. 1993 yılında GÜMMF Mimarlık Bölümünü bitirmiştir. Aynı Üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü'nden 1998 yılında Yüksek Mimar ve 2006 yılında Doktor unvanını almıştır. 1994–2007 yılları arasında GÜMMF. Mimarlık Bölümü'nde Araştırma Görevlisi, 2007 yılından günümüze Öğretim Görevlisi olarak çalışmakta, halen Fiziksel Çevre Denetimi Biriminde ve Yeşil Tasarım Atölyesi'nde (Atölye 5) görev almakta, Fiziksel Çevre Denetimi I-II, Ekolojik Mimarlık, Enerji Etkin Bina Tasarımı derslerini vermektedir. Yeşil binalar, sürdürülebilir mimarlık, binalarda enerji etkinliği, bina enerji performansı, gelişmiş cephe sistemleri, üzerine akademik çalışmalarını sürdürmektedir.