

Çevresel, Sosyal ve Ekonomik Bağlamda Akıllı Cephe Sistemlerinin Sürdürülebilir Kalkınmaya Etkileri

Birnur SÖNMEZ¹, Gözde ÇAKIR KIASIF¹

¹T.C. Haliç Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi / Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye

Geliş Tarihi: 23.05.2018

***Sorumlu Yazar e mail:** sonmezbirnur@gmail.com **Kabul Tarihi:** 26.07.2018

Özet

19.yüzyılın başlarında Sanayi Devrimi'yle birlikte ülkelerin hızlı büyüme ve kalkınma çabaları doğal kaynakların bilinçsiz bir şekilde tüketilmesine neden olmuştur. Yenilenemez enerji kaynaklarının kontrolsüzce kullanılması sonucunda ciddi çevresel sorunlar ve ekolojik dengesizlikler ortaya çıkmıştır. Bu kötü gidişata çare bulabilmek adına sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıkarak çevresel, sosyal ve ekonomik bağlamda kalkınma modelleri uygulanmaya başlanmıştır. Yapı sektörü bu kötü gidişatın baş sorumlusu tutularak sürdürülebilir yapım teknolojilerini ve akıllı bina sistemlerini benimsemesi gerektiğini kaçınılmaz bir gerçek olarak görmüştür.

Akıllı Binalar, ihtiyacı olan enerjiyi sahip olduğu alt sistemler ile elde edebilen, otomasyon birimleriyle yönetilen binalardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak veya minimum enerji ile maksimum kazanç sağlayarak sürdürülebilir özellikler taşımaktadır. Akıllı bina cepheleri ise iç mekan-dış mekan arasında bir kabuk görevi gören ve en büyük yüzeye sahip olan yapı elemanı olarak enerji kayıplarının en fazla görüldüğü yerdir. Enerjinin yanında görsel ve akustik anlamda da ciddi konfor koşullarının sağlanmasında etkili olan akıllı bina cepheleri; doğru kabuk bileşenleri ve cam seçimi ile, fotovoltaiik panellerin ve/veya rüzgar türbinlerinin cepheye entegre edilmesiyle, yeşillendirilmiş duvar teknolojileriyle, kabağa yerleştirilen güneş kırıcıları ile ve yağmur suyunu depolayan sistemleri ile akıllı nitelikler sergilemektedir.

Çalışma kapsamında akıllı bina kavramına genel olarak değinilerek akıllı bina cepheleri titizlikle analiz edilmektedir. Bu cephe sistemini oluşturan yapı bileşenleri ele alınarak akıllı cephelerin, çevresel, sosyal ve ekonomik olarak sürdürülebilir kalkınma için önemli katkılar sağlayabileceğini göstermek amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler : Sürdürülebilir Kalkınma, Akıllı Bina, Akıllı Cephe Sistemleri.

The Effects of Smart Facade Systems to Sustainable Development in Terms of Environmental, Social and Economical Context

Abstract

At the beginning of the 19th century with industrial revolution the efforts of growth and progress of countries caused using up the natural sources unconsciously. As a result of using unrenueable energy sources unrestrainedly critical environmental issues and ecologic imbalance came out. In order to find a way to this bad course, progress models have been proceeded to implement in terms of environmental, social and economic bringing out the concept of sustainability. Building sector sees the need of adopting sustainable building technologies and smart building systems as an inevitable fact being held responsible for this unfavorable course.

Smart buildings are the buildings which can attain the needed energy with subsystems they have, are conducted with automation units. They have sustainable features using sustainable energy sources or driving a maximum profit with minimum energy. As for smart building facades are the areas which perform duty as an envelope between indoor and outdoor and be seen loss of energy the most as a building factor having the biggest surface.

Smart building facades; effective in providing critical comfort circumstances in the meaning of acoustic and visual as well as the energy, display smart qualifications with proper facade components and choice of glass, being integrated the photovoltaic panels and wind turbines to the facades, greened wall technologies, with sun blinds placed to the envelope and the systems storing rain water.

Within the work, smart building facades is going to be analyzed studiously addressing to the concept of smart building. Handling the building components forming this facade system it is aimed to show that smart facades can provide significant contributions for sustainable progress as environmental, social and economic.

Keywords: Sustainable Development, Smart Building Facades, Smart Buildings, Energy-Efficient Buildings, Energy-Efficient Facades, Sustainability.

1. Giriş

Akıllı binalar, minimum enerji kullanarak kullanıcı konforunu optimum düzeyde tutabilen, öğrenme yeteneğine sahip, otomasyon sisteminine bağlı birçok alt sistemlerle donatılmış, çevresiyle uyumlu binalardır. Akıllı binaların cepheleri de bu özelliklere sahiptir. Akıllı yapı

cepheleri sayesinde iç mekânlarda doğal aydınlatma ve doğal havalandırma sağlanabilmektedir. Akıllı cephelere sahip binalarda yaşayan ve/veya çalışan insanlar, diğer yapılardaki insanlara göre daha konforlu bir yaşam sürdürebilmektedir. Akıllı yapı cephelerinde kullanılan geri dönüşümlü malzemeler ile maliyet azaltılmakta ve çevreye zarar veren atık maddelerin oluşumu engellenmektedir. Cephelelere yerleştirilen ekipmanlar sayesinde rüzgâr, güneş gibi doğal enerji kaynaklarından enerji elde edilmekte ve binalarda kullanılmaktadır. Bu sayede bina işletim maliyeti ve fosil enerji kaynaklarının kullanımı azaltılmaktadır.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada sürdürülebilir bir uygulama olan akıllı bina cepheleri ele alınarak sürdürülebilir kalkınma adına önemi ortaya konulmuştur. Çalışmanın amacı akıllı cephelere sahip binaların çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan sürdürülebilir kalkınmaya ciddi katkılar sağlayabileceğini göstermektir. Çalışma kapsamında ilk olarak sürdürülebilir kalkınma kavramı ele alınarak çevresel, sosyal ve ekonomik yönleri irdelenmiştir. Daha sonrasında akıllı bina sistemlerinin tanımı, sınıflandırılması ve genel özelliklerinden bahsedilerek çalışmamızın ana konusu olan akıllı bina cephelerine geçilmiştir. Kapsamlı bir şekilde ele alınan akıllı bina cephelerinin sürdürülebilir kalkınma adına ne tür etkiler yaratacağı araştırılmıştır.

1.2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada yöntem olarak alanyazın taraması yapılmıştır. Kurallı, tutarlı ve derin bir ikincil kaynak taramasından sonra sentezlenen bilgiler eleştirel bir değerlendirmeden geçirilmiştir. Bu kapsamda, akıllı cephe sistemleriyle ve sürdürülebilir kalkınma kavramıyla ilgili önemli alan indekslerine sahip dergi makaleleri, kitaplar, teknik raporlar ve konferans bildirileri titizlikle incelenmiştir. Bina kullanıcılarının konforunu en üst düzeyde tutması sonucu çalışma verimini

arttırabilen, ihtiyacı olan enerjinin büyük bir kısmını cephe ve çatılarına yerleştirilen sistemlerle elde edebilen ve bu sayede enerji maliyetlerini minimuma düşürebilen, otomasyon sistemi ile tek bir noktadan kontrol edilebilen akıllı binalarda en fazla yüzey alanına sahip bina kabuğunun sürdürülebilir kalkınmaya olan katkısı kavramsal çerçevede ortaya konulmuştur.

2. Sürdürülebilir Kalkınma

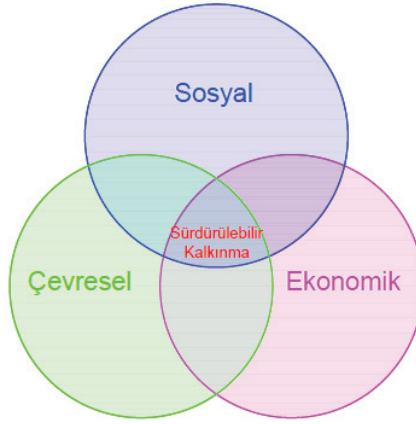
Sürdürülebilir kalkınma kavramı ile ilgili geçmişten günümüze kadar birçok farklı tanım yapılmıştır. Günümüzde kabul gören tanım 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun Brundtland Raporu'nda yer almış olan "Bugünün ihtiyaçlarını gelecek nesillerin de kendi ihtiyaçlarını karşılamalarında ödün vermeden karşılamak" tanımlamasıdır. Bir diğer tanım ise; 2000 yılında hazırlanan "Sürdürülebilir Kalkınma için Ulusal Stratejiler Raporu"nda yer alan "Gelecek nesillerin kendi gereksinimlerinin karşılanması yeteneğini zarara uğratmadan bugünkü neslin ihtiyaçları karşılayan ekonomik ve sosyal "gelişme" şeklinde tanımlanır [1].

Sürdürülebilir kalkınma tanımları üç ana boyut içermektedir. Bunlar, büyümenin sürdürülemezliği, gereksinimlerin karşılanması ve gelecek neslin de en azından bizim sahip olduğumuz yaşam düzeyi ve refaha sahip olmalarını güvence altına alabilmektir. Sürdürülebilir kalkınma tanımlarında genellikle mevcut kaynakların sınırlı fakat insan ihtiyaçlarının sınırsız olduğu varsayımı vurgulanmakta olup, sınırlı kaynaklar sebebiyle doğa ve insan arasında bir denge kurulması gerektiği kanısına varılmaktadır. Bu kanı, sürdürülebilir kalkınmanın kaçınılmazlığını ifade etmektedir. Sürdürülebilir kalkınma ile ilgili dünya genelinde birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların bazıları aşağıda verilmiştir;

1. Stockholm Konferansı (1972)
2. Büyümenin Sınırları Raporu (1972)
3. Brundtland Raporu (1987)
4. Rio Zirvesi – Gündem 21 Eylem Planı (1992)

5. Habitat II Zirvesi (1996)
6. Rio+5 Zirvesi (1997)
7. Kyoto Protokolü (1997)
8. Binyıl Deklarasyonu (2000)
9. Johannesburg Zirvesi (Rio+10) (2002)
10. Rio+20 Konferansı (2012)
11. Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi (2015)

Sürdürülebilir kalkınma kavramını oluşturan 3 ana unsur vardır. Bunlar, sosyal adalet, ekonomik ilerleme ve çevresel koruma unsurlarıdır. Sosyal açıdan sürdürülebilirliğin sağlanması için insanın özgürlüğünün genişlemesi, her insana inanç, dil, ırk, cinsiyet, sağlık, eğitim gibi konularda eşitlik sağlanması gerekmektedir. Ekonomik açıdan sürdürülebilir sistemde ürün ve hizmetleri geçmişten geleceğe aynı temellere dayanarak üretebilmeli ve hükümetler, dış vecibelerin yönetilebilirliğini sürdürebilmeli, tarımsal, sanayisel üretime zarar veren sektörel dengesizliklerden uzak durmalıdır [2]. Çevresel açıdan sürdürülebilirliğin sağlanması için doğal kaynakların ve ekosistemin sürekli ve ölçülü bir biçimde korunması gerekmektedir. Çevresel açıdan sürdürülebilir kalkınma, doğal kaynakların tüketiminin en aza indirilmesini, malzeme gereksinimlerinin geri dönüştürülmüş veya dönüştürülebilir malzemelerden karşılanmasını, inşaat atıklarından %100 geri dönüşüm sağlanmasını, enerji kaynaklarının korunarak enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmasını, çevre yapılandırılmasında biyolojik çeşitliliğe zarar verilmemesini gerektirmektedir. Çevresel, sosyal ve ekonomik unsurlar dengeli bir biçimde bir araya gelerek sürdürülebilir kalkınma kavramını oluşturmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Sürdürülebilir Kalkınmanın Boyutları [3]

Sürdürülebilir kalkınmada ekonomik ve sosyal unsurlar devamlı etkileşim halindedir ve bu hal düzenli hale geldikçe çevreyle olan ilişkisi de sürdürülebilir hale gelecektir. Toplumların sosyo-ekonomik koşulları daha iyi oldukça, doğal kaynakların kullanımı da daha bilinçli olacaktır. Gelir dağılımının eşit olması, doğal kaynakların da eşit miktarda kullanımını sağlayacaktır. Ekonomik aktiviteler, toplumun refah düzeyini yükseltmektedir fakat buna karşın çevreye atık maddeler, doğal kaynakların kullanımı gibi olumsuz etkileri olmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın ilkeleri ile ilgili birçok gösterge mevcuttur. Bu göstergelerin ortak özelliği, sürdürülebilir kalkınma unsurları olan sosyal, çevresel ve ekonomik boyutun birbirinden ayrı düşünülmemeyeceğidir [4].

Sanayi devrimi sonrasında doğal kaynaklardan biri olan kömür bilinçsizce kullanılmaya başlanmıştır. İnsanların doğaya verdikleri zararlar iklim değişiklikleri, ozon tabakasının zarar görmesi, temiz su kaynaklarının yok olması gibi sonuçlar doğurmuştur. İnsanların doğaya verdikleri zararlar ve bilinçsiz kullanım sürdürülebilir kalkınma kavramının zeminini oluşturmuştur. Sürdürülebilir kalkınmanın amaç ve hedeflerinden bazıları; dünyada yoksulluğa ve açlığa son verilmesi, herkese eşit şekilde eğitim, sağlık olanakları sağlanması, her

bireye temiz su olanakları sağlanması, her bireye insan onuruna yaraşır iş ve ekonomik kalkınmanın sağlanması, sürdürülebilir üretim ve tüketimin sağlanması, ekosistemi korumak, iklim değişiklikleri için beraber mücadele etmek, herkes için güvenilir ve sürdürülebilir enerjinin sağlanması, barış ve adaletin sağlanmasıdır [5].

Çeşitli alt sistemlerle donatılmış akıllı binalar, ihtiyaç duydukları enerjinin büyük bir kısmını alt sistemleri yardımıyla karşılayabilmektedir. HVAC sistemleri, akıllı binada yer alan mekanların sıcaklık değerlerini gün boyu dengede tutarak enerji tasarrufu ve kullanıcı konforu sağlamaktadır. Yağmur suyu toplama sistemleri yardımıyla yağmur suyu biriktirilerek peyzaj sulamasında veya tuvaletlerde kullanılabilir. Bir ülkede tüketilen toplam enerjinin %40'ının binaların yapım, kullanım ve yıkım esnasında kullanıldığı düşünüldüğünde akıllı bina sistemlerinin sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında önemli bir etken olduğu görülmektedir.

3. Akıllı Bina Sistemleri

1980'li yıllarda teknolojinin mimariye getirdiği yeniliklerle, ihtiyaç duyduğu enerjiyi alt sistemleri yardımıyla üretebilen ve bu sayede doğal enerji kaynaklarının kullanımını minimuma indirebilen “akıllı bina” kavramı ortaya çıkmıştır. Binalarda enerji, ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gibi gereksinimler için kullanılmaktadır. Akıllı binalar; binada yaşayan veya çalışan kişilerin konforundan ödün vermeden otomasyon sistemine bağlı alt sistemlerle binanın enerji ihtiyacını minimumda tutabilen, bina fonksiyon değişikliklerine ayak uydurabilen, öğrenme yeteneğine sahip, güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından gerektiğinde yararlanmak, gerektiğinde korunmak üzere kendi kendini ayarlayabilen, bina işletim masraflarının en aza indirildiği, belli bir süre sonra bina yapım maliyetini geri kazandırabilen açık ve kapalı alanlardan oluşan binalardır. İlk akıllı bina, 1981 senesinde Amerika Birleşik Devletleri'nin Connecticut eyaletinde Technologies Corporation tarafından yapımına başlanan ve 1983 yılında tamamlanan “City Palace” isimli ofis binasıdır.

Sürdürülebilir kalkınma düşüncesi ve teknolojinin getirdiği yeniliklerle ortaya çıkan ve çıktığı günden beri hızla yayılan, bilişim teknolojisine dayalı olan akıllı binalar 30 yılı aşkın süredir yakın çevremizde bulunmaktadır. Mimar Harrison [6], akıllı binaları 3 kategoride sınıflandırmıştır;

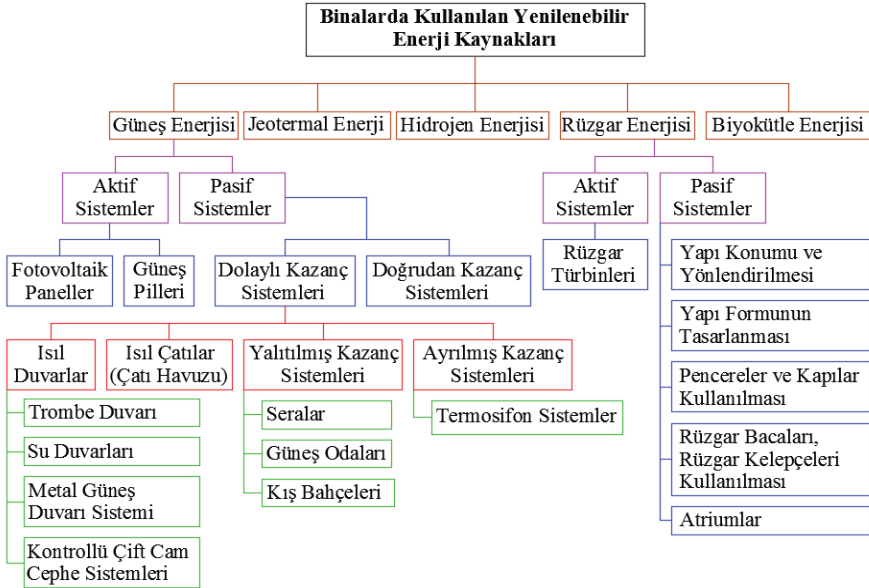
1. Otomatik Binalar (Automated Buildings) (1981-1985)
2. Yanıt Veren Binalar (Responsive Buildings)(1986-1991)
3. Verimli Binalar (Effective Buildings) (1992- >)

Harrison'un üç kategorisinden yola çıkarak akıllı binaların sınıflandırılması şu şekilde yapılmaktadır;

Birinci kuşak akıllı binalar otomasyon sisteminden yoksun, kullanıcı konforunun sağlanmasında yetersiz, karmaşık alt sistemlerden oluşmaktadır. İkinci kuşak akıllı binalar birinci kuşak binaların içerdiği yetersiz ve karmaşık alt sistemlerin, tek bir ağ sistemiyle birbirine bağlanması ile oluşmaktaydı. Bu gelişme sonrasında alt sistemleri uzaktan kontrol edebilmek, merkezi bir yerden planlayabilmek mümkün olmuştur. Üçüncü kuşak akıllı binalar, ilk iki dönemdeki gelişmelere ek olarak, bina ve bina kullanıcıları konusunda öğrenme ve uyum sağlama yeteneğine sahip olan binalardan oluşmaktadır. Birinci ve ikinci dönem akıllı bina teknolojilerinde bina kontrol sistemlerinin çalışmasının artırılması sağlanmıştır fakat üçüncü dönemdeki öğrenme, ayak uydurma gibi teknolojilere yer verilememiştir [7]. Akıllı binalarda yer alan sistemler ilk olarak basit bir şekilde uygulanmış olup, ilerleyen yıllarda birbirleriyle entegre çalışan karmaşık yapılar haline gelmiştir.

Akıllı binalar tanımlanırken en çok önem verilen unsur enerji konumunu yani enerji etkinliği kavramıdır. Akıllı binalar, enerji tasarrufu ve kullanıcı konforu sağlayan HVAC gibi alt sistemleri, çatı ve cephelelerine yerleştirilen güneş, rüzgar gibi doğal enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin depolanmasını sağlayan yapı elemanları ile %100 enerji verimli binalar olmayı amaçlamaktadır. Akıllı binaları öteki yapılardan ayıran en önemli şey, birbirine entegre çalışan alt sistemler ve bu sistemlerin bir noktadan kontrolü sağlayan otomasyon sistemleridir. Binanın kontrolünü sağlayan otomasyon merkezi, binanın daha verimli ve daha ekonomik işletilmesini sağlamaktadır.

Akıllı binalar, minimum enerji kullanımı ile maksimum kullanıcı konforu sağlayabilmektedir. Akıllı binaların enerji etkin bina olarak projelendirilmesinde aktif ve pasif sistemler kullanılmaktadır. Akıllı binalar, pasif sistemlerin yeterli olmadığı durumlarda aktif sistemlerini desteklemek üzere, aktif sistemlerle bütünlük sağlayacak şekilde projelendirilmelidir. Pasif sistemler, herhangi bir mekanik veya elektronik sistem kullanılmadan yapı elemanlarıyla oluşturulan bir düzendir. Binanın şekli, yapısı ve yönlendiği enerji, su ve malzeme gibi kaynakların etkin bir şekilde kullanılması mümkün olmaktadır. Aktif sistemleri ise, güneş radyasyonunu veya rüzgarın sahip olduğu kinetik enerjiyi istenilen türdeki enerjiye çevirmek için kullanılan mekanik-elektronik sistemler ve binada bulunan iklimlendirme, yangın güvenlik, aydınlatma gibi otomasyon sistemleri oluşturur. Bu sistemler ısıtma, soğutma, elektrik üretimi vb. amaçlar için kullanılır. Akıllı binaların cephelerine yerleştirilen rüzgar türbinleri ile rüzgarın sahip olduğu kinetik enerji elektrik enerjisine çevrilip, binanın enerji ihtiyacının karşılanmasında kullanılmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Binalarda Kullanılan Yenilenebilir Enerji Kaynakları [8]

4. Akıllı Bina Cepheleri

Geçmiş yıllarda yaşanan enerji krizleri, nüfus artışı, kentleşmenin yoğunlaşması, çevre kirliliği gibi nedenler fosil/tükenebilir enerji kaynaklarının yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının gerekliliğini göz önüne sermiştir. Dünya genelinde kullanılan enerjinin büyük bir kısmı binaların yapım, işletim ve yıkım süreçlerinde kullanılmaktadır. Bu gibi sebepler mimarları, yenilenebilir enerji kaynakları ile direkt temas halinde ve binadaki en büyük alana sahip olan cephe için, az enerji tüketen ve yenilenebilir enerji kaynaklarından maksimum fayda sağlayabilen akıllı yapı cephelerini tasarlamaya itmiştir. 1972 enerji krizi sonrası mimarlar binaları buldukları bölgenin iklimsel koşullarını göz önünde bulundurarak tasarlamışlardır ve böylece bina cepheleri de bölgesel koşullara göre şekillenen, tepki gösteren yapı elemanları olmaya başlamıştır [9]. 1980’li yıllarda giydirme cephe tasarımında akıllı cephe sistemleri geliştirilmiştir.

Günümüzde çok farklı özelliklerde akıllı cephe tasarımları karşımıza çıkmaktadır. Bu cephelerin bazı özellikleri, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanarak enerji üretmeleri, ısı kazanç ve kayıplarını dengelemeleri, havayı temizlemeleri gibi özelliklere sahip olmalarıdır. “Değişen fiziksel etkilere karşı, optimal bir yapıya dönüşebilme yetisi” olarak da tanımlayabileceğimiz “akıllı cephe” kavramı fonksiyonel, estetik, ekonomik olma gibi mimari değerlendirme kriterlerinin yanında, günümüz mimarlığında sıkça duyduğumuz sürdürülebilirlik ve ekoloji kriterlerine yönelik olarak da yapı tasarımını ağırlıklı olarak etkisi altına alan bir kavram haline gelmiştir [10].

Akıllı cepheler, tek tabakalı ve çift tabakalı cepheler olmak üzere ikiye ayrılır. Tek tabakalı cepheler, basit cepheler ve giydirme cepheler olmak üzere ikiye ayrılır. Çift tabakalı cepheler ise, hava boşluğunun havalandırılış yöntemine göre çift kabuk cephe sistemleri ve hava boşluğunun bölgelendirilişine göre çift kabuk cephe sistemleri olmak üzere iki grupta incelenmektedir.

4.1. Tek Tabakalı Cephe Sistemleri

Tek tabakalı cepheler doğal aydınlatma ve doğal havalandırmayı en iyi derecede kullanarak yapı cephesinden kaynaklanan ısı kayıplarını önlemek için tercih edilmektedir. Bu cephelerde kompozit, seramik, terracotta, cam, gazbeton gibi malzemeler kullanılmaktadır. Tek tabakalı cepheler, basit cepheler ve giydirme cephe sistemleri olmak üzere iki ana başlık altında incelenmektedir.

4.1.1. Basit Cepheler

Basit cepheler yapımında tuğla, gazbeton, taş gibi malzemeler kullanılmış ve orijinal formunda bırakılmış cephelerdir. Basit cephelerde havalandırma ve aydınlatma yapı açıklıklarından ve pencerelerden sağlanmaktadır. Pencerelerin iç veya dış kısımlarına yerleştirilen güneş kırıcı paneller ile güneş ışınlarının içeri girmesi engellenerek güneş korunumu sağlanmakta ve bu sayede kullanıcı konforu sağlanmaktadır. Muğla’da bulunan Datça Evi’nin (Şekil 3) cephesinde malzeme olarak cam ve taş malzemeleri kullanılmıştır. Ev akıllı otomasyon sistemleri ile donatılmış, istenildiğinde bilgisayar yardımıyla panjurlar, aydınlatmalar vs. kapatılıp açılabilir. Bu sistemlerle enerji tasarrufu ve kişisel konforun sağlanması sayesinde çevresel, sosyal, ekonomik açıdan da sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasına yardımcı olmaktadır.



Şekil 3. Datça Evi [11]

4.1.2. Giydirme Cepheler

Giydirme cepheler binanın taşıyıcı elemanlarına monte edilen ankraj elemanları, ankraj elemanlarına tespit edilen alt konstrüksiyonlar ve cephe kaplama malzemelerinden meydana gelmektedir. Bu tür cepheler, taşıyıcı duvar görevini görmemektedir. Cephe yükünü yardımcı elemanlarla kolonlara aktarmaktadır. Yalıtım bakımından binadan bağımsız düşünülmemektedir. Giydirmeye cepheler, binalarda %70 oranında enerji tasarrufu sağlayabilmektedir. Giydirmeye cephe sistemlerinde, cephe ile bina arasında bir boşluk bırakılmaktadır ve bu boşluk hava sirkülasyonunu, kat aralarında yalıtım malzemeleriyle (taş yünü gibi) doldurularak ekstra yalıtım sağlamaktadır. Ayrıca, giydirmeye cephelerde kullanılan saydam malzemelerle doğal aydınlatma sağlanmaktadır. Cepheye içten veya dıştan monte edilen güneş kırıcı elemanlarla güneş korunumu da sağlanmaktadır. Giydirmeye cephelerde, cephe malzemesi olarak birçok malzeme kullanılmaktadır. Bunlar, kompozit, terracotta, farklı özelliklerde camlar, kompakt laminat, granit ve seramik gibi malzemelerdir (Şekil 4).



Şekil 4. Manhattan West Development Bina Cehesi [12]

Yapısal özelliklerine göre, ızgara konstrüksiyon (çubuk sistem) ve panel konstrüksiyon olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Taşıyıcı iskelet ile panel elemanları arasındaki bağlantı türüne göre ise klasik kapaklı sistem ve strüktürel silikon giydirme cephe sistemi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Izgara (Çubuk Sistem) konstrüksiyon cephelerde, ankraj elemanları binanın giriş veya kolonlarına belirli aks aralıkları ile sabitlendikten sonra ilk olarak düşey daha sonra yatay profiller ankraj elemanlarına monte edilir. Kabuk malzemesi de profil montajından sonra içten veya dıştan olacak şekilde takılır. Kabuk malzemesi olarak kompozit, cam, seramik gibi malzemeler kullanılmaktadır. Bu cephe sistemi, tadilatının ve bakımının kolay olmasından dolayı Türkiye’de çoğunlukla tercih edilmektedir (Şekil 5).



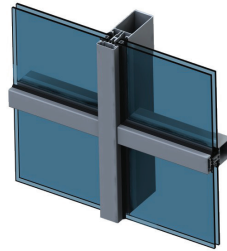
Şekil 5. Çubuk Sistem Örneği - The Sunset Community Center Binası [13]

Panel Konstrüksiyon cepheler fabrikalarda üretilip şantiyelere gönderilmektedir. Panel sistemler, kapalı sistem olduklarından ötürü cephe geçirimsizliğinde maksimum performansa sahiptir. Izgara konstrüksiyon cephelere göre çok daha pahalıdır. Ülkemizde İstanbul 4. Levent’te inşa edilmiş 52 katlı İş Bankası Genel Müdürlük Binası’nda kullanılmıştır [14] (Şekil 6).



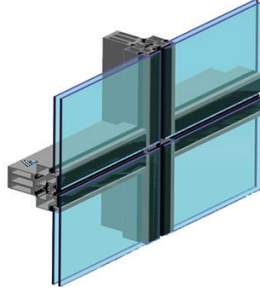
Şekil 6. Panel Sistem Örneği - İş Bankası Genel Müdürlük Binası [15]

Klasik kapaklı giydirme cephe sistemlerinin özelliği cephede profillerin görünmesidir. Bu sistemde bina taşıyıcı sistemine sabitlenmiş profiller üzerine kabuk elemanı monte edilmektedir. Yalıtım malzemeleri de sabitlendikten sonra sızdırmazlık kontrolü yapılmakta ve üzerine kapak profili tespit edilmektedir. Bu sistem, diğer sistemlere göre daha az maliyetlidir. Üretimi kolaydır. Bu sebeple ülkemizde daha çok tercih edilmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Klasik Kapaklı Giydirme Cephe Sistem Detayı [16]

Strüktürel silikon giydirme cephe sistemlerinde cam, bina taşıyıcı sistemine sabitlenmiş yatay ve düşey profillere strüktürel silikonla yapıştırılmaktadır. Bu sistemde cepheye dışarıdan bakıldığında sadece cam malzemesi ve cam derzleri görülmektedir. Bu cephe tipi, kesintisiz cam görünümüyle cepheye estetik, şık bir görünüm katmaktadır (Şekil 8).



Şekil 8. Silikon Giydirme Cephe Sistem Detayı [17]

Transparan cephe sistemlerinde çerçeve bulunmadığından dolayı, transparan cepheler kesintisiz cam görüntüsü vermektedir. Cam kenarlarına tespit elemanlarının monte edilebilmesi için delikler açılmaktadır. Camlar birbirlerine ve taşıyıcı sisteme paslanmaz rutil veya spider cam tutucu elemanları ile monte edilmektedir. Spider tutucular ise çelik dikmelere tespit edilmektedir. Cam derzleri, genellikle ultraviyole ışınlarına dayanıklı strüktürel cephe silikonları veya epdm esaslı fitiller ile doldurulmaktadır. Transparan cephe sistemiyle gün ışığından maksimum yararlanılmaktadır (Şekil 9).



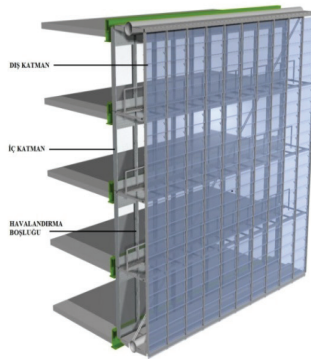
Şekil 9. Cam Taşıyıcılı Transparan Cephe Örneği [18]

Tek tabakalı cephe sistemlerinde cam malzemesi sıklıkla kullanıldığından dolayı binalarda enerji kayıpları olmaktadır. Tek tabakalı cephelerin iç veya dış kısımlarına gölgeleme elemanları eklenerek güneş ışınının

istenilen derecede yapı içine alınması ve bu sayede kullanıcı konforu sağlanmaktadır. Ayrıca, istenildiğinde gölgeleme elemanlarına yardımcı olarak doğal havalandırmayı sağlayan menfezlerde yerleştirilmektedir. Menfezler, iç ortamla dış ortam arasındaki doğal havalandırmayı ve binanın enerji tasarrufuna katkı sağlamaktadır. Tek tabakalı cephelere eklenen yardımcı elemanların yanı sıra, cama kaplama yapılarak da güneş kontrolü sağlanabilmektedir. Bu kaplamalar, kızılötesi yansıtımlı veya görülebilir boyuttaki dalga boylarını emen/yansıtan kaplamalardır. Kaplamalar soğuk havalarda ısı kazanımı ve güneş ışığı kazanımlarını azaltır. Bundan dolayı, soğuk aylarda bu kaplamalara karşı havalandırma sistemleri veya güneş kontrol elemanları kullanılmakta olup, kişisel konfor ve enerji korunumu bu şekilde sağlanmaktadır [19].

4.2. Çift Kabuklu Cephe Sistemleri

Giydirme cam cephe sistemlerinin uygulandığı binalarda, mekanları ısıtmak için fazla miktarda enerji harcanmaktadır. Bu binalarda ısı kayıplarını önlemek ve harcanan enerjinin boşa gitmemesini sağlamak için çift kabuklu cephe sistemleri ortaya çıkmıştır [20]. Çift kabuklu cephe sistemlerin tüm çeşitleri, bir adet iç katman, bir adet dış katman ve bu katmanlar arasındaki hava boşluğundan diğer adıyla tampon bölgeden oluşmaktadır [21] (Şekil 10).



Şekil 10. Çift Tabakalı Cephe Sisteminin Katmanları [22]

Bu tür cepheler sıcak iklimlerde ısı kazancını soğuk iklimlerde ise ısı kaybını engellemektedir. Çift kabuklu cephelerde dış katman ara boşluğa hava ve ışık girişine imkan vererek doğal havalandırmayı ve aydınlatmayı sağlamaktadır, istenildiğinde iç katmandaki pencereler açılarak doğal havalandırma, soğutma sağlanmaktadır, gürültü kirliliğini minimum seviyeye indirmeye yardımcı olmaktadır. Ayrıca rüzgar etkisinin fazla olduğu bölgelerde, çok yüksek yapılarda dahi iç kabuktaki pencere açılarak doğal havalandırma yapılmasına olanak sağlamaktadır. Pasif sistemlerle elde edilen enerji sayesinde mekanik sistemlere duyulan ihtiyacı azaltarak bina giderlerini düşürmekte ve sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlamaktadır [3]. Çift kabuklu cepheler binaya hafiflik ve zariflik sağlamanın yanı sıra %30-%50 oranında enerji tasarrufu sağlamaktadır [23]. Çift kabuk cephe sistemleri, hava boşluğunun havalandırılışı ve bölgelendirilişine göre olmak üzere iki grupta incelenmektedir.

4.2.1. Hava Boşluğunun Havalandırılış Yöntemine Göre Çift Kabuk Cepheler

Hava boşluğunun havalandırılış yöntemine göre çift kabuk cepheler; doğal havalandırmalı, mekanik havalandırmalı ve hibrid havalandırmalı çift kabuk cephe sistemleri olmak üzere üç grupta incelenmektedir.

Doğal havalandırma; dış ortamdaki havanın bina cephesindeki boşluklardan içeri girmesi ve iç mekandaki havanın basınç farklılıklarıyla aynı boşluklardan dışarı çıkmasıyla oluşan sistem olarak tanımlanmaktadır. Doğal havalandırmada, mekanik havalandırmada ortaya çıkan gürültü kirliliği, sağlık problemleri gibi sorunlarla karşılaşmamaktadır. Ayrıca, mekanik sistemler, periyodik bakım-onarım gerektirmekte ve önemli miktarda enerji tüketimine yol açmaktadır. Doğal havalandırma sistemleri, mekanik havalandırma sistemlerinin ilk inşaa ve enerji maliyetlerinden tasarruf etmeyi sağlamaktadır. Ayrıca, doğal havalandırma ile iç ortam konforunu yükseltmektedir.

Mekanik havalandırmalı cepheleer genellikle “aktif cephe” olarak tabir edilmektedir. Kış aylarında dış katmanın alt kısmındaki kanallardan soğuk havanın girmesi ile havalandırma boşluğu içerisinde bulunan sıcak hava üst kısma doğru ilerler ve çatı katında bulunan ısı değıştirici yardımıyla ısıtılıp havalandırma boşluğuna geri verilmektedir. Yaz aylarında ise ısınan hava dış katmanda bulunan havalandırma kapakçıkları ile dışarı atılmaktadır. Havalandırma boşluğu kışın enerji kaybını, yaz mevsiminde ise aşırı ısınmayı engellemektedir. Fazla ısınmayı engellemek için, güneş kontrol elemanları (düşey lameller, stor perdeler vb.) kullanılmaktadır. Mekanik havalandırma sistemleri klima sistemleriyle kontrol edilen ve hasta bina sendromu denilen rahatsızlıklara (baş ağrısı, alerji vs.) neden olan sistemlere nazaran çalışan konforunu üst düzeyde tutmaktadır. Mekanik havalandırma sistemleri, gürültü kontrolünü de sağlamaktadır. Özellikle trafiğin yoğun olduğu caddelerde bulunan binalar için bu sistemin kullanılması avantajdır. Çünkü hem çift cepheden dolayı ses yalıtımı sağlanmaktadır, hem de pencere açılmasına gerek kalmadığı için gürültünün içeri girmesi engellenmektedir [24].

Hibrid havalandırma sistemleri, doğal ve mekanik havalandırmanın bir arada yapıldığı sistemlerdir. Doğal havalandırma sisteminin yetersiz kaldığı zamanlarda bina otomatik olarak mekanik havalandırma sistemleriyle havalandırılmaya başlanmaktadır. Dış ortam sıcaklığının yüksek olduğu zamanlarda doğal havalandırma yeterli olmamaktadır ve mekanik sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu gibi durumlarda sıcaklığın düştüğü gece saatleri doğal havalandırma yapıлып iç ortam konforu yükseltilmektedir.

4.2.2. Hava Boşluğunun Bölgeleendirilişine Göre Çift Kabuk Cephe Sistemleri

Hava boşluğunun bölgeleendirilişine göre çift kabuk cephe sistemleri; kutu pencere, şaft, kat yüksekliğinde koridor tipi ve bina yüksekliğinde çift kabuk cephe olmak üzere dört grupta incelenmektedir.

Bina yüksekliğinde çift kabuk cephelerde dış ve iç kabuk arasındaki boşluk yatayda ve düşeyde kesintisiz devam etmektedir. Bu tür cephelerde, dış kabuğun alt ve üst kısmında menfez bulunmaktadır. Soğuk hava dış katmanın alt kısmında yer alan menfezden içeri alınmakta ve içerideki sıcak havayı iterek yükselmektedir. Yükselen sıcak hava üst menfezden dışarı atılmaktadır. Bu sistemde sıcak hava sürekli üst katlara doğru yükseldiğinden üst katlar fazla ısınabilmekte ve iç mekan konforunu kötü yönde etkileyebilmektedir. Sistemin bir diğer dezavantajı ise yangın sırasında dumanın ve yangının her kata kolayca ulaşabilme ihtimalidir. Ayrıca katlardaki koku ve gürültünün diğer katlara geçme ihtimali bulunmaktadır. Kış aylarında kabuğun alt ve üst kısmındaki menfezler kapatılarak sera etkisi sağlanabilmekte olup güneş enerjisinden kazanç sağlanabilmektedir. Emre Arolat tarafından tasarlanan Maslak no:1 yapısı, bina yüksekliğinde çift kabuk cephe sisteminin kullanıldığı bir ofis binasıdır (Şekil 11).



Şekil 11. Bina Yüksekliğinde Çift Kabuk Cephe Örneği Maslak no:1 ofis binası [25]

Kat yüksekliğinde koridor tipi çift kabuk cephelerde, katlar kesintisiz yatay bölücülerle birbirinden ayrılmaktadır. Hava giriş-çıkışı kat bazında olmaktadır. Kat cephesinde alt ve üst kısmında hava giriş-çıkış menfezleri bulunmaktadır. Hava alt menfezden alınıp kat içerisine verilmektedir. Kirlenen hava iç katmandan havalandırma boşluğuna verilip üst menfezden çıkışı sağlanmaktadır. Dış ile iç kabuk arasındaki boşluk 20-150 cm arasındadır. Boşluk 100-150 cm arasındaysa bu bölüm koridor olarak kullanılabilir ve bu sayede odalar arası geçiş sağlanmaktadır. Güneş kırıcılar da bu boşluklara yerleştirilebilir ve bakımlarının daha kolay yapılması sağlanmaktadır. Koridor tipi çift kabuklu cephelerde aynı kattaki mekanlar arasında ses yayılabilmektedir. Bunu önlemek için mekanlar arası dikey ayırıcılar kullanılmaktadır.

Kutu pencere tipi çift kabuk cephelerde katlar arasında yatay ve kat bazında dikey ayırıcılarla alanlar sınırlandırılmaktadır. Havalandırma sistemine yardımcı olarak katlar arasında “balık ağzı” denilen hava giriş ve çıkışını sağlayan pencereler bırakılmaktadır. Bu pencerelerin her ikisi de düşeyse dışarıya verilen pis hava geri emilebilmektedir. Bu sistem yangını önlemeye yardımcı olmaktadır. Her katta giriş çıkış menfezi bulunmaktadır. Bu da etkili doğal havalandırma sağlamaktadır. Dış cam ile iç cam arasındaki boşluk 20-40 cm’dir. Düşey sınırlandırıcı elemanlarla, kat içinde gürültü, ses, koku izolasyonu sağlanmaktadır. Bu sistem genellikle, çok gürültülü yerlerde, ses yalıtımı gereken mekanlarda kullanılmaktadır. Bina iç cephesinde bulunan pencereler istenildiğinde açılıp doğal havalandırma sağlanmaktadır. Bu da iç mekan konforunu sağlamaktadır. Bina iç cephe camı çift cam, dış cephe camı ise lamine tek cam olarak tasarlanmaktadır.

Şaft tipi çift kabuklu cephelerde, düşeyde bina boyunca kesintisiz bir hava boşluğu bulunmaktadır. Hava bu boşlukta baca etkisiyle yükselip katlara dağılmaktadır. Her katta hava giriş açıklığı bulunmaktadır. Hava çıkışı ise yalnızca shaftın en üst noktasındaki açıklıktan olmaktadır. Bu sistemde üst katlara çıkıldıkça basınç farklılıkları oluşabilmekte ve ısınan hava ters basınç yapıp alt katlara geri

dönabilmektedir. Bu sebeple bu sistem yüksek katlı binalara uygun değildir. Diğer sistemlere göre daha az tercih edilmektedir. Güneş kırıcıları hava boşluğuna yerleştirilebilmektedir. Bu sistemde gürültünün yatayda yayılmasını önlemek güçtür. Yangın esnasında dumanların şafttan bütün binaya yayılma tehlikesi bulunmaktadır.

4.3. Akıllı Cepheleeri Oluşturan Yapı Bileşenleri

Akıllı cepheleer, kabuk bileşenleri, güneş kontrol elemanları, yağmursuyu depolama elemanlarından oluşmaktadır.

4.3.1. Kabuk Bileşenleri

Kabuk Bileşenleri, binanın taşıyıcı sistemine yardımcı olan ikinci strüktürlere tespit edilen kabuktan veya enerji korunumu sağlayan taşıyıcı olmayan duvarlardan ve pencere gibi açıklıklardan oluşmaktadır. Kabuk, binayı iklim koşullarından, gürültüden, kötü kokulardan, istenmeyen solar ışınlar gibi etkenlerden korumaktadır. Kabuklar, tespit ve taşıyıcı bileşenleri, saydam ve opak bileşenler ve cepheleer monte edilen PV Paneller ile rüzgar türbinlerinden oluşmaktadır.

Taşıyıcı bileşenler, bina kabuğunun binanın ana taşıyıcı sistemine taşıtılmasını sağlayan yatay ve düşey ızgara sisteminden oluşmaktadır. Kabuk ana taşıyıcı sisteme üç şekilde taşıtılmaktadır. Bunlar; ızgara sistem, panel sistem ve yarı panel sistem olarak adlandırılmaktadır.

Izgara sistemin ana taşıyıcı sisteme tespitinde kullanılan bileşenler, ankraj profilleri (U Ankraj, L ankraj, F ankraj, sabit delikli ankraj, oynar delikli ankraj vb.), baskı profilleri, perçinler, vidalar, dübeller, kenetler, cıvatalardan oluşmaktadır.

4.3.1.1. Saydam ve Opak Bileşenler

Akıllı cepheleerde sıklıkla kullanılan cam, yapının doğal aydınlatılmasını, doğal havalandırılmasını, güneş ve iklim kontrolünü, enerjinin

etkin kullanımını sağlamaktadır. Hafif ve estetik bir malzeme olduğundan dolayı çoğunlukla tercih edilmektedir. Bina cephesinde cam; tek, çift veya üç cam ünite şeklinde kullanılmaktadır. Çift kabuk cephelerde genellikle iç kabukta iki veya üç tabakalı yalıtımlı-temperli cam kullanılmaktadır. Dış kabukta ise, tek tabakalı temperlenmiş veya lamine cam kullanılmaktadır. Bu seçimler yapılırken güvenlik, maliyet, konfor, rüzgar yükü korunumu, ses yalıtımı, ısı yalıtımı gibi etkenler göz önünde bulundurulmaktadır [26]. Akıllı bina cephelerinde kullanılan cam çeşitleri; şeffaf cam (float cam), low-e kaplamalı cam, lamine cam (katmanlı cam), temperlenmiş cam, kurşun geçirmez cam, fotovoltaik cam, renklendirilmiş cam, yalıtım cam, güneş kontrol camı, yansıtıcı cam ve akıllı camlardır.

Akıllı bina cephelerinde kullanılan opak bileşenler ise, genellikle bina strüktürünü gizlemek için kullanılan panellerdir. Bu paneller genellikle, taşıyıcı sisteme monte edilen galvaniz levha ile dış cam arasına taşıyıcı gibi ısı yalıtımı elemanının yerleştirilmesiyle oluşmaktadır.

Low-e kaplamalı camlar ile ortama giren güneş enerjisinin dışarı çıkması yaklaşık %70 oranında engellenmekte ve enerji mekana geri yansıtılmaktadır. Tek cama göre 3.5-4 kat daha iyi ısı yalıtımı sağlamaktadır. Bu sebeple akıllı bina cephelerinde sıklıkla kullanılmaktadır.

Lamine camlar, kırıldıklarında parçalanmadıklarından dolayı güvenlik camı olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca, ultraviyole ışınlarını %97 oranında tutmakta ve bu sayede bina içerisindeki tekstil malzemelerinin renginin solmasını önlemektedir.

Yalıtım cam, iki veya daha fazla camın arasına kuru hava veya çeşitli gazları barındıracak şekilde fabrika koşullarında sıkıştırılması ve birleştirilmesi sonucu elde edilmektedir. Cam tabakalar arası boşluk oluşturmak için çita kullanılmaktadır. Camın sızdırmazlığının sağlanması için de yalıtım malzemeleri kullanılmaktadır. Isıcam sayesinde bina cephesinde ısı ve güneş kontrolü sağlanmaktadır. Isı kaybını %50 oranda azaltmaktadır.

Güneş kontrol camları, güneş ışığının ve ısısının mekan içerisine girişini denetlemektedir. Bu tür camlar, yaz aylarında güneşten gelen ısıyı kontrol etmek, kış aylarında ise iç mekandaki ısıyı kontrol etmek amacıyla kullanılmaktadır. Güneş kontrol camları, camın dış tabakasının iç kısmına kaplanan metal veya ametal oksitlerle yansıtıcılık özelliği kazanmaktadır. Çift kabuklu cephelerde genellikle iç kabuklarda kullanılmaktadır. Bunun sebebi ise güneş ışınımını yansıtma özelliğidir. Cephede ayna etkisi yaratmaktadır. Camlara kaplanan filmler sayesinde, yaz aylarında %80-85 oranında güneş ısı bina dışında tutulur ve bu sayede bina soğutma masraflarının azalmasında yardımcı olmaktadır. Kış aylarında ise, içerideki ısıyı tutarak ısıtma masraflarının azalmasını sağlamaktadır (Şekil 12).



Şekil 12. Güneş kontrol camı [27]

Gürültü kontrol camları, çok sesli yerlerde inşa edilen binaların cephesinde kullanılmak üzere üretilen camlardır. Bu tür camlar, mekan içerisinde sessiz bir ortam sağlayarak kullanıcı konforunu arttırmaktadır. Ayrıca lamine cam ünitelerinde kullanıldıklarında, cepheyi darbelere karşı korumaktadır. Ultraviyole ışınlarını %97-99 oranında tutmakta ve mekan içerisine girişini engellemektedir. Low-e kaplama ünitelerinde ve ısıcamlarda kullanıldıklarında ısı kontrolü sağlamaktadır.

Akıllı camlar, bina kullanıcılarının isteklerine cevap verebilen camlardır. Güneş ısı ve ışık geçirgenlikleri istenildiği zaman değiştirilebilmektedir. İklim koşullarına bağlı olarak özellikleri değişmektedir. İç mekan ile dış mekan arasında bir filtre görevi görmektedir. Otomatik veya elle kontrol edilebilmektedir.

Amsterdam’da bulunan The edge binasının kuzey cephesi, atriuma bakan cephedir, gün ışığını direkt olarak içeri alması için saydam tasarlanmıştır. Ayrıca, bu cephe otobana bakmaktadır ve otobandan kaynaklanan gürültü kirliliğini engellemek için cephede kalın cam kullanılmıştır (Şekil 13).



Şekil 13. The Edge – Cephe [28]

4.3.1.2. PV Paneller

Fotovoltaik paneller, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılan aktif sistemlerden biridir. Fotovoltaik panel, çevreye zarar vermeden, gürültü yapmadan güneş radyasyonunu elektrik enerjisine çevirmektedir. Güneşten gelen radyasyon, fotovoltaik paneller yardımıyla enerjiye çevrilmekte ve sonrasında elde edilen enerji inverter çevirici aracılığı ile elektrik şebekesine bağlanmakta

veya akülerde depolanabilmektedir. Fotovoltaik paneller, yapıda cepheye veya çatıya yerleştirilmektedir. Bu sistemle, binalar kendi enerjilerini karşılayabilmekte ve ülke ekonomisine katkıda bulunabilmektedir.

Amsterdam'da bulunan The Edge binasının çatısı ve güney cephesinde toplam 6.000 m²lik fotovoltaik panel bulunmaktadır. Bu paneller sayesinde elde edilen enerji, binanın ihtiyacı olan enerjiyi sağlamaktadır. Fazla olan enerji ise yerin 130 metre altındaki 2 kuyuda aküfer sistemi yardımıyla depolanmaktadır. Bu sisteme yerleştirilen ısı pompası verimliliği de arttırmaktadır. Aküfer borularının bir tanesinde 6 derece diğ erinde ise 18 derece sıcaklıkta su bulunmaktadır.

4.3.1.3. Rüzgar Türbinli Cepheler

Rüzgar türbinleri, rüzgarın sahip olduğu kinetik enerjiyi, elektrik enerjisi veya hareket enerjisine çevirebilen bir aktif sistemdir. Rüzgarın hızı bu sistemlerde çok önemlidir ve üretilen enerji miktarı ile doğru orantılıdır. Binalarda rüzgar türbinleri, bina monte ve bina entegre olmak üzere iki şekilde kullanılmaktadır. Bina-Entegre rüzgar türbininin diğ er seçenekten farkı, mimari tasarım sırasında projeye entegre edilerek binanın formu tarafından desteklenmesi ve rüzgar enerjisi üretimini ve kullanımını hedeflenmesidir (Şekil 14). Bina entegre rüzgar türbinlerinin amacı, bina formunun desteğiyle rüzgarın yönünü, hızını veya yoğunluğunu değı ştirmesi veya arttırmasıyla elde edilecek olan enerjinin maksimuma ulaşmasını sağlamaktır [29]. Binalarda rüzgar türbin kullanımının birçok avantajı vardır. Bina rüzgar türbinleri sayesinde enerji ihtiyacının belli bir miktarını karşılamaktadır, Temiz enerji kullanılmaktadır, ekonomiye katkı sağlamaktadır. Dezavantajları ise, yalıtım yapılmadığı takdirde gürültü kirliliği, binaya ek yük getirmesi, türbin bakım masrafları, tedbir alınmazsa kuş ölümleri, tasarımın kötü yapılmasıyla oluşan gürültü kirliliği olarak sıralanmaktadır.



Şekil 14. Bahreyn DTM Rüzgar Türbinleri [30]

4.3.1.4. Yeşillendirilmiş Duvar Teknolojileri

Dikey bahçe olarak da adlandırılan yeşillendirilmiş duvar teknolojileri alışlagelen cephe sistemlerinin aksine sürdürülebilir özellikler sergilemektedir (Şekil 15). Yüksek yapı yoğunluğuna sahip büyük kentlerde, konutların sahip olduğu geniş cephe yüzeylerinin yeşillendirilmesi, kısıtlı yeşil alan sorununa bir çözüm önerisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu cephe sistemi, kentsel ısı adası etkisini azaltarak, iç ve dış hava kalitesini iyileştirerek, estetik yarar sağlayarak, ısı yalıtımı yaparak, bina kabuğunu dış etkenlerden koruyarak ve gürültü kirliliğini önleyerek kentlerin çevresel kalkınmasına destek vermektedir [31].



Şekil 15. Quai Branly Müzesi, Paris-Fransa (The Musée du Quai Branly) [32]

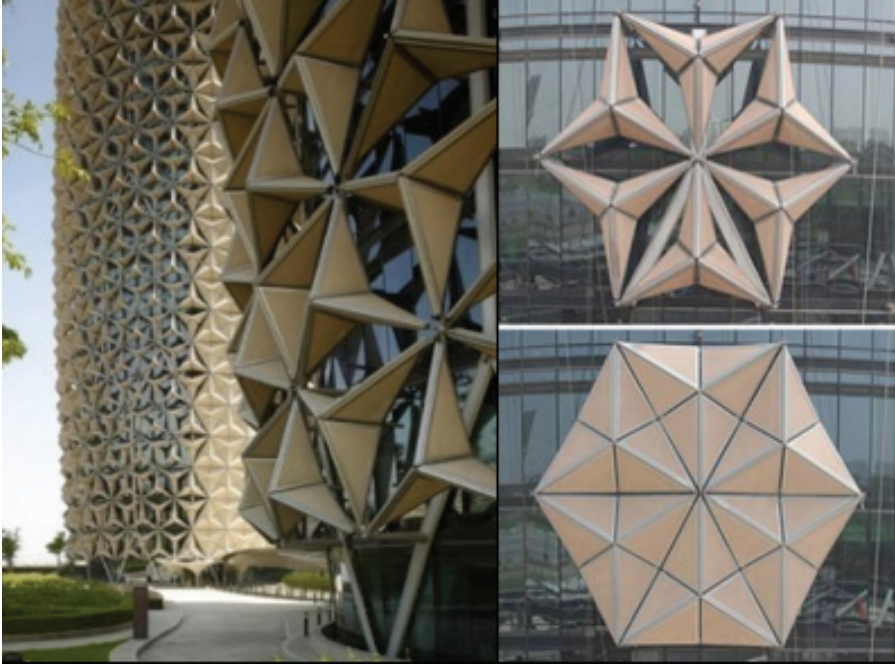
4.3.2. Güneş Kontrol Elemanları

Güneş kontrol elemanlarının kontrolü sabit, mekanik veya bilgisayar destekli kontrol üniteleri ile yapılmaktadır. Malzeme olarak genellikle cam, alüminyum, ahşap tercih edilmektedir (Şekil 16). Güneş kontrol elemanları, tek kabuklu cephelerde kabuğun iç yüzeyinde, dış yüzeyinde veya çift cam ünitesinin içinde konumlandırılmaktadır. Çift kabuk cephelerde ise, hava boşluğunun yani tampon bölgenin bulunduğu kısımda bulunmaktadır. Dış kabuğun iç yüzeyinde, iç ve dış kabuğun ortasında veya iç kabuğun dış yüzeyinde konumlandırılmaktadır. Güneş kontrol elemanlarının tipi, bina üzerindeki konumu, şekli hem kullanıcı konforunu görsel manada etkilemesinin yanı sıra binanın termal özelliklerini de etkilemektedir. İç kabuğa çok yakın konuma yerleştirilirse aşırı ısınmaya yol açmaktadır. Tampon bölge de çok ısınmaktadır. Kullanıcı konforu negatif yönde etkilemektedir. Güneş kontrol elemanları dış kabuk ile en az 15 cm mesafe olacak şekilde konumlandırılmalıdır.

Güneş kontrol elemanları, binanın soğutma giderinin azalmasına yardımcı olmaktadır. Gölgeleme sağlamaktadır. Bina dış yüzeyine yerleştirildiğinde bina ile bütünleşmekte ve bir cephe ögesi olarak tanımlanmaktadır.

Amsterdam'da bulunan The Edge binasının güney cephesinin büyük bir kısmı fotovoltaik paneller ile kaplıdır. Paneller, bir yandan

binanın enerji ihtiyacını karşılamada yardımcı olurken diğer yandan çalışanlar için güneşten koruma sağlamaktadır. Cepheye bulunan hava kapakçıkları, güneş açısına göre yerleştirilmiştir ve kapakçıklar cepheye ısı birikimini engellemektedir. Doğu ve batı cephesinde ise, gölgeleme sağlanması için daha az aralıklı ve doğal havalandırma yapılabilmesi için açılabilir kanatlı doğramalar kullanılmıştır.



Şekil 16. Al Bahr Towers Güneş kontrol elemanları [33]

4.3.3. Yağmur Suyu Depolama Elemanları

Binalarda yağmur suları özellikle çatılarda veya zeminlerinde toplanıp, oluk sistemleri ile yağmur suyu deposunda biriktirilip arındırıldıktan sonra bina içerisinde tekrar kullanılmaktadır. Çatıdan toplanan sular içme suyu olarak kullanılacak seviyede arıtılabilmektedir. Arıtılan su içme suyu kıvamında ise, yemek pişirmede, duşta, bulaşık yıkamada kullanılmaktadır. Kullanım suyu kıvamında ise, çamaşır yıkama,

ev temizliğinde, bahçe sulamada vs. kullanılmaktadır. Cepheden toplanılan su da çatıdan toplanılan su gibi içme suyu kıvamına getirilebilmektedir. Amsterdam’da bulunan The Edge binasının çatı ve cephe yüzeylerinde yer alan drenaj sistemleri yardımıyla toplanan yağmur suları depolanarak, atrium üzerindeki bahçelerin sulanmasında, tuvalet sifonlarında ve bina dışındaki peyzaj alanlarının sulanmasında kullanılmaktadır. Ekolojik koridor olarak adlandırılan alan, binayı otobandan ayırmaktadır.

Su arıtma sistemi sayesinde, binalarda kullanılan su ihtiyacında tasarruf sağlanmaktadır. Su kaynaklarının sürdürülebilir olarak kullanılmasını sağlamak ve su tasarrufu sağlamak için binalarda yağmur suyu toplama, arıtma ve kullanma sistemlerinin yaygınlaştırılması gerekmektedir [34].

5. Bulgular ve Tartışma

Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında akıllı bina cephelerinin birçok etkisi bulunmaktadır. Bu etkiler çevresel, sosyal ve ekonomik etkiler olmak üzere 3 başlıkta incelenebilmektedir.

Çevresel etkiler; cephelerde geri dönüşümlü, çevre kirliliğine mümkünse sebep olmayan malzemeler kullanılarak, doğal kaynak kullanımını azaltılmaktadır. Örneğin cephelerde kullanılan cam, sonsuz bir döngü içerisinde geri dönüştürülebilir bir malzemedir. Camın geri dönüşümüyle kum, soda ve kireç doğal kaynakları korunmasının yanı sıra enerji tüketiminde %25 azalma, hava kirliliğinde %20 azalma, maden atığında %80 azalma, su tüketiminde ise %50 azalma sağlanmaktadır. Akıllı yapı cephelerine yerleştirilen rüzgar türbinleri, fotovoltaiik paneller gibi sistemlerle elde edilen enerji sayesinde fosil kaynaklarının kullanımı azaltılmaktadır. Bu sayede fosil kaynakların kullanımı sonucu çevreye verilen zarar azaltılmaktadır ve hava kirliliği önlenmektedir. Çeşitli özelliklerdeki camlar kullanılarak doğal aydınlatma sağlanmaktadır. Doğal aydınlatmanın sağlanmasıyla, yapay

aydınlatma elemanları kullanımıyla çevreye verilen ısı miktarı azaltılmaktadır.

Drenaj sistemleri ile cephede ve çatıda biriken yağmur sularının depolanması ve ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılması sağlanarak, binalarda suyun kullanımı azaltılmaktadır.

Sosyal Etkiler; akıllı bina cepheleri, doğal havalandırma imkanı sağlayarak, mekanik sistemlerin kullanılmasını azaltmaktadır ve hasta bina sendromunun yaşanması engellenmektedir. Akıllı bina cephelerinde çeşitli özelliklerdeki cam kullanılarak doğal aydınlatmanın sağlanmasının yanı sıra cam yüzeyinin artmasıyla gün ışığından maksimum düzeyde fayda sağlanmaktadır. Doğal aydınlatma ve doğal havalandırmanın sağlanmasıyla çalışan konforu artmakta ve bu sayede verimlilik artmaktadır.

Akıllı yapı cephelerinde kullanılan gürültü kontrol camları ile dış mekanla iç mekan arasında gürültü kontrolü sağlanmaktadır. Güneş kontrol (gölgeleme) elemanları ve kaplamalı camlar ile güneş ışınlarından korunum sağlanmaktadır, bu sayede cepheye yakın bir noktada çalışan bireyler ile uzak noktada çalışan birey arasında konfor seviyesi eşitlenmektedir. Cephede güvenlik camlarının kullanılmasıyla bina içerisinde çalışan bireylerin kendilerini emniyette hissetmesi sağlanmaktadır. Cephede lamine cam kullanılması sonucu, UV ışınlarından kaynaklanan tekstil ürünlerindeki renk solması %97 oranında engellenmektedir. Ayrıca cephede cam malzemenin kullanılmasıyla iç mekandan dış mekanın tamamı gözlenebilmekte ve iç mekanla dış mekan arasındaki görsel iletişim kesilmemektedir. Yangına dayanımlı camlarla, bina kullanıcılarının yangından minimum seviyede etkilenmesi sağlanmaktadır. Sonuç olarak, kullanıcı konforu sağlanmakta ve verimlilik artırılmaktadır. Akıllı yapı cepheleri ile rüzgara karşı dayanım sağlanarak rüzgarın etkisinin azaltılması ile yüksek katlı binalarda en üst katlarda bile pencere açılabilen ve doğal havalandırma sağlanarak iç hava kalitesi artırılmaktadır. Çift tabakalı cephelerde, iki tabaka arasındaki alanda bulunan hava yeterince soğutulmadığı

takdirde aşırı derecede ısınabilmekte ve kullanıcı konforunu olumsuz yönde etkileyebilmektedir.

Ekonomik Etkiler; akıllı bina cephelerine yerleştirilen rüzgar türbinleri, fotovoltaiik paneller gibi yardımcı sistemler ile rüzgar, güneş gibi doğal enerji kaynaklarından elde edilen enerji ile binanın ihtiyaç duyduğu enerji karşılanmaktadır. Bu sayede ülkenin enerji ithalatının azalmasını sağlayarak ekonomiye katkıda bulunmaktadır. Akıllı binaların çatı ve cephelerine nüfuz eden yağmur sularının, drenaj sistemleri ile toplandıktan sonra depolanması ve ihtiyaç duyulduğu zaman bina içerisinde tuvalet sifonlarında, bina içindeki ve dışındaki peyzaj alanlarında kullanılmasıyla bina kullanım maliyetini azaltılmaktadır.

Akıllı bina cepheleri, dış ortam koşullarına uyum sağlamaktadır. Bunu gerçekleştirirken kullanıcı konforunu sağlamakta ve binanın enerji ihtiyacını da minimum düzeyde tutmaktadır. Akıllı bina cephelerinde kullanılan güneş kontrol camları ve kaplamalı camlar ile kış aylarında mekandaki ısının korunumu sağlanırken yaz aylarında ise güneş ışınımı kontrolü sağlanmaktadır. Cephelere monte edilen güneş kontrol elemanları ile de gölgeleme sağlanmakta ve cam yüzeyinin dolayısıyla mekânın fazla ısınması engellenmektedir. Bu sayede, hem kullanıcı konforu sağlanmakta hem de bina soğutma giderleri azaltılmaktadır. Güneş Cephede kullanılan lamine camlarla, tekstil malzemelerindeki renk solma sorunu engellenmektedir. Bu sayede bina içerisinde kullanılan perde, koltuk, sandalye gibi şeylerin uzun süre kullanımı sağlanmaktadır. Yangına dayanımlı camlar ile kullanıcı konforunun sağlanması yanı sıra yangının binaya yayılması önlenmekte ve birçok eşyanın, malzemenin zarar görmesi önlenmektedir. Akıllı yapılarda cephe malzemesi olarak geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanılması sonucu ekonomik tasarruf sağlanmaktadır. Çift tabakalı cephelerde, iç cephe ek bir maliyet gibi görünse de, iç ortam koşullarının iyileştirilmesi, enerji kullanımını azaltması, doğal havalandırma yapılabilmesiyle hem kişisel konforu sağlamakta hem de bina işletim maliyetini azaltmaktadır. Akıllı binalarda kullanılan cephe sistemlerinden biri olan çift tabakalı cephelerin

tabakaları arasında kalan havanın ısınması sonucu, bina soğutma giderleri artabilmektedir.

Bina cephe tasarımında akıllı cephelerin tercih edilmesi binalara ek bir maliyet getirmektedir. Fakat akıllı yapı cepheleri sayesinde doğal havalandırma, aydınlatmanın sağlanması sonucu mekanik sistemlere daha az ihtiyaç duyulması ve daha az enerji tüketilmesi, klima sistemlerinin yerine HVAC sistemlerinin kullanılması, bu sayede verimliliğin artmasıyla bu maliyet amorti edilebilmektedir.

6. Sonuç

Dünya genelinde kullanılan enerjinin büyük bir kısmı yapıların yapım, işletim ve yıkım sürecinde kullanılmaktadır. Bu sebeple, binaların enerji etkin akıllı bina olarak tasarlanması sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için büyük önem arz etmektedir. Akıllı bina sistemleri birçok fonksiyon ve boyuttaki binalarda uygulanabilen bir sistemdir fakat bina işletimindeki enerji, su gibi tüketimlerin fazla olduğu çok katlı binalarda daha çok tercih edilmektedir. Çünkü alt sistemler ile donatılmış akıllı binalar, bu sistemler yardımıyla gereksinim duydukları enerjiyi cephelerine yerleştirilen rüzgar türbini, fotovoltaiik paneller yardımıyla üretmektedir. Yağmur sularını cephelerine ve çatılarına yerleştirilen yağmur suyu depolama elemanları yardımıyla toplayıp ihtiyaç duyduğunda peyzaj sulamasında, tuvaletlerde vs. kullanmak üzere depolamaktadır. Cephele içerden veya dışarıdan monte edilen güneş kırıcılarla güneş ışınımı ve fazla ısınma engellenerek, soğutmada harcanan enerji miktarı azaltılmaktadır. Akıllı cepheler, tek tabakalı ve çift tabakalı olarak tasarlanmasına karşın tek tabakalı cephelerde istenilen performans sağlanamadığından dolayı daha çok çift tabakalı olarak tasarlanmaktadır. Gürültü kontrol camları kullanılan çift tabakalı cephelerde dış ortamdaki gürültülerin iç ortama girmesi engellenmektedir. Çift tabakalı cepheye sahip yüksek binalarda, en üst katlarda dahi pencere açılarak doğal havalandırma sağlanmaktadır.

Akıllı binalar bu özellikleriyle çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında yararlı olmaktadır.

Bina fonksiyonuna uygun alt sistemlerle donatılmış ve otomasyon sistemleri ile tek noktadan kontrol edilen akıllı binaların yapım maliyeti, akıllı olmayan binalara göre yüksektir. Yapım sonrası bina işletim maliyeti ise akıllı olmayan binalara göre daha düşüktür. Bina içerisindeki mekanların ısıtılması, soğutulması ve havalandırılması HVAC sistemleri ile dengeli ve enerjiyi en verimli şekilde kullanacak bir şekilde yapılıp, gereksiz ısıtma, soğutma, nemlendirme işlevleri önlenmektedir. Sistem sayesinde kullanıcı konforu en üst düzeyde tutulmakta olup enerji de en verimli şekilde kullanılmaktadır. Akıllı binalar, HVAC gibi alt sistemleri sayesinde çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan da sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasına yardımcı olmaktadır.

Akıllı binalar bulunduğu çevrenin şartlarına karşı koymaktansa çevre koşullarına uyum gösteren binalardır. Çok rüzgar alan bölgelerde bina formları, rüzgardan minimum etkilenecek şekilde kıvrımlı bir şekilde tasarlanmaktadır. Bina cephesinde çeşitli yerlerde açıklıklar bırakılarak rüzgarın o kısımlara yönelerek cephenin diğer tarafından yoluna devam edecek şekilde tasarımlar yapılmaktadır. Bazı binalarda da bu açıklıklara rüzgar türbinleri yerleştirilerek rüzgarın kinetik enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmektedir.

Sonuç olarak, akıllı bina cephelerine yerleştirilen fotovoltaik panel ve rüzgar türbinleri ile binanın ihtiyacı olan enerjiyi elde etmesi, alt sistemleri yardımıyla çalışan konforunu optimum değerde tutabilmesi, çevreyle olan uyumu, yerli malzeme kullanılması sonucu ekonomiye katkısı, çift kabuklu cepheler sayesinde yüksek binalarda bile doğal havalandırma imkanı sağlaması, güneş kırıcı sistemler ve kaplamalı camlar yardımıyla iç mekandaki insanları rahatsız etmeden doğal aydınlatma sağlaması, güvenlik camları kullanılarak mekan içerisindeki insanların korunması, gürültünün fazla olduğu yerlerde gürültü kontrol camları kullanılarak gürültünün iç mekana girişinin engellenmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde ettiği enerjiyle doğal kaynaklardan elde edilen enerji gereksinimini minimuma indirmesi

gibi özellikleriyle akıllı bina cephelerinin çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında pek çok katkısı vardır.

Kaynaklar

- [1] Mawhinney, M. Sustainable Development: Understanding the Green Debates, Oxford: Blackwell Publishing, s.3, (2002).
- [2] Harris, J. M. Basic Principles of Sustainable Development. Global Development and Environment Institute Working Paper:00-04, Tufts University, USA, (2000)
- [3] Çakır, G. Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Yüksek Yapıların İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. MSGSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2011).
- [4] Palabıyık, S. Geleneksel ve Yeni Kalkınma Kuramlarının Analizi: Türkiye Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, (2009).
- [5] <http://unesco.org.tr/dokumanlar/duyurular/skh.pdf> (Erişim Tarihi : 01.03.2017)
- [6] Harrison, A., Loe, E. and Read, J. Intelligent Buildings in South East Asia, E & FN Spon, London, (1992).
- [7] Oğuz, O. Akıllı Bina Kavramı ve Akıllı Bina Değerlendirme Metotları. Yüksek Lisans Tezi. İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2007).
- [8] Erkinay, P. U. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Rüzgar Enerjisinin Türkiye’de Binalarda Kullanımı Üzerine Bir İnceleme. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (2012).
- [9] Erturan, B. Akıllı Cepheleler. 6th International Advanced Technologies Symposium, (2011), Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- [10] Bilgiç, S. Akıllı Cephe Sistemleri. Ege Mimarlık, Sayı: 44, (2002).
- [11] <http://cdn.woto.com/dsfile/6d8372e4-af2a-4596-8dc7-30defaf8a5a3?t=1411319247627> (Erişim Tarihi: 21.05.2018)
- [12] http://images.adsttc.com/media/images/52fb/df4d/e8e4/4e54/8200/000b/large_jpg/01.jpg?1392238396 (Erişim Tarihi : 21.05.2018)
- [13] http://images.adsttc.com/media/images/5014/14c7/28ba/0d3b/4500/0fca/large_jpg/stringio.jpg?1414495441 (Erişim Tarihi: 21.05.2018)
- [14] Tortu, Ş. Ş. Alüminyum Giydirmeye Cephelerde Isıl Performans Durabilite İlişkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2006).
- [15] http://tekelisisa.com/wp-content/uploads/2014/09/isbankasi_03.jpg (Erişim Tarihi : 21.05.2018)

- [16] <http://www.renkcephe.com/upload/klasik-kapakli.jpg> (Erişim Tarihi : 21.05.2018)
- [17] <http://www.cephesistemleri.co/wp-content/uploads/2014/12/Silikon-giydirme-cephe-1.jpg> (Erişim Tarihi: 21.05.2018)
- [18] http://unionvidriera.com/blog/wp-content/uploads/2014/05/solar_4.jpg (Erişim Tarihi : 21.05.2018)
- [19] Uygun, V. Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Cephe Sistemlerinin İncelenmesi (Yurt İçi Ve Yurt Dışı Örneklerle). Yüksek Lisans Tezi. Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2012).
- [20] Alakavuk, E. Sıcak İklim Bölgelerinde Çift Kabuk Cam Cephe Sistemlerinin Tasarımı İçin Kullanılabilecek Bir Yaklaşım.Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, (2010).
- [21] Şahin, N. İ. ve Manioğlu, G. Binalarda Yağmur Suyunun Kullanılması.Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 125, (2011).
- [22] <http://en.focchi.it/wp-content/uploads/2012/11/Image10.jpg> (Erişim Tarihi : 21.05.2018)
- [23] Sev, A. ve Özgen, A. Yüksek Binalarda Sürdürülebilirlik ve Doğal Havalandırma.Yapı Dergisi, 262,9, (2003), 92–99.
- [24] Çakır Kıasf, G. Enerji Etkin Çift Kabuk Cephe Sistemlerinin İstanbul'a Uygunluğunun Analizi. Doktora Tezi. Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2015).
- [25] <http://images.adsttc.com/media/images/5837/a056/e58e/ce93/1c00/004b/slideshow/161005D0064.jpg> (Erişim Tarihi : 21.05.2018)
- [26] Erturan, B.Akıllı Cephe Tasarım İlkeleri Ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. MSGSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2010).
- [27] <https://www.affani.com.tr/resimler/sayfalar/gunes-kontrol-cam-filmleri-3.jpg> (Erişim Tarihi:21.05.2018)
- [28] http://617bb7d10f2e3e8732fd9335c5bd016d61e5d3d959d22c1f394b.r91.cf3.rackcdn.com/images/the_edge-gallery02.jpg (Erişim Tarihi : 21.05.2018)
- [29] Günel, M. H. ve İlgin, H. E. Bir Mimari Tasarım Kriteri Olarak Rüzgar Enerjisi Kullanımı. Ege Mimarlık Dergisi, 2008, Sayfa 6-11.
- [30] http://lh4.ggpht.com/_qyJ7R-2pCKI/SU1YeP1SEiI/AAAAAAAAA1A/HqJy-lm7fls/s512/bahreyn9.jpg (Erişim Tarihi : 21.05.2018)
- [31] Çakır Kıasf, G. ve Selçuk, E., (2018). Yeşillendirilmiş Konut Cephelerinin Kentlerin Çevresel Kalkınmasına Etkisi, İstanbul I.Konut Kurultayı (10-11 Mayıs 2018), Kağıthane Osmanlı Arşivi Kongre Merkezi, İstanbul.
- [32] <https://inhabitat.com/the-musee-du-quai-branly-in-paris-boasts-a-luscious-vertical-garden-by-patrick-blanc/patrick-blanc-green-wall-musee-du-quai-branly-paris-3/>, Erişim Tarihi:09.04.2018

- [33] <http://www.electramag.com.br/site/wp-content/uploads/2015/11/geometric-sun-shades-al-bahar-towers-abu-dhabi-6.jpg> (Erişim Tarihi : 21.05.2018)
- [34] Çakır Kıasf, G., Enerji Etkin Çift Kabuk Cephe Sistemlerinde Yangın Performansını İyileştirecek Yöntemler 8.Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu, (2-3 Haziran 2016), MSGSÜ, İstanbul.