

ENERJİ ETKİN YAPI KABUKLARININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF ENERGY EFFICIENT BUILDING SHELLS

Aslı AKDEMİR

Niğde Ömer Halisdemir University, Department of Architecture, Niğde/TURKEY

ORCID: 0000-0002-8950-8745

Tuğba İNAN GÜNAYDIN

Assoc. Prof., Niğde Ömer Halisdemir University, Department of Architecture, Niğde/TURKEY

ORCID: 0000-0003-0861-4835

ÖZET

Günümüzde artan yapılaşma ve enerji kaynaklarının yoğun kullanımı sonucunda bina tasarımlarında sürdürülebilirlik, enerjinin etkin kullanımı, ve yeşil bina tasarımları oldukça ön plandadır. Türkiye’de enerji kullanımının büyük bir yoğunluğu inşaat sektörü tarafından kullanılmaktadır. Enerji etkin yapı tasarımları sayesinde kendi kendine yetebilen yapılar tasarlayarak enerji kullanımını minimize etmek mümkündür. Enerji etkin, sürdürülebilir, çevre dostu, doğaya uyumlu tasarımlar kullanıcı konforunu arttırarak yaşam kalitesini de yükseltmektedir. Yapının iç mekan ve dış ortam arasında yer alan yapı kabukları enerjinin korunumu ve üretimini sağlayan statik yapı elemanlarıdır. Yapı kabukları yapının ısı kazançları ve kayıplarını etkileyen en önemli faktördür. Bu sebeple enerji etkin yapı tasarımlarında cephe sistemlerinin; yapının bulunduğu çevresel ve fiziki koşullara uygun, güneş ve rüzgar enerjilerinden yararlanabilen, değişen iklim koşullarına uyum sağlayan, akıllı sistemler sayesinde kontrollü, hareketli ve uyarlanabilir şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bu çalışmada öncelikle enerji etkin tasarım anlayışıyla; enerji etkin yapı ve cephe tasarımları incelenmiştir. Yapı cephelerinde enerji etkinliğini sağlamaya yönelik yaklaşımlar enerjinin korunumu, üretimi ve başlıca kriterleri araştırılmıştır. Daha sonra dünyada ve ülkemizde enerji etkin cephe tasarımı anlayışı ile inşa edilmiş yapıların özellikleri incelenerek birbiri ile detaylı karşılaştırılmıştır. Çalışmada enerji etkin yapı tasarımlarının arttırılarak; enerji kaynaklarının verimli kullanımını sağlayan, ekolojik, sürdürülebilir, bulunduğu çevre koşullarına uygun, akıllı yeşil binalar tasarlanmasının yaşam kalitesini arttırabileceği vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji etkin tasarım, gelişmiş cephe sistemleri, sürdürülebilir cephe tasarımı

ABSTRACT

Today, as a result of increasing construction and intensive use of energy resources, sustainability, efficient use of energy and green building designs are at the forefront in building designs. A large concentration of energy use in Turkey is used by the construction sector. Thanks to energy efficient building designs, it is possible to minimize energy use by designing self-sufficient structures. Energy efficient, sustainable, environmentally friendly, nature-friendly designs increase user comfort and increase the quality of life. The building envelopes, located between the interior and exterior of the building, are static structural elements that provide energy conservation and production. The building envelopes are the most important factor affecting the heat gains and losses of the structure. For this reason, facade systems in energy efficient building designs; The building should be designed in a controlled, mobile and adaptable manner, which is suitable for the environmental and physical conditions in which it is located, which can benefit from solar and wind energies, and which adapts to changing climatic conditions, thanks to intelligent systems. In this study, primarily with the concept of energy efficient design; energy efficient building and facade designs are examined. Approaches to ensure energy efficiency in building facades, energy conservation, production and main criteria are investigated. Afterwards, the features of the structures built with the understanding of energy efficient

facade design in the world and in our country were examined and compared with each other in detail. In the study, by increasing energy efficient building designs; It was emphasized that designing smart green buildings that ensure efficient use of energy resources, that are ecological, sustainable and suitable for their environmental conditions can increase the quality of life.

Keywords:Energy efficient design, advanced façade systems, sustainable façade design

1.GİRİŞ

Günümüzde küresel iklim değişikliğinin etkisi ile birlikte tüm dünyada enerji verimliliğine yönelik çalışmalar başlatılmıştır. Bir çok sektörde sürdürülebilirlik ve çevre dostu adımlar atılmaya başlanmıştır. Bu alanda en çok etkilenen sektörlerden birisi de inşaat sektörüdür. Mimari tasarım kriterlerinin enerji etkin ve ekolojik tasarıma uygun olarak yenilenmesi ihtiyacı doğmuştur. Tasarımlardaki yoğun enerji kullanımı yüzünden giderek azalmakta olan doğal kaynaklarımız daha çabuk tükenmektedir. Bir yapı da ısıtma, soğutma, havalandırma, ve aydınlatma gibi sebeplerden kaynaklı enerji harcanmaktadır. Tasarlanan binanın enerji verimliliğini ve enerji kayıplarını en çok etkileyen eleman yapı kabuğudur. Bu yüzden yapı kabuğu tasarımı enerji etkin tasarımlarda en önemli noktadır (Kutluay, İnan, Ersoy, Başaran, 2015).

Küresel ısınma, iklim değişikliği, karbon emisyonları gibi bir çok sorunun kaynağında enerji tüketimi bulunmaktadır. Kullanılan fosil yakıtlar sonucu tüm dünyayı ilgilendiren küresel sorunlar ortaya çıkmaktadır. Binalarda ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılan enerjiler bu problemlerin ortaya çıkmasında etkindir. Enerji etkin tasarımlar sayesinde enerji kullanımını azaltarak enerji verimliliği yüksek yapılar inşa edilebilir. Enerji etkin yapı tasarımlarının artması ile birlikte iklim değişikliğine yol açan emisyonlar azalarak çevre dostu ve doğaya uyumlu tasarımlar elde edilmektedir (Kamal, 2020).

Enerji etkin tasarım, yapımda kullanılacak malzemenin seçimi, uygulaması ve işletimi gibi aşamalarının tümünde çevresel etkilerini minimum düzeyde tutabilmektir (Zigenfus, 2008). Binaların tüm yüzeyini kaplayan cephe elemanları, binanın enerji verimliliğini ve tüketimini değiştiren önemli parametredir. Cephenin var olan enerjiiyi korumaya ve hatta bazı sistemler sayesinde gerekli enerjiiyi üreterek yapının hayat döngüsünde katkı sağlaması beklenmektedir (Fedakar, Yamaçlı, 2022).Yapı kabuğu, yapının geçiş elemanı görevinde olan iç mekan ve dış mekanı birbirinden ayıran yatay, düşey ve eğimli olarak tasarlanan yapı elemanlarıdır. Enerji etkin tasarımlarda ısıtma, soğutma, havalandırma gibi parametrelerin değişkenliğini kontrol eden cephe sistemleridir. Binanın çevre koşulları analiz edilerek iklime ve yapıya en uygun cephe sistemi tercih edilmelidir (İmik, 2017).

Binanın etrafını saran yapı kabukları, yapının iç ve dış ortamını birbirinden ayırmasının yanı sıra değişen koşullara adaptasyon yeteneği olan, var olan enerjiiyi koruyan ve aynı zamanda enerji üretebilen, dış etkilere karşı duyarlı , akıllı, ekolojik, dinamik ve bir çok işleve sahip mekanizmalar haline gelmiştir (Ayçam, 2011).Yapıların kabuk tasarımlarındaki en önemli etken iklim koşullarıdır. Yapı tasarlanırken çevre koşulları analiz edilerek yapıya ve bulunduğu çevreye en uygun kabuk sistemi tercih edilmelidir. Kış ayları için açıklık oranı,malzeme seçimi ve yalıtım sistemi önem kazanırken yaz aylarında doğal aydınlatma, doğal havalandırma, gün ışığı kazanımı ve gölgeleme göz önüne alınmaktadır (Şenyurt, Altın, 2014).

Çalışmada enerji verimliliğini etkileyen en önemli eleman olan yapı kabuğunda enerji etkinliğini sağlamaya yönelik yaklaşımlar ve enerji etkin kabuk tasarım kriterleri incelenmiştir. Daha sonra bu kriterlere yönelik tasarlanmış yurt içi ve yurt dışı proje örnekleri incelenerek karşılaştırılmıştır.

1.2.Enerji Etkin Yapı Tasarımı

Son yıllarda yapı tasarımında enerji verimliliği düşünülerek tasarlanan yapı sayısı gittikçe artmaktadır. Değişen iklim koşullarına uyum sağlayabilen, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönlendiren, kendi kendine yetebilen bu ekolojik binalar minimum enerji kullanımıyla

uygun konfor koşullarını sağlayabilmeyi hedeflemektedir. Bu amaç doğrultusunda yapıyı oluşturan malzemelerin seçimi geri dönüştürülebilir malzemelerden tercih edilmektedir. Yapı, tasarım, inşaat ve kullanım aşamalarında minimum enerji harcayacak sistemler ile entegre inşa edilmektedir (Lakot, 2007).

Yapı sektöründe kullanıcı konforunu arttırmak amaçlı geliştirilen bir çok sistem enerji tüketiminin artmasına sebep olmaktadır. Tüketilen enerji miktarını azaltmaya yönelik enerji etkin tasarlanan akıllı binaların önemi artmaktadır.Çevreye karşı duyarlı olan , yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak tasarlanabilen, ileri teknolojik sistemler sayesinde ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemlerini kontrol altında tutabilen ve bu sayede enerji verimliliği sağlayan akıllı binalar yapı sektöründe oldukça büyük önem taşımaktadır. Yapının yüzeyini oluşturan ve enerji etkinliğinde büyük öneme sahip olan kabuk sistemlerinin tasarımı bu alanda oldukça etkili bir parametredir. Seçilen malzeme, gün ışığını etkin kullanma, rüzgar enerjisinden faydalanabilme gibi bir çok yaklaşım ile yapı cephesi binanın enerji verimliliğini arttırabilmektedir (Boduroğlu,2010).

Enerji etkin yapılar, pasif ve aktif sistemlerin birbiriyle bütünleşik tasarlanarak verimliliği yüksek olan yapılardır. Yapı formu, yönlmesi, malzemesi gibi pasif sistemlere ek olarak otomasyon sistemleri, iklimlendirme, yangın güvenlik gibi aktif sistemler entegre olarak bütüncül tasarımlar ortaya çıkarılmaktadır (Civan, 2006)

Yapıların enerji etkinliğini arttırırken aynı zamanda bir çok yönden de kullanıcı konforu arttırılarak daha yüksek performansa sahip yapılar inşa etmek mümkündür. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının 2016 yılında yayınladığı Enerji Verimli Bina Tasarım Stratejileri el kitabında belirtildiği gibi sürdürülebilir, erişilebilir, güvenli, işlevsel, verimli, estetik, tarihi, etkin maliyet özelliğine sahip yapılar yüksek performanslı bina olarak değerlendirilebilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1:Yüksek Performanslı Bina Kriterleri (ÇŞB,2016)

2. YAPI KABUĞUNDA ENERJİ ETKİNLİĞİ SAĞLAMAYA YÖNELİK YAKLAŞIMLAR

Günümüzde gelişen teknolojiyle birlikte mimari tasarımda yapı elemanları farklı işlevlerde kullanılabilir. Enerji verimliliğini sağlamaya yönelik yapı kabuğunda bir çok yaklaşım bulunmaktadır. Enerjiyi etkin kullanım kabukta iki farklı şekilde sağlanabilir. Yapıda var olan enerjinin kaybını en aza indirmeye yönelik yaklaşımlar enerjinin korunumunu sağlamayı hedeflemektedir. Bu tasarımlara ek olarak güneş ve rüzgar enerjisinden yapı içerisinde faydalanarak

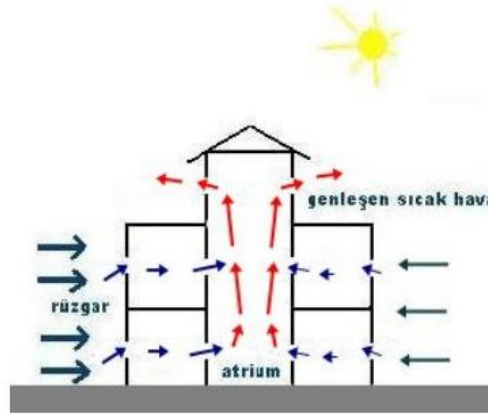
enerji üreten kabuk sistemler geliştirilmiştir. Enerji üreten sistemler yapının ihtiyacı olan enerjinin bir kısmını kabuk tasarımı sayesinde kendi içerisinde üretebilmeyi sağlamaktadır.

2.1.Yapı Kabuğunda Enerji Korunumu

Yapı kabuğunda enerji korunumunu sağlayan tasarım yaklaşımları içerisinde yapının formu ve cephe yönelimi, trombe ve bidon duvar tasarımları, güneş kırıcılar, giydirme cepheler ve enerji etkin malzemelerin kullanımı yer almaktadır (Karamanlıoğlu, 2011)

2.1.1.Yapının Formu ve Cephe Yönelimi

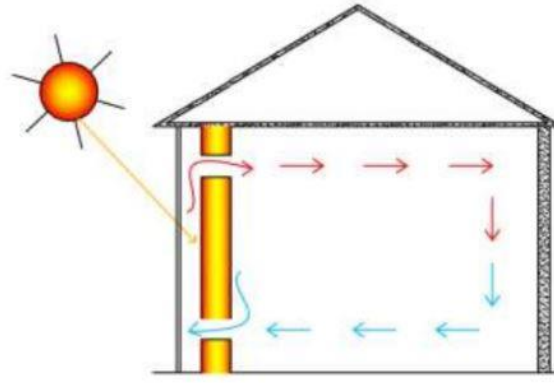
Yapının tasarım aşamasından önce yapılan analizlerin sonucunda araziye ve iklim koşullarına en uygun yapı formu tercih edilmelidir. Yapının ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri için en az enerji harcanacak şekilde cephe yönelimi sağlanmalıdır. Sıcak iklimlerde yapıyı hakim rüzgar yönüne doğru yönlendirmek, soğuk iklimlerde ise yapının büyük çoğunluğunu güney cepheye yönlendirerek güneşten maksimum düzeyde faydalanılmasını sağlamak enerji korunumuna yönelik başarılı bir örnektir (Aktaş, 2010). Hakim rüzgar yönüne uygun olarak tasarlanan binalarda karşılıklı olarak açılan pencere boşlukları ile binanın doğal havalandırılması pasif olarak gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 2). Sıcak iklime sahip olan bölgelerde bu tasarım yöntemi sayede soğutma ve havalandırma sistemleri için enerji kullanımına gerek kalmamaktadır (Bekar, 2007).



Şekil 2:Doğal Havalandırma Şeması (Bekar, 2007)

2.1.2.Trombe Duvarı

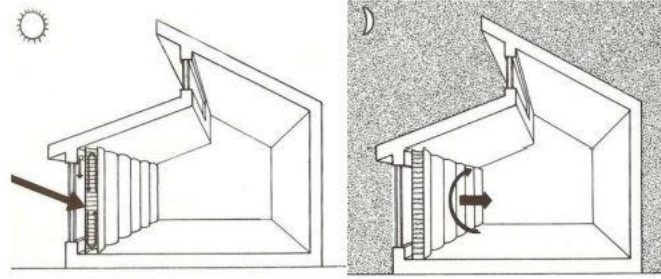
Güneş duvarı olarak da adlandırılan trombe duvar, cam bir yüzeyin arkasında havalandırma boşlukları bulunan ısıtılabilir kütleden meydana gelmektedir (Şekil 3). Cam yüzey ile duvar arasında kalan bu hava boşluğu sayesinde ısı kaybı engellenerek doğal havalandırma sistemi sağlanmaktadır (Köksal, 2000). Kış aylarında boşluğunda ısınan hava taneciklerinin yükselerek menfez açıklığından yapı içerisine alınarak iç mekanın sıcaklığı yükseltilmektedir. Yaz aylarında ise cam yüzeyin üst kısmı açılarak hava sirkülasyonu sağlanabilmektedir (Bozdoğan, 2003).



Şekil 3:Trombe Duvar Şeması (Bayram, Orhon, 2020)

2.1.3.Su Duvarı (Bidon Duvar)

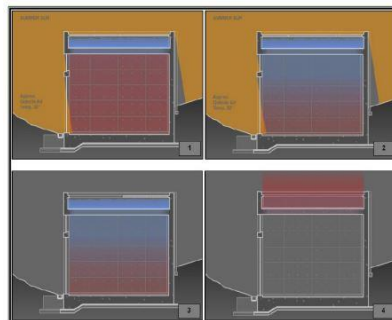
Bidon duvar uygulamaları daha çok yapıların güney cephesine uygulanmaktadır (Şekil 4). İçerisi su ya da sıvı akışkan madde ile dolu olan ısı depolama kütlesi cam yüzeyin arkasında yer almaktadır. Genellikle siyah yada koyu renkte olmasının sebebi güneş ışınlarını absorbe ederek çabuk ısınmasıdır (Karamanlıoğlu, 2011). Isınan bidonlar ışınma ve taşıma yöntemleri ile yapının iç mekanına ısı kazandırmaktadır. Gündüz bu yöntem sayesinde kazanılan ısı enerjisini, geceleri kaybetmemek için yalıtımlı kapaklar kapatılarak önlem alınmaktadır Bu yöntemde buharlaşma, korozyon ve sızma gibi sorunlara yönelik önlemler alınmadığı takdirde yapıda büyük problemlere yol açılabilir (Demircan, Gültekin, 2017).



Şekil 4:Su duvarı Çalışma Prensibi (Demircan, Gültekin, 2017)

2.1.4.Çatı Havuzları

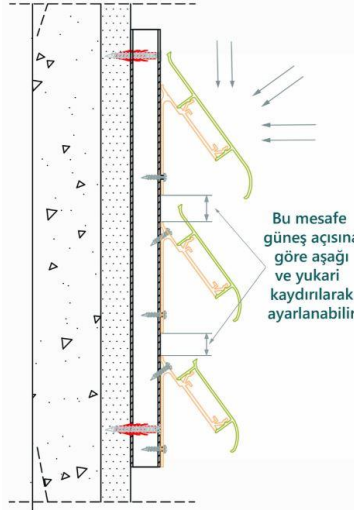
Çatı havuzları yapının tavanında yer alan içi su dolu havuz alanı ya da plastik torbalar sayesinde güneş ışınlarından aldığı enerjiyi yapının iç mekanına ileten sistemdir (Şekil 5). Kış aylarında sistem sayesinde gündüzleri alınan enerjinin gece kaybedilmemesi için yalıtım elemanları ile su kütlelerinin üzeri örtülerek ısı kaybı engellenmektedir. Yazın ise bu sistemin tam tersi geceleri yalıtım elemanları açılarak suyun hava ile ısı geçişi sağlayarak binanın soğutma ihtiyacı karşılanmaktadır. Gündüzleri ise sistem kapatılarak yapının fazla ısınmasının önüne geçilmektedir (Uslusoy, 2012)



Şekil 5:Çatı Havuzu Şeması(Demircan, Gültekin, 2017)

2.1.5.Güneş Kırıcılar

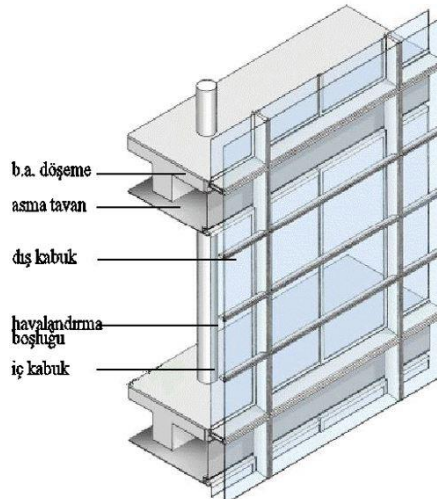
Yoğun gün ışığına maruz kalan cephelerde meydana gelen fazla ısınma sorununa çözüm olanağı sunan güneş kırıcılar sayesinde binanın soğutma ihtiyacı azaltılmaktadır (Şekil 6). İç mekanın ısıl konforunu sağlamaya yönelik açılır kapanır şekilde tasarlanmış güneş kırıcıları sayesinde gün içerisinde güneşin konumu ve hareketlerine göre değiştirilebilir açılarla cephede gölgeleme elemanı görevi görmektedir. Pnömatik sistemlerle entegre şekilde çalışabilen güneş kırıcıları sayesinde hareketli ve değiştirilebilir güneş kırıcı alternatifleri bulunmaktadır. Bu sayede yapı içerisine giren gün ışığı kontrol edilebilmektedir (Arslantatar, 2006).



Şekil 6:Güneş Kırıcılar Detayı (URL 1)

2.1.6.Çift Tabakalı Giydirme Cepheler

Yapı kabuğunun çift tabaklı giydirme cephe ile tasarlanması sayesinde doğal aydınlatma ve doğal havalandırma kazanımları elde edilmektedir (Şekil 7). Bu özelliği sayesinde yapı kabuğu enerji korunumunu gerçekleştirebilmektedir. Cam yüzeylerin yan yana gelerek iki katman oluşturduğu arada hava boşluğunun yer aldığı cephe sisteminde hava boşluğu ısı yalıtımı görevi görmektedir. Hava boşluğu gün içerisinde güneş ışınlarından aldığı enerji sayesinde yapının ısınmasına yardımcı eleman olarak çalışmaktadır. İç kabuk ve dış kabuk olarak isimlendirilen bu cephe sistemi çift cidarlı cephe sistemi olarak mimaride yaygınlaşmıştır (Aktaş, 2010).



Şekil 7:Çift Tabakalı Giydirme Cephe Detayı (URL 2)

2.1.7.Enerji Etkin Malzeme Kullanımı

Yapıda kullanılan malzemelerin sürdürülebilir ve geri dönüştürülebilir malzemelerden seçilmesi enerji etkinliği açısından oldukça önemlidir. Malzemenin yerel olması, inşaat sürecinde taşıma için kullanılan enerji miktarını azaltır. İklim koşullarına uygun olması bakım gerektirmeyen malzeme kullanılması inşaat sonrasındaki kullanılan enerjiyi azaltmaktadır (Şekil 8) (Karamanlıoğlu,2011).



Şekil 8:Sürdürülebilir Yapı Malzemeleri (URL 3)

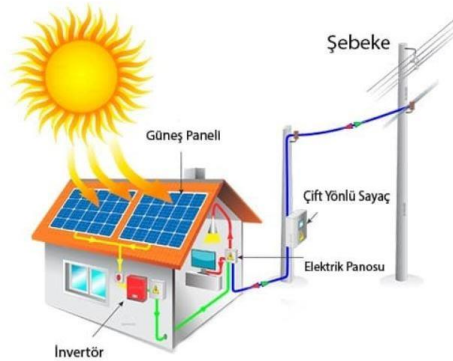
2.2.Yapı Kabuğunda Enerji Üretimi

Yapı kabuğunda güneş ve rüzgar enerjilerinden faydalanılarak enerji üreten cephe sistemleri mevcuttur. Yapı kabuğuna mekanik ve elektronik sistemlerin entegre edilmesiyle birlikte güneşten ve rüzgardan alınan enerji istenilen enerji çeşidine dönüştürülebilmektedir. Yapının ihtiyacına yönelik dönüştürülen bu sistem sayesinde yapı enerji verimliliği yükselerek enerji etkin yapılar tasarlanmaktadır (Karamanlıoğlu, 2011). Yapı kabuğunda enerji üretimine yönelik yaklaşımlardan bazıları; fotovoltaik panellerin kullanımı, güneş kolektörlerinin kullanımı, heliostatların kullanımı ve rüzgar türbinnlerinin kullanımıdır.

430

2.2.1.Fotovoltaik (PV) Sistemler

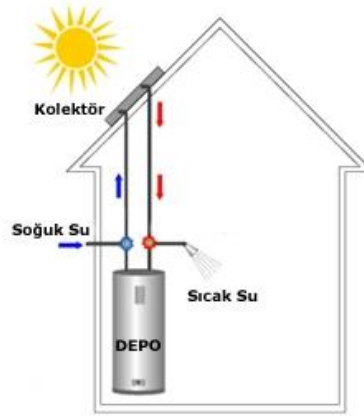
Fotovoltaik sistemler, güneşten gelen ışınları elektrik enerjisine dönüştürerek enerji üreten sistemlerdir (Şekil 9). Solar hücreler sayesinde akım üretimi sağlanarak yapı kabuğunun işlevini arttırmaktadır. BIPV olarak isimlendirilen binaya entegre fotovoltaik sistemler cephede yer alan, çatıda yer alan ve gölge elemanı olarak kullanılmak üzere üç farklı çeşitte yapı kabuğuna eklenebilmektedir. Enerjiyi üretirken çevreye herhangi atık madde bırakmadan, hava ve gürültü kirliliği oluşturmadan üretim yapılmasından dolayı oldukça çevre dostu sistemdir. (Karamanlıoğlu,2011).



Şekil 9:Fotovoltaik Sistem Detayı (URL 4)

2.2.2.Güneş Kolektörleri

Güneş toplayıcıları olarak da isimlendirilen güneş kollektörleri, güneş ışınlarından aldıkları enerjiyle yapılarıdaki sıcak su ihtiyacını karşılamaktadırlar. Güneşten yayılan radyasyonun toplanarak yoğunlaştırılması sonucunda soğuk su ısınarak kullanıcıya iletilmektedir. Kış aylarında yaşanabilecek donma olaylarına karşı gerekli önlemler alınmalıdır. Güneş kollektörlerinin verimliliği, ürettiği enerji miktarının, üzerine düşen enerji miktarına oranı ile hesaplanabilmektedir (Demircan, Gültekin, 2017). Bu sistemin çalışma ilkesi bidon duvar sistemi ile benzer özelliktedir. Güneş ışınlarının kollektörün yüzeyini ısıtarak yüzeyle bağlantılı boruların içerisindeki suyun ısınması ile birlikte binanın ısıtma sisteminde de kullanılabilir. Başlarda sadece çatıda uygulamaları görülse de kar yükünün kollektörlere verdiği zarar fark edildikten sonra yapıların cephe sistemlerine entegre olarak tasarımlar gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 10) (Boduroğlu ve Kariptaş, 2010).



Şekil 10:Güneş Kollektörü Detayı (URL 5)

2.2.3.Heliostatlar

Heliostat, güneşten aldığı ışığı ayna ve mercekler yardımı ile binanın doğal ışık almayan mekanına ileten sistemlerdir (Şekil 11). Aynalar ile yönlendirilen gün ışığı, ışık boruları sayesinde yapının içerisine yayılmaktadır. Bu sistem sayesinde toparlanan ışık mekan içerisinde görsel konfor koşullarını sağlamadığı takdirde yapay aydınlatma ile desteklenmelidir. Bodrum katlarda, zemin seviyesinin altında yer alan mekanların penceresiz ve doğal aydınlatmasız kaldığı durumlarda heliostatlar kullanılarak gün ışığı sistemi mekana iletilmektedir (Demircan, Gültekin, 2017).

431

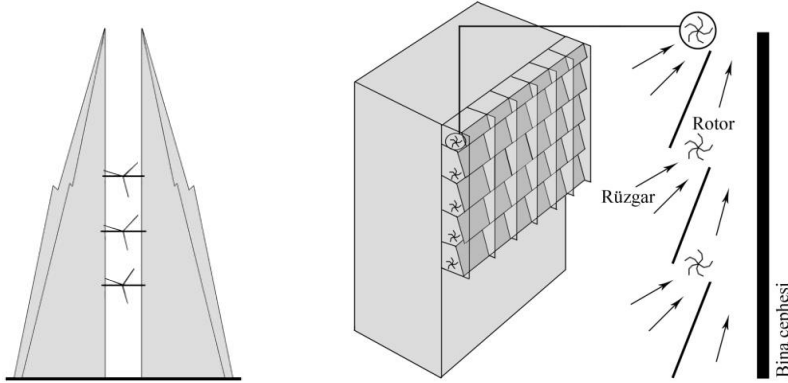


Şekil 11:Heliostat Detayı (Demircan, Gültekin, 2017)

2.2.4.Rüzgar Türbinleri

Rüzgar türbinleri, rüzgardan meydana gelen hareket enerjisini önce mekanik enerjiye daha sonra ise elektrik enerjisine iletmektedir. Yüksek katlı binalar tasarlanırken rüzgar analizleri yapılarak

hakim rüzgar yönüne göre yönelim yapıldığı için bu sistem genellikle çok katlı gökdelen gibi yapıların cephesinde kullanılmaktadır. Az katlı binalarda genellikle rüzgara yönelik tasarım yapılmadığı için ve rüzgar etkisi yüksek katlı binalara göre daha düşük olduğu için bu sistem çok fazla tercih edilmemektedir. Cephede yer alan rüzgar türbinleri sayesinde yapının enerji ihtiyacı karşılanabilmektedir. Maliyet açısından oldukça yüksek değerde olması sebebiyle çok fazla yaygınlaşmamış bir yapı kabuğu sistemidir (Şekil 12)(Karamanlıoğlu,2011).



Şekil 12:Rüzgar Türbinü Detayı (URL 6)

3.ENERJİ ETKİN KABUK TASARIMI

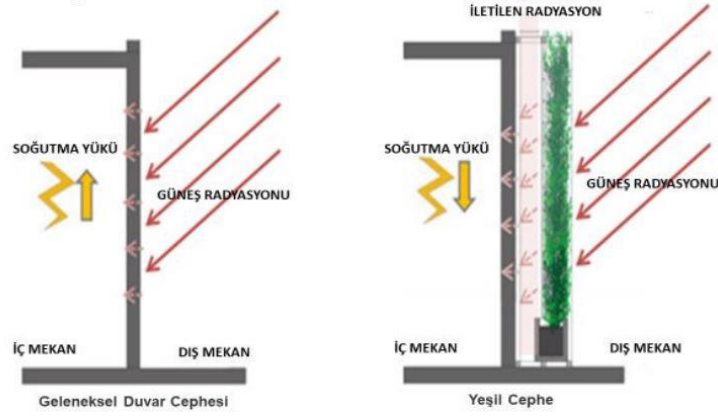
Enerji etkin yapı kabukları, değişen iklim koşullarına uyum sağlayabilen ve bu sayede enerji kullanımını azaltarak enerji verimliliği sağlamaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte yapı kabukları sadece iç ve dış ortamı birbirinden ayırma görevinden çıkarak yapının enerji ihtiyacını karşılayabilen sistemler haline gelmiştir. Isıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma ihtiyaçlarını yapı kabuğuna entegre edilen sistemler sayesinde kendi kendine yetebilen, enerji üretebilen, var olan enerjilerden faydalanılabilen yapılar tasarlanabilmektedir (Yılmaz, 2006).

432

Yapı kabuklarının enerji etkin tasarlanması için bazı uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Güneş ışınlarına göre optik özelliğini değiştirebilen akıllı cam yüzeyler tercih edilmektedir. Cephede şeffaflığı sağlayan cam yüzeyler çift tabakalı olarak tasarlanmaktadır. İki tabaka arasında yer alan hava boşluğu sayesinde ısı geçişi azaltılabilmektedir. Cam yüzeylerin önüne güneşin geliş açısına göre hareket özelliğine sahip güneş kırıcılar ya da saçak elemanları tercih edilmektedir. Güneş ve rüzgar enerjisinden faydalanılacak bir çok aktif ve pasif sistemler sayesinde enerji etkin yapı kabukları tasarlanabilmektedir (Boduroğlu,2010).

3.1.Dikey Yeşil Cepheler

Dikey yeşil cepheler, günümüzde yüksek yapılaşma sonrası oluşan ısı adasına karşı oldukça faydalı tasarımlardır. Bu cephe sistemi, iklim değişikliği, enerji kaynaklarının tüketimi gibi küresel sorunlara karşı yapı sektöründe oldukça önemli konumdadır. Dikey yeşil cepheler, yapı kabuğundan geçen ısı akışını azaltarak doğal yalıtım görevi görmektedir. Kentleşme sonucu azalan yeşil alan miktarını yapının kabuğuna taşıyarak az da olsa yeşil alan miktarını arttırmaktadır. Bu sistemdeki kabuğun termal kütlesi, yapının performansını artırarak enerji verimliliğine katkıda bulunur. Isıtma ve soğutma ihtiyaçlarında diğer yapı kabuklarına göre daha verimli olması da tercih sebeplerinden birisidir (Şekil 13). Sürdürülebilir ve ekolojik yapı kabuğu sayesinde değişen iklim koşullarından yapı etkilenmemektedir (Korniyeenko,2021).

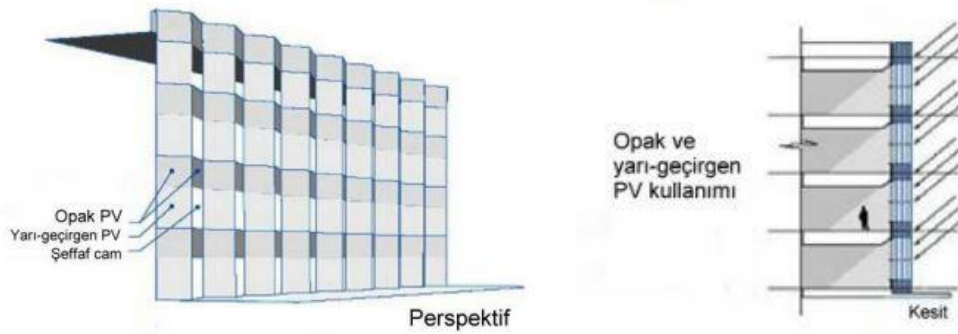


Şekil 13:Dikey Yeşil Cephe Detayı (Çerçi, 2018)

3.2.Fotovoltaik Panel Cepheler

Yapı kabuklarında fotovoltaik panel sistemlerin kullanılması enerji verimliliğini yükselten bir parametredir. Cephede yer alan bu paneller sayesinde güneşten gelen ışınlar elektrik enerjisine dönüştürülerek yapının aydınlatma ihtiyacı giderilmektedir (Şekil 14). Bu sistemde yapının çevresinde yer alan diğer yapılar iyi analiz edilmeli ki yapının cephesinde gölge unsuru oluşturmazlar. Fotovoltaik paneller yapının bulunduğu enleme göre ve analiz sonuçlarına göre güneşin geliş açısına uygun konumda yerleştirilmeli ki büyük oranda enerji verimliliği sağlanabilsin. Fotovoltaik paneller maliyet olarak yüksek oldukları için yapının bulunduğu alanın yıllık güneşlenme süresi tasarım öncesi hesaplanarak yapının yaşam döngüsü boyunca bu maliyeti kar durumuna getirebildiği öngörülürse tasarım gerçekleştirilmelidir. Bu cephe sistemleri, yenilenebilir enerji kaynağı kullanımı ile yapının enerji ihtiyacını karşılaması yönüyle oldukça çevre dostu ve sürdürülebilir özellik taşımaktadır (Yaman, 2021).

433



Şekil 14:Fotovoltaik Panel Cephe Detayı (Sayın, Koç, 2011)

3.3.Kinetik Cepheler

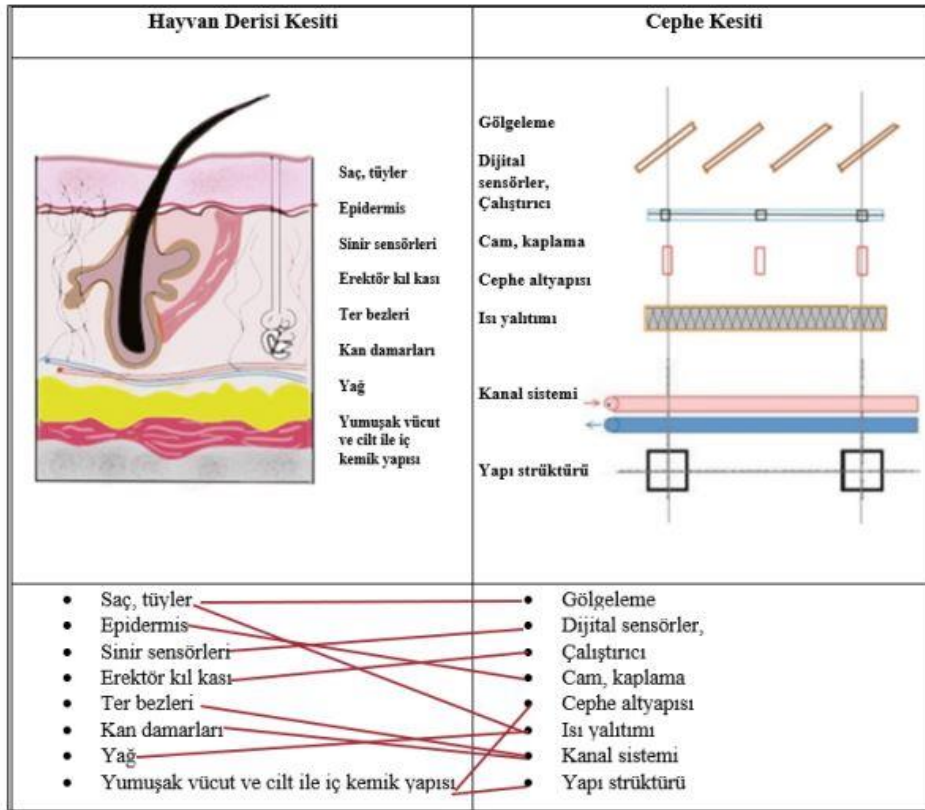
Kinetik cephe sistemleri, yapının bulunduğu değişen çevre koşullarına sağladıkları uyum sayesinde enerji tüketimini oldukça azaltmaktadır. Yapının bulunduğu konumdaki iklim koşullarını algılayan cepheye entegre sistemler sayesinde, iç mekandaki ışık, ısı, nem, akustik ve termal konfor düzeylerini en üst düzeyde tutmak hedeflenmektedir. Sağladığı bu konfor düzeyleri sayesinde enerji verimli, çevre dostu ve güvenli yapı kabuğu sistemleridir (Korniyenko,2021). Kinetik cephe sistemleri sayesinde yapının havalandırma, yağış kontrolü, gürültü kontrolü, yangına dayanıklılık, gün ışığı kontrolü, buhar akışı kontrolü ve ısı kontrolü sağlanabilmektedir. Aynı zamanda bu sistemin yüksek stabilite ve estetik olarak da avantajları vardır. Manuel ve dijital sistem çeşitleri bulunan bu kabuk sistemi, yüksek maliyet gerektirdiği için çok yaygınlaşmamış sistemdir. Gelişmiş yapılarda hareketli paneller dijital sistemler kullanılarak yer almaktadır (Yaman, 2021).



Şekil 15: Hareketli Cephe Örneği (Kahramanoğlu, 2021)

3.4.Biyomimetik Uyarlanabilir Cepheler

Doğa ve mimari arasındaki bağlantıyı oluşturan biyomimikri disiplini yapı kabuğu tasarımlarında da oldukça etkilidir. Doğadan ilham alınarak tasarlanmış olan bir çok enerji etkin kabuk sistemi mevcuttur. Biyomimetik uyarlanabilir cephe sistemleri sürdürülebilir, işlevsel ve ekolojik yönden oldukça gelişmiş aynı zamanda doğaya uyumlu çevre dostu tasarımlar olarak uygulanmaktadır(Fedakar, Yamaçlı, 2022). Lotus bitkisi, termit yuvaları, sinek kanadı, sabun köpüğü gibi doğada mevcut olan bir çok örnek yapı kabuklarında uyarlanarak enerji verimliliği arttırılmaktadır. Hayvan derisi ile bir yapının kabuk sistemi arasında bir çok benzerlik mevcuttur (Şekil 16). Kaplama, yalıtım, gölgeleme gibi bir çok yapı elemanının, hayvan vücudunda tüyler, yağlar, epidermis gibi karşılığı bulunur. Biyomimetik cephe sistemleri ısı, hava, su ve nem düzenlemeri sayesinde iç mekanın konfor düzeyini arttırmaktadır. Bitki ve hayvanlar doğal yaşamları boyunca değişen çevre koşullarına adapte olarak uyum sağlayabilme özellikleri yapıların kabuk sistemlerinde uygulanarak yapının değişen iklim koşullarına uyumu sağlanmaktadır (Gündoğdu, Arslan, 2020).



Şekil 16: Hareketli Cephe Örneği (Fedakar, Yamaçlı, 2022)

3.5. Pnömatik Cepheler

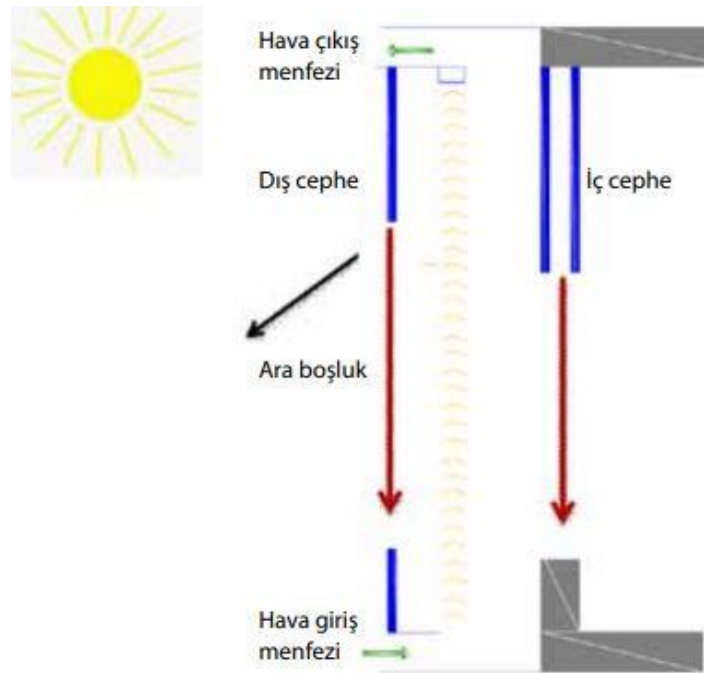
Pnömatik cepheler sayesinde yapılar gün ışığından maksimum düzeyde faydalanabilmektedir. Bu sistemin en büyük avantajı uyarlanabilir olmasıdır. Değişen iklim koşullarına, güneş ışığının geliş açısına göre binanın ihtiyacı doğrultusunda ayarlanabilir bir cephe sistemidir (Şekil 17). ETFE türü malzemeler sayesinde yapı kabuğunu oluşturan kaplamalar dayanıklı, esnek tasarım imkanı sunan, hafif, şeffaf ve enerji etkin tasarım imkanı sunar. Pnömatik cephe sistemleri kızılötesi ışık iletimi sayesinde güneş ışığından kazancı oldukça arttırmaktadır. Modüler sistem halinde tasarlanabilen bu gelişmiş cephe sistemi yapının ısı, ışık ve havalandırma gibi ihtiyaçlarını azaltarak enerji tüketimini düşürmektedir (Korniyenko, 2021).



Şekil 17: Pnömatik Cephe Detayı (URL 7)

3.6.Çift Cidarlı Cepheler

Çift cidarlı cephe sistemleri, yapının cam yüzeyinin iki katmanlı olarak tasarlanması ile elde edilmektedir (Şekil 18). Dış cephede kalan cam yüzey saydam ve aralıksız olarak tasarlanırken, iç cephede kalan cam yüzey güneş kontrollü olarak tercih edilmektedir. Bu cephe sisteminde iki cam yüzey arasında kalan hava boşluğu yazın ve kışın farklı çalışma prensipleri ile çalıştırılmaktadır. Yaz dönemlerinde aşırı ısınma sonucu yaşanılacak problemlere önlem olarak hava boşluğunun havalandırılması önemlidir. Enerji etkin kabuk tasarımında akla gelen ilk tasarım yaklaşımı olmasının sebebi avantajlarının çok sayıda olması ve enerji verimliliğini arttırmasıdır. Yapının şeffaflığını arttırarak çevre ile etkileşimini arttırması, doğal aydınlatma ve havalandırmaya imkan sağlaması, iki cam yüzey arasında kalan hava boşluğunun hem ses hem de ısı yalıtımı görevi görmesi, aynı zamanda güneş kırıcıların bu hava boşluğunda tasarlanması yağış, rüzgar gibi dış etkenlerin yıpratmasının önüne geçmektedir. Isı iletim katsayısını ve güneş ısı kazanç katsayısını düşürerek ısı konforu arttırmaktadır (İnan, Başaran, 2014).



Şekil 18:Çift Cidarlı Cephe Sistemi (İnan, Başaran, 2014)

4.ENERJİ ETKİN BİNA CEPHE ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ

4.1.Yurt Dışından Enerji Etkin Bina Cephe Örnekleri

4.1.1. Bosco Vertical

Bosco Vertical Binası, İtalya'nın Milano kentinde yer almaktadır (Şekil 19). Yaklaşık 30.000 metrekare alana tasarlanan iki gökdelenin birisi 112 metre yüksekliğinde diğeri ise 80 metre yüksekliğindedir. Cephesi adeta bir ormanı andıran bu iki yapıda toplam 800 adet ağaç kullanılmıştır. Milano'nun en ikonik yapılarından birisi haline gelen Bosco Vertical binası, biyoçeşitliliğe önem veren, ekolojik, sürdürülebilir, doğayla uyum içinde tasarlanmış bir gökdeldir. Çevresinde bulunan benzer fonksiyondaki yapıların cephesinden tamamen ayrılmaktadır. Cephede yer alan bitkiler sayesinde güneşten gelen ışınları yansıtmak yerine filtreleyerek zararlı etkilerinden arındırır (Şekil 20). Havada bulunan CO2 taneciklerini emerek oksijen üretimine katkıda bulunur. İklim koşullarına uygun olarak seçilen bitkiler sayesinde nem dengesini düzenler. Dikey bahçe uygulamasının en güzel örneklerinden birisi olan bu yapı bir çok alanda ödül alarak kendisini kanıtlamıştır. Bir çok kuş ve kelebek gibi hayvanlara popülasyon alanı oluşturmaktadır. Kentleşmenin yoğun olduğu bölgelerde

meydana gelen ısı adası etkisini azaltarak çevresinde bulunan canlılara büyük katkı sağlamaktadır (URL 8).



Şekil 19: Bosco Vertical Binası (URL 8)

Şekil 20: Bosco Vertical Binası Cephesi (URL 8)

4.1.2. Kaohsiung Stadyumu

Kaohsiung Stadyumu isminden de belli olduğu gibi Tayvan'ın Kaohsiung kentinde yer almaktadır (Şekil 21). 2009 yılında Tayvan'da düzenlenen Dünya Oyunları için tasarlanan bu stadyum 25.553 metrekarelik bir alanda 55.000 kişi kapasiteli olarak tasarlanmıştır. Yapının çatısında yer alan fotovoltaik paneller, yapının yılan derisine ve ejderha kuyruğuna benzetilmesine sebep olmaktadır. Yapının kabuğunu oluşturan çatı tasarımında, rüzgar analizleri değerlendirilerek yaz aylarında esen hakim rüzgar yönüne göre, doğal havalandırmanın maksimum düzeyde olacağı şekilde hava geçiş tünelleri bulunmaktadır.

Çatısında yer alan 8.844 fotovoltaik panel sayesinde yapı tamamen kendi enerjisi ile yaşam döngüsünü devam ettirmektedir (Şekil 22). Yılda 1.14 GWh elektrik üreten bu yapı kabuğu sistemi Tayvan'ın en büyük fotovoltaik panel sistemidir. 3.300 adet ışık armatürüne ve 2 adet görüş ekranı için bu enerji oldukça fazladır. Bu yönü ile kendi kendine yetebilen, bu kadar fazla sayıda fotovoltaik panel yer alan ilk stadyum örneğidir. Fotovoltaik paneller, güneş ışınlarının geliş açısına göre konumlandırılarak elde edilebilecek en yüksek enerji miktarı edilmiş ve sağlanmıştır. Yapının çevresinde fotovoltaik panellere gölge oluşturabilecek, güneş ışınlarının gelmesine engel olabilecek herhangi bir yapı ya da ağaç bulunmamaktadır. Çatıda yağmur suyunu toplayan ve yer altında bulunan tanklara ileten boru sistemleri ile su tasarrufu sağlanmaktadır. Stadyumun tasarımında kullanılan malzemeler %100 geri dönüştürülebilir malzemelerden tercih edilerek sürdürülebilir yaklaşım tercih edilmiştir (URL 9)



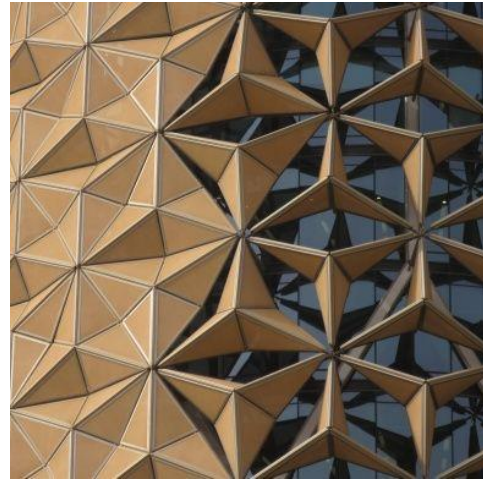
Şekil 21: Kaohsiung Stadyumu (URL 9)

Şekil 22: Kaohsiung Stadyumu Çatısı (URL 9)

4.2.3. Al-Bahr Tower

Al Bahar kuleleri, 2012 yılında Birleşik Arap Emirlikleri'nin başkenti olan Abu Dhabi'de inşa edilmiştir (Şekil 23). 150 metre yüksekliğe sahip olan iki gökdelenin oluşan bu yapılar 29 katlıdır. Bu ikonik iki gökdelenin cephede yer alan dinamik gölge elemanları ile oldukça dikkat çekici tasarıma sahiptir. Bu cephe sistemi, İslam dünyasında geleneksel mimari öge olan "mashrabiya" dan esinlenerek gökdelenlere 2 metre mesafede farklı bir iskelet sistemi üzerine inşa edilmiştir (Şekil 24). Dinamik olarak tasarlanan bu cephe sisteminde, güneşin geliş açıları parametrik yöntemler kullanılarak hesaplanmış ve bu doğrultuda değişen cephe hareketleri ile yapıya kontrollü ışık girmesini sağlamaktadır.

Fiberglas ile kaplanan bu üçgen modüller hidrolik sistem sayesinde hareket edebilmektedir. Güneşin gün içerisindeki hareketine bağlı olarak kodlanan yazılım sistemi sayesinde açılıp kapanma düzeneği kurulmuştur. Sabah saatlerinde güneşin doğudan doğması ile birlikte doğu cephesinde yer alan üçgen modüller kapanarak yapının aşırı ısınmasının önüne geçilmektedir. Bilgisayar kontrollü bu sistem sayesinde yapının soğutma için harcadığı enerji miktarı azalmaktadır. Aşırı rüzgar ya da uzun süre bulutlu hava koşullarında sensörler algılayarak modüllerin pozisyonunu belirlemektedir. Sürdürülebilir mimari için önemli yere sahip olan bu cephe sistemi yapının fazla enerji tüketmesinin önüne geçerek enerji verimliliğini arttırmaktadır (Çakır, 2021)



Şekil 23: Al-Bahar Kuleleri(Çakır, 2021) Şekil 24:Al-Bahar Kuleleri Cephesi (Çakır, 2021)

4.1.4. CH2 Ofis Binası

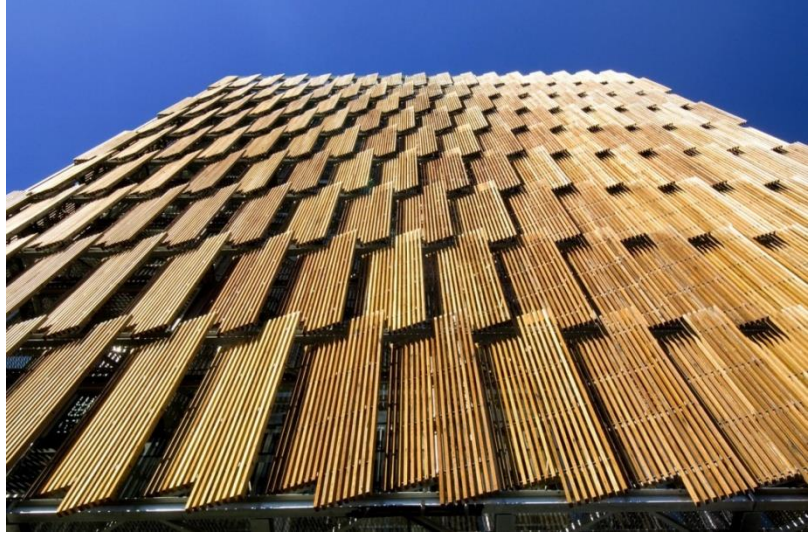
Melbourne Belediye Meclisi Binası olarak da bilinen CH2 ofis binası 2006 yılında, Avustralya'nın Melbourne kentinde inşa edilmiştir (Şekil 25). Avustralya'nın yeşil bina sertifikası olan Greenstar Sertifika Sistemi'nde altı yıldız almaya hak kazanan ilk yapıdır. 10 katlı olarak tasarlanan binada ısıtma ve soğutma sistemlerinde termit yuvalarının sıcaklık dengesini düzenlenmesi örnek alınmıştır. HVAC sistemleri, sera gazlarının salınımını arttırdığı için yapıda ısıtma ve soğutma sistemlerinin enerji tüketimini azaltmak hedefiyle enerji verimliliği sağlayacak pasif uygulamalar tercih edilmiştir. Doğadan ilham alan biyomimikri disiplini yapının pek çok yerinde mimari ile bütünleştirilerek uygulanmıştır. Yapının batı cephesinde ağaçların epidermis yapısından etkilenerek değişen iklim koşullarına uyum sağlayacak cephe sistemi tasarlanmıştır. Kuzey ve güney cephelerinde ise ağaçların bronşlarından ilham alınarak rüzgar boruları havalandırma kanalları olarak cepheye entegre edilmiştir(Gündoğdu, Arslan, 2020).

Binanın cephesi geri dönüştürülebilir hareketli ahşap paneller kullanılarak tasarlanmıştır (Şekil 26). Bu panellerin hareketi için gerekli olan enerjiyi binanın çatısında yer alan fotovoltaik paneller sağlamaktadır. Yapının çatısında güneş ışınları sayesinde fotovoltaik panellerden enerji üretilirken aynı zamanda rüzgar enerjisinden faydalanarak enerji üreten rüzgar türbinleri de bulunmaktadır. Yapıda temiz havayı içine çekerek soğutma sisteminde kullanmak amacıyla soğuk suya dönüştüren kuleler bulunmaktadır. Bu sistem sayesinde soğutma için harcanan enerji miktarı

azalmaktadır.Yapıda çevresindeki binaların soğutma sisteminde kullanılabilir, kanalizasyon sisteminden toplanan kirlı suyu dönüştüren sistemler de yer almaktadır. Enerji verimliliği yüksek, sürdürülebilir ve aynı zamanda ekolojik olarak tasarlanan CH2 binası bir çok tasarımcıya ilham kaynağı olmuştur (Karamanlıoğlu,2011).



Şekil 25:CH2 Ofis Binası



Şekil 26:CH2 Ofis Binası Cephesi (Gündoğdu, Arslan, 2020)

4.1.5. Medya TIC Binası

Medya TIC binası, 2009 yılında İspanya'nın Barselona kentinde inşa edilmiştir (Şekil 27).Yapı iletişim ve bilgi teknoloji merkezi fonksiyonuyla içerisinde halka açık sergi alanlarının yer aldığı, çalışma ofislerinin bulunduğu, teknoloji merkezi işlevinde kullanılmaktadır. Yapının en dikkat çekici özelliği cephe kaplaması olarak tercih edilen ETFE malzesidir (Şekil 28). Pnömatik bir sistem dahilinde kaplanan bu malzeme sayesinde hareket edebilen dinamik bir cephe tasarlanmıştır. Yapının güneydoğu cephesinde yer alan ETFE yastıkların içerisi azot gazı ile şişirilerek güneş ışığını filtreleyerek yapının fazla ısınmasının önüne geçilmiştir. Yapının tasarımcısı olan Enric Ruiz, tüm cepheyi ETFE yastık ile kaplamak yerine, bazı alanları kaplamasız bırakarak yapının strüktürünü cephede göstermeyi hedeflemiştir (Çakır, 2021).

Üçgen modüllerden oluşan ETFE yastık kaplamaları günde 6 saat güneş ışığını absorbe ederek, ışık ve ısıya duyarlı mekanizması sayesinde açılıp kapanarak yapının enerji tüketimini azaltmaktadır. Cephe sistemi, bilgisayar yazılımları tarafından otomatik olarak güneş ışınlarına duyarlı sensörler sayesinde kontrol edilmektedir. Yapı bir yıl içinde cephe kaplamasında tercih edilen malzeme ve pnömatik sistem sayesinde %20 enerji tasarrufu sağlamaktadır (Çakır, 2021).



Şekil 27:Medya TIC Binası (Çakır, 2021) Şekil 28:Medya TIC Binası Cephesi (Çakır, 2021)

4.1.6.GSW Headquarters Binası

GSW Headquarters Binası,1999 yılında Almanya'nın Berlin kentinde inşa edilmiştir (Şekil 29). Berlin'de 65 metre yüksekliğe sahip 19 katlı yapılan ilk gökdelen tasarımlarından birisidir. Yapı, çift cidarlı cephe sistemi ile tasarlanmasının yanında bir çok pasif uygulamalar ile de enerji verimliliği sağlaması hedeflenmiştir. Yapının cephe sisteminin sağladığı bir çok avantaj bulunmaktadır. Bina yüksekliğinde çift cidarlı cephesi sayesinde çapraz havalandırma yolu sayesinde sıcak hava yapıdan uzaklaştırılarak doğal havalandırma imkanı sunmaktadır. Bu havalandırma stratejisi sayesinde yapının akustik ve termal konforu artarak ısı konfor için harcanan enerji tüketimi azaltılmaktadır.Cephede yer alan katlanabilir, alüminyum kırmızı, turuncu ve pembe güneş kırıcı elemanlar gölgeleme elemanı olarak kullanılmakta ve aynı zamanda yapının dikkat çekmesini sağlamaktadır (Şekil 30) (Kocağa,2022)

Yapı kabuğunu oluşturan enerji etkin cephe sistemi sayesinde yapı yıl içinde benzer fonksiyonda inşa edilmiş diğer binalarla kıyaslandığı zaman %30-40 oranında daha enerji verimlidir. Sürdürülebilir yaklaşımda tasarlanan çift cidarlı cephe sistemleri sayesinde yapıda ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma sistemleri için tüketilen enerji miktarı azalarak yapının enerji korunumu sağlanmıştır (URL 10).



Şekil 29:GSW Headquarters Binası(URL 10) Şekil 30:GSW Headquarters Binası Cephesi(URL 10)

4.2.Türkiye'den Enerji Etkin Bina Cephe Örnekleri

4.2.1.Greenox Binası

Greenox Binası, 2018 yılında Türkiye'nin İstanbul kentinde 11.500 metrekare alana inşa edilmiştir (Şekil 31). Yeşil bina tasarımına en güzel örneklerden birisi olan bina bir çok ödül alarak enerji etkinliğinde kendini ispatlamıştır. Ekolojik ve sürdürülebilir mimari tasarım anlayışı ile dikey bahçe mimarisini bütünleştiren yapı yeşili cephesine entegre ederek doğayla iç içe yaşam fırsatı sunmaktadır (Şekil 32). Yapının cephesinde 900 adet ağaç ve 25 binden fazla bitki bulunmaktadır. Bu bitkiler sayesinde yılda 2.373 metre küp oksijen üretilerek havanın temizlenmesi ve kalitesini yükseltmesi hedeflenmektedir (URL 11).

Cephede yer alan bitkiler sayesinde yapının ısı ve nem dengesi sağlanarak %40 oranında su ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır. CO2 emisyonunu azaltarak güneş ışığının zararlı etkilerini

filtreleyerek kullanıcıların yaşam konforunu arttırmaktadır. Yapıda kullanılmak için seçilen bitkiler yapının bulunduğu iklim koşullarına uygun olarak seçilmiştir. Kışın yaprak dökerek güneş ışığının önüne engel olmayan, yazın ise geniş yaprakları sayesinde güneş kırıcı elemanlara ihtiyaç duymadan gölgeleme elemanı görevi görecektir bitkiler tercih edilmiştir. Kışın ısınma, yazın serinleme için ihtiyaç duyulan enerji miktarını oldukça azaltmaktadır. Cephede yer alan yağmur suyu depolama sistemleri ile hem cephede yer alan hem de peyzajında yer alan bitkilerin sulama ihtiyaçları giderilmektedir. Gri su depoları sayesinde de yapıda suyun tekrar kullanımına imkan sağlanmaktadır. Çatıda bulunan fotovoltaik paneller sayesinde enerji üretimi gerçekleştirilerek yapının kendi kendine yetebilme olanağı oluşturulmuştur (URL 11).



Şekil 31: Greenox Binası (URL 11)



Şekil 32: Greenox Binası Cephesi (URL 11)

4.2.2.FNN Sürdürülebilirlik Merkezi

FNN Sürdürülebilirlik Merkezi, 2020 yılında Türkiye'nin Adana kentinde 1.871 metrekarelik alana inşa edilmiştir (Şekil 33). Yapının tasarımı için düzenlenen yarışma sonucunda uluslararası enerji etkin yeşil bina tasarım kriterlerine en uygun proje uygulama için seçilmiştir. Yapının içerisinde arşiv, müze, çalışma atölyeleri gibi bir çok fonksiyonda mekanlar yer almaktadır. Yapı barındırdığı sistemler ve cephe özellikleri sayesinde LEED Sertifika Sistemi tarafından değerlendirilerek platinum derece sertifikaya hak kazanmıştır. Enerjinin korunumu, üretimi, sürdürülebilir yaklaşımlar ve ekolojik bilinçle tasarlanan yapı bu özellikleri ile yeşil binalara örnek teşkil etmektedir (URL 12)

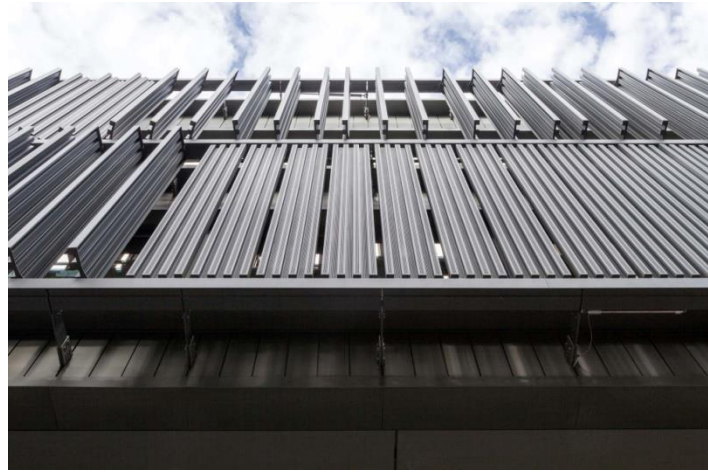
Yapının cephesinde bulunan yarı geçirgen ve hareketli çelik kabuk, gün içerisinde güneşin konumu ve geliş açısına göre alçalma-yükselme ve yaklaşma-uzaklaşma hareketleri ile kontrol edilebilmektedir. Doğrudan güneş ışığının yapı içerisine iletimini engelleyerek gölgeleme elemanı görevi görür. Bu yapı kabuğu sayesinde iklimlendirme kontrolü sağlanır. Çatısında yer alan fotovoltaik paneller sayesinde enerji üretimi gerçekleştirilerek yapının ihtiyacı olan enerjinin %45'i bu sistemle karşılanmaktadır (Şekil 34). Atık suların geri dönüştürülmesi, endemik bitkilerle peyzaj çalışmaları, yapı kabuğunun gün ışığı kontrolü sağlanması gibi özellikleri ile enerji etkin ve sürdürülebilir bina tasarımı elde edilmiştir (URL 12).



Şekil 33:FNN Sürdürülebilirlik Merkezi **Şekil 34:**FNN Sürdürülebilirlik Merkezi Çatısı(URL 12)

4.2.3.Protel Yönetim Binası

Protel Yönetim Binası, 2015 yılında Türkiye'nin İstanbul kentinde tasarlanmış bir yapıdır (Şekil 35). Bodrumda 4 kat, zemin ve zemin üstünde 2 katı bulunan yapının içerisinde ofis çalışma alanları mevcuttur. Yapının cephesini oluşturan cam yüzeyin önünde gölgeleme elemanı olarak kullanılan güneş kırıcılar otomatik olarak tasarlanmış hareketli sistemlerdir (Şekil 36) . Güneşin gün içerisindeki hareketine bağlı olarak konumuna ve geliş açısına göre otomatik olarak hareket edebilen güneş kırıcılar yapının enerji verimliliğini arttırmaktadır. Alüminyum malzemeden üretilen bu delikli paneller sayesinde yapının içerisine güneş miktarı belirli miktarda girebilmektedir. Aynı zamanda yapının cephesini sokaktan filtreleyen ve mahremiyet oluşturan gölgeleme elemanlarıdır. Otomasyonlu, pivot hareketli, ekstrüzyon güneş kırıcılar sayesinde yapının soğutma sisteminde harcanan enerji miktarı azalmaktadır. Binanın ısı ve termal konforunu artırarak kullanıcıya daha yüksek yaşam konforu sağlamaktadır (URL 13).



Şekil 35: Protel Yönetim Binası (URL 13)

Şekil 36: Protel Yönetim Binası (URL 13)

4.2.4.Antalya Akvaryum

Antalya Akvaryum binası, 2012 yılında Türkiye'nin Antalya kentinde 12.000 metrekarelik alana inşa edilmiştir (Şekil 37). Yapı doğadan ilham alınarak dalgasal formda tasarlanmış olan kabuk sistemi ile örtülmektedir. Bu dalgasal cephe sistemi yapının cephesinde hareketlilik oluştururken aynı zamanda yapının fonksiyonuna da vurgu yapmaktadır. Biyomimikrinin formsal olarak uygulandığı eserlerden birisidir (Şekil 38).

Çevresinde yer alan doğal kaynakları etkin şekilde kullanan bu yapı, kullanıcıların konforunu arttırmayı ve sürdürülebilirliği yaşatmayı tercih etmiştir. Yapının yeşil çatı olarak tasarlanmasında bu hedef doğrultusunda gerçekleştirilmiş uygulamalardan birisidir. Yeşil çatının sağladığı termal, hidrodinamik ve koruyucu özellikleri sayesinde yapının enerji etkinliği artırılarak enerji tüketiminin azalması sağlanmıştır. Yaz mevsiminde güneş ışınlarından gelen zararlı etkileri emerek filtreleyen yeşil çatı, kış mevsimlerinde ise ısı yalıtım özelliği göstererek doğal ve pasif iklimlendirme özelliğine sahiptir. Ayrıca kentleşmenin yoğun olduğu bölgelerde sık yaşanan ısı adası etkisini azaltarak yaşam kalitesini yükseltmektedir. İçerisinde yer alan ve binlerce hayvana ev sahipliği yapan akvaryum deniz suyu ile doldurularak canlıların doğal ortamını sağlamaktadır. Bu uygulama sayesinde ekonomik olarak da tasarruf elde edilmektedir (URL 14).



Şekil 37: Antalya Akvaryum (URL 14)



Şekil 38: Antalya Akvaryum Cephesi (URL 14)

4.2.5.Konya Büyükşehir Stadyumu

Konya Büyükşehir Stadyumu, 2014 yılında Türkiye'nin Konya kentinde 42.000 kişilik kapasiteye sahip, 450.000 metrekare alana inşa edilmiştir (Şekil 39). Yapının kabuğunu Konyaspor renkleri olan yeşil ve beyaz renklerde membran kaplamalar oluşturmaktadır (Şekil 40). Led ışıklar ile geceleri aydınlatılan bu cephe kaplaması delikli, şeffaf ve saydam olmak üzere farklı çeşitleri ile cepheye dinamizm kazandırmaktadır. Çelik taşıyıcı yapı malzemesi olan membranın arkasından kendini göstermektedir (URL 15).

Yapının kabuğunu oluşturan 3 farklı çeşitteki kaplama malzemesi membranların delikli olanı hava ve ışık geçişi sağlayarak yapının gün ışığını belli oranlarda almasını ve doğal havalandırılmasını sağlamaktadır. Şeffaf membranın yer aldığı kısımlarda sadece ışık geçişi sağlanmaktadır. Hava geçişi bulunmamaktadır. Solid membranın kullanıldığı cephe bölümlerinde ise hava ve ışık geçişleri sağlanarak yapının dış ortam ile geçirgenliği artırılmaktadır. Çatıda yoğunlukla bu membran sistemi tercih edilmesinin sebebi kullanıcıya şeffaflık hissi oluşturmaktır (URL 15).



Şekil 39: Konya Büyükşehir Stadyumu



Şekil 40: Konya Büyükşehir Stadyumu Cephesi (URL 15)

4.2.6.Levent Ofis Binası

Levent ofis binası, 2010 yılında Türkiye'nin İstanbul kentinde inşa edilmiştir (Şekil 41). Kat yüksekliğinde çift cidarlı cephe sistemi ile tasarlanan bu yapıda havalandırma sistemi döşeme ve tavanda yer alan hava boşlukları sayesinde gerçekleştirilmektedir. Cephede katlar arasında bir geçiş bulunmamaktadır. Çift cidar uygulaması sayesinde elde edilen hava boşluğu bitkilendirilerek güneş ışınlarının zararlı etkisi absorbe edilmektedir. Tampon bölge görevi gören bu iki kabuk arası yeşil alan ile değerlendirilerek gölgeleme elemanı ihtiyacını ortadan kaldırmıştır. Cepheye de dikey bahçe özelliği ekleyerek estetik değer kazandırmıştır. Yapı kabuğunun enerji etkin sistem olan çift cidarlı

cephesi sistemi ile tasarlanması ile yapı yılda %35 oranında daha enerji tasarruflu hale gelmiştir (Uygun, 2012).

Levent ofis binası, LEED Sertifika Sistemi tarafından değerlendirilerek altın sertifika almaya hak kazanmıştır. Yapıda doğa dostu soğutucu gazlara yer verilmesi, yapım aşamasında geri dönüştürülebilir atık malzemelerin kullanımı, yerel malzeme seçimi, havalandırma sisteminde kullanılan verimli filtreleme uygulamaları, iç mekanda sağlanan konfor koşulları gibi bir çok özelliği sayesinde altın dereceli sertifikayı almayı hak etmiştir. Cephede yer alan bitkiler sayesinde ısı adası etkisini azaltmakta ve biyoçeşitliliği sağlamaktadır. Aynı zamanda soğutma için harcanacak enerji miktarını azaltmaktadır. Cephede yer alan kanallar sayesinde doğal havalandırma sağlamaktadır (Şekil 42) (URL 16).



Şekil 41: Levent Ofis Binası (URL 16)

Şekil 42: Levent Ofis Binası Cephesi (Uygun, 2012)

4.3. İncelenen Örneklerin Enerji Etkinliği Açısından Karşılaştırılması

Yurt dışından ve Türkiye'den enerji etkin yapı tasarımı anlayışı ile tasarlanan projeler incelenerek, yapı kabuğunda enerji etkinliğini arttırmaya yönelik hangi yaklaşımların bulunduğu tespit edilmiştir. Bu araştırmaların sonucunda projelerin enerji etkin kabuk sisteminin karşılaştırılması Tablo 1'de verilmiştir. İncelenen örneklerin tamamında yapı kabuğunda enerji korunumunu sağlayan sistemler yer almaktadır. Güneş kırıcılar, çift tabakalı giydirme cepheler, yerel ve geri dönüştürülebilir malzeme kullanımı, yapının güneş ve rüzgar analizleri sonucunda konumlandırılması ve araziye uygun form seçilmesi gibi parametreleri karşılayan yapılar örnek olarak incelenmiştir. Farklı coğrafi bölgelerden yapılar tercih edilmesinin sebebi, enerji etkinliği sağlayan kriterlerin değişik iklim koşullarına uygun olarak yapıya entegre edilmesinin farklılıklarını incelemektir. Güneş ve rüzgardan enerji üretimini sağlayan rüzgar türbinleri ve fotovoltaik panellerin maliyeti yüksek olduğu için üretilen enerjinin maliyeti karşılaması doğrultusunda yapıya entegre edilmelidir. Yapıya entegre fotovoltaik panel sistemler, genellikle cephelerden daha çok çatılara konumlandırılmaktadır. Bunun sebebi bu panelleri güneş ışığının geliş açısına göre konumlandırmanın yapı cephesinde daha zor olması ve çevre yapıların engel oluşturmasıdır. Bazı projelerden aynı anda hareketli, pnömatik, çift cidarlı, fotovoltaik, dikey yeşil ve biyomimetik cephe sistemlerinden iki üç tanesinin birlikte yer aldığı örnekler mevcuttur.

Tablo 1: İncelenen Örneklerin Enerji Etkinliği Açısından Karşılaştırılması

Proje İsmi	Proje Görseli	Proje Yılı	Proje Yeri	Proje Türü	Proje Mimarı	Enerji Etkin Kabuk Sistemi	Enerji Korunumu	Enerji Üretimi
Bosco Vertical		2014	İtalya	Konut	Boeri Studio	Dikey Yeşil Cephe	✓	Çatısında fotovoltaik panel
Kaohsiung Stadyumu		2009	Tayvan	Stadyum	Toyo İto	Fotovoltaik Cephe	✓	Çatısında fotovoltaik panel
Al-Bahr Tower		2012	Dubai	Ofis	Aedas Mimarlık	Kinetik Cephe	✓	Çatısında fotovoltaik panel
CH2 Ofis Binası		2006	Avustralya	Ofis	DesignInc	Biyomimetik Cephe	✓	Çatısında fotovoltaik panel ve rüzgar türbini
Medya TIC Binası		2009	İspanya	Teknoloji Merkezi	Enric Ruiz	Pnömatik Cephe	✓	Çatısında fotovoltaik panel
GSW Headquarters Binası		1999	Almanya	Ofis	Sauerbruch Hutton	Çift Cidarlı Cephe	✓	✗
Greenox Binası		2018	Türkiye	Konut	Salih Çıkman	Dikey Yeşil Cephe	✓	Çatısında fotovoltaik panel
FNN Sürdürülebilirlik Merkezi		2020	Türkiye	Araştırma Merkezi	Acararch	Fotovoltaik Cephe	✓	Çatısında fotovoltaik panel
Protel Yönetim Binası		2015	Türkiye	Ofis	HS Mimarlık	Kinetik Cephe	✓	✗
Antalya Akvaryum		2012	Türkiye	Eğlence Merkezi	Bahadır Kul	Biyomimetik Cephe	✓	✗
Konya Büyükşehir Stadyumu		2014	Türkiye	Stadyum	Bahadır Kul	Pnömatik Cephe	✓	✗
Levent Ofis Binası		2010	Türkiye	Ofis	Juan Pablo Molestina	Çift Cidarlı Cephe	✓	✗

5.SONUÇ

Küresel sorunlarımız olan iklim değişikliği, küresel ısınma, hava ve çevre kirlilikleri, enerji kaynaklarımızın tükenmesi, sera gazları ve CO2 gazlarının salınımı, ekosistem dengesinin bozulması, ozon tabakasının zarar görmesi gibi problemler artan nüfus artışı, hızlı kentleşme, bilinçsiz gelişen bazı sektörler ve bu sorunlara tepkisiz kalan insanlar yüzünden gün geçtikçe artmaktadır. Yapı sektörü, hızlı kentleşme ve yüksek yapılaşmanın çoğalması ile çevre sorunlarını etkileyen bir sektör haline gelmiştir. Kullanılan malzemelerle enerji kaynaklarının tüketimine, yeşilden uzaklaşan beton kentler yüzünden ekosistemin dengesinin bozulmasına, yüksek yapılaşmalar sonucu ısı adası etkisine sebep olmaktadır. Enerji etkin yapı tasarımları, tüm bu sorunların önüne geçilmesinde oldukça önemli bir konumdadır. Yapılan araştırmaların sonucunda farklı cephe türlerine entegre edilen sistemler sayesinde, yapı kabuğunun işlevinin sadece yapının iç ve dış ortamını birbirinden ayıran yapı elemanı görevinde olmadığı, güneş ve rüzgar enerjisinden pasif ve aktif sistemler sayesinde enerji elde ederek yapının enerji verimliliğini arttıran en önemli yapı elemanı olduğu vurgulanmaktadır. Sürdürülebilir, ekolojik, kendi kendine yetebilen, çevre dostu, doğaya uyumlu, akıllı yeşil bina tasarımların arttırılmasıyla tüm canlıların yaşam konforu yükselerek refah seviyesi arttırılabilir. Yeşil binalara yönelik sertifikasyon sistemlerinin geliştirilmesi ile birlikte tasarımcılar ve yüklenici firmalar sürdürülebilir binaların yapımına teşvik edilmeye çalışılmıştır. Dünyada ve Türkiye’de enerji etkin yapı tasarımına yönelik uygulanan projeler incelenmiştir. İncelenen örneklerden bir çoğu bu sertifikasyon sistemlerinin kriterlerini sağlayarak yüksek derecelerde sertifikaları almaya hak kazanmıştır. Bu sayede kendilerinden sonra inşa edilen yapılar için örnek oluşturuyorlar. Türkiye, diğer ülkelerle kıyaslandığı zaman enerji etkin yapı tasarımında son yıllarda gelişim gösteren ülke konumundadır. Sürdürülebilir mimari ülkemizde son dönemlerde popülerlik kazandığı için bu alanda yapı sayımız diğer ülkelere göre daha az. Gelişen teknoloji ve sanayimiz ile yapı kabuğuna entegre edilen sistemleri yerel olarak üretim miktarımızın artması sayesinde bu alanda yapı sektörü de gelişim gösterecektir. Dünyada bu alanda tasarlanan kendi kendine yetebilen, sürdürülebilir bina örnekleri oldukça fazladır. Gelişen teknolojiler ve üretilen malzemeler sayesinde yapı sektörü için harcanan enerji miktarı minimum düzeye indirilebilir ve bu sayede daha ekonomik, ekolojik ve estetik kentler oluşturulabilir.

6.REFERANSLAR

1. Aktaş, G. G. (2010). Alışveriş merkezleri yemek katlarında doğal aydınlatmanın iç mekanda sürdürülebilirlik kavramına katkısı, International Sustainable Buildings Symposium Proceedings (1. Baskı) içinde (603). Gazi Üniversitesi, Ankara.
2. Arslantatar, A. H. (2006). Metal Çerçeveli Giydirme Cephelerin Enerji Etkinliği Açısından İncelenmesi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli.
3. Ayçam, İ. (2011). Enerji Etkin Ofis Binalarında Gelişmiş Cephe Sistemlerinin İncelenmesi, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi – 13/16 Nisan 2011/İzmir.
4. Bayram, N.S. & Orhon, A.V. (2020). Termal Enerji Depolama Sistemleri İçin Faz Değiştiren Malzemelerin Trombesi Duvarlarda Kullanımı Üzerine Bir İnceleme, Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi, c.8, s.3, 529 - 551 , Konya.
5. Bekar, D. (2007). Ekolojik Mimarlıkta Aktif Enerji Sistemlerinin İncelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
6. Bozdoğan, B. (2003). Mimari Tasarım ve Ekoloji, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
7. Civan, U. (2006). Akıllı Binaların Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü , Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
8. Çakır, Z.K. (2021). Kinetik Mimarlık Kapsamında Dinamik Cephe Sistemlerinin İncelenmesi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Mimarlık Programı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
9. Fedakar, A. & Yamaçlı, R. (2022). Sürdürülebilir Mimari Kapsamında Enerji Etkin Cephe Tasarımı: Biyomimetik Cepheler, Araştırma Makalesi E-Issn 2791 - 6820 Modular 2022; 5(1): 38-67.
10. Gündoğdu, E. Arslan, H.D. (2020). Energy-Efficient Facade And Biomimicry İn Architecture, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım Ve Teknoloji, Gu J Sci, Part C, 8(4): 922-935
11. İmik, E. (2017). Enerji Etkin Binaların Tasarımı, T.C. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Malatya.
12. Kamal, M.A. (2020). Technological Interventions in Building Facade System: Energy Efficiency and Environmental Sustainability, Architecture Research 2020, 10(2): 45-53.
13. Karamanhoğlu, Ş. (2011). Enerji Etkin Bina Cephe Sistemlerine Yönelik Yaklaşımların İrdelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Ana Bilim Dalı, İzmir.
14. Kocağa, M. (2022). Çevresel Performans Odaklı Adaptif Cephe Sistemlerinin İncelenmesi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Mimarlık Programı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
15. Korniyenko, S. V. (2021). Progressive Trend in Adaptive Façade System Technology. A Review, AlfaBuild; 19 Article No 1902. doi: 10.57728/ALF.19.2
16. Köksal, T. (2000). Enerji korunumlu cephelerde saydamlılık ve saydam yalıtım uygulaması. Arredamento Mimarlık, Mayıs, 150.
17. Kutluay, P.; İnan, T.; Ersoy, U.; Başaran, T. (2015). Türkiye’den Ve Dünyadan Örnekler Işığında Çift Cidarlı Cephelerin Gelişimi, 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi – 8-11 Nisan 2015/İzmir.
18. Lakot, E. (2007). Ekolojik Ve Sürdürülebilir Mimarlık Bağlamında Enerji Etkin Çift Kabuklu Bina Cephe Tasarımlarının Günümüz Mimarisindeki Yeri Ve Performansı Üzerine Analiz

Çalışması, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

19. Şenyurt, S.U. & Altın, M. (2014). Enerji Etkin Tasarımın Çatı Ve Cephelere Yansıması, 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3 - 4 Nisan 2014 Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş – İstanbul
20. Uslusoy, S. (2012). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanan Enerji Etkin Binaların Yapı Bileşeni Açısından İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
21. Yaman, M. (2021). Different Façade Types and Building Integration in Energy Efficient Building Design Strategies, Published by Penerbit UTM Press, Universiti Teknologi Malaysia IJBES 8(2)/2021, 49-61
22. Yılmaz, Z. (2006). Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 91, S: 7-15

(URL1):<https://www.ozaluminum.com.tr/ic-ve-dis-cephe-kaplama-sistemleri/gunes-kirici-sistemler/sistem-gorselleri/> (Erişim:Nisan 2023)

(URL 2): <https://www.cepheyedair.com/cift-cidarli-cephe/>(Erişim:Mayıs 2023)

(URL 3): <https://www.yapibiyolojisi.org/dogal-yapi-malzemeleri-sertifika/>(Erişim:Nisan 2023)

(URL4):<https://www.greensolarnetwork.org/bilgi-bankasi/fotovoltaik-pv-gunes-enerji-sistemi-nedir-sistem-bilesenleri-nelerdir/>(Erişim:Nisan 2023)

(URL 5):<https://localliving.dk/intern.redweb.dk/g%C3%BCne%C5%9F-enerjisi-s%C4%B1cak-suk.html>(Erişim:Mayıs 2023)

(URL6):<https://yapidergisi.com/ruzgar-enerjisinin-yuksek-binalara-mimari-entegrasyon-stratejilerinin-tipolojik-siniflandirmasi-icin-bir-oneri/>(Erişim:Mayıs 2023)

(URL7):<https://dressyourwall.net/bu-havali-cephe-teknolojisiyle-birakin-binaniz-nefes-alsin/>(Erişim:Nisan 2023)

(URL 8): <https://www.stefanoboeriarchitetti.net/project/bosco-verticale/> (Erişim:Mayıs 2023)

(URL 9): <https://architectuul.com/architecture/kaohsiung-stadium>(Erişim:Mayıs 2023)

(URL 10): <https://www.arup.com/projects/gsw-headquarters>(Erişim:Haziran 2023)

(URL 11): <https://www.arkitera.com/proje/greenox-urban-residence/>(Erişim:Haziran 2023)

(URL 12): <https://www.arkiv.com.tr/proje/fnn-sustainability-center/11646>(Erişim:Haziran 2023)

(URL 13): <https://www.arkiv.com.tr/proje/protel-binasi/4734>(Erişim:Haziran 2023)

(URL 14): <https://www.arkiv.com.tr/proje/antalya-akvaryum/3085>(Erişim:Haziran 2023)

(URL 15): <https://www.ekoyapidergisi.org/mini-portfoy-bahadir-kul>(Erişim:Mayıs 2023)

(URL 16): <https://www.arkitera.com/haber/leventin-yesil-ofisine-altin-odul/>(Erişim:Haziran 2023)