



**FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK PROGRAMI**

**ÇEVRESEL PERFORMANS ODAKLI ADAPTİF
CEPHE SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MELİKE KOCAAĞA

İSTANBUL, 2022



FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK PROGRAMI

ÇEVRESEL PERFORMANS ODAKLI ADAPTİF
CEPHE SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MELİKE KOCAAĞA
(200201004)

Danışman
(Dr. Öğr. Üyesi Uğur Özcan)

İSTANBUL, 2022

01/07/2022

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Mimarlık Anabilim Dalı Mimarlık Tezli Yüksek Lisans programı 200201004 numaralı Melike KOCAAĞA'nın hazırladığı “Çevresel Performans Odaklı Adaptif Cephe Sistemlerinin İncelenmesi” konulu Yüksek Lisans tezi ile ilgili Tez Savunma Sınavı, 01/07/2022 Cuma günü saat 16:00’da yapılmış, sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **Kabulüne Oy Birliği** ile karar verilmiştir.

Düzeltilme verilmesi halinde:

Adı geçen öğrencinin Tez Savunma Sınavı .../.../20... tarihinde, saat ...:... da yapılacaktır.

Tez adı değişikliği yapılması halinde: Tez adının
.....
..... şeklinde değiştirilmesi uygundur.

Jüri Üyesi	Karar
1. Dr. Öğr. Üyesi Uğur ÖZCAN (Danışman)	Kabul
2. Doç. Dr. Yaprak ÖZEL	Kabul
3. Dr. Öğr. Üyesi Emine Merve OKUMUŞ	Kabul

**2. Danışman varsa doldurulması gerekmektedir.*

ETİK BİLDİRİM

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bağlı olduğum üniversite veya bir başka üniversitedeki başka bir çalışma olarak sunulmadığını beyan ederim.

Melike Kocağa

ÇEVRESEL PERFORMANS ODAKLI ADAPTİF CEPHE SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Melike Kocağa

ÖZET

Yapı strüktürlerinin dış dünya ile temas ettikleri ilk faktör cephelerdir ve dolayısıyla karmaşık tasarım öğelerini içerir. En çok görsel çekicilikleri ile değerlidirler fakat bununla birlikte binanın performansını da belirlerler. Farklı özellikte birçok yapı bileşeninin bir araya gelmesi ile oluşan cephe sistemlerinin, kullanıcıların iç ve dış ortamdaki konfor koşullarını sağlayıp, deprem, yangın, rüzgar gibi dış etkilere karşı dayanıklı olması gerekmektedir. İstenilen işlevsellik ve iyi bir görsel konfora sahip olmasının yanında yapının maliyetinin de düşük olması beklenir. Bu araştırma, binalarda kullanılan sistem ve yapı bileşenlerinin doğru seçilerek nitelikli ve başarılı uyarlanabilir cepheler oluşturulması için performans kriterlerinin belirlenip; adaptif cephelerin insan ve doğa arasında mekanik bir bariyerden ziyade, yapı kabuğunun organik, nefes alabilen deriler olarak yeniden yorumlanmasına yardımcı olmayı hedeflemektedir.

Yüksek performanslı yapı yalnızca enerji etkin ve sürdürülebilir bir yapı olmamalı, kullanıcıların konfor koşullarını görsel, işitsel, tinsel, sosyolojik ve psikolojik olarak ele almalıdır. Bu sebeple iç mekan konfor koşullarının enerji etkin olma durumu ve sürdürülebilir cephe yapım pratiği ile yüksek performanslı adaptif cephe tasarımı yapılırken değişken dış ortam koşulları iyi analiz edilmelidir.

Anahtar kelimeler; Adaptif cephe, sürdürülebilirlik, enerji etkin, çevresel performans.

THE INVESTIGATION OF ADAPTIVE FACADE SYSTEMS BASED ON ENVIRONMENTAL PERFORMANCE

Melike Kocağa

ABSTRACT

Facades are the first factor that building structures come into contact with the outside world, and therefore contain complex design elements. They are most valued for their visual appeal, but they also determine the performance of the building. Facade systems, which are formed by the combination of many building components with different properties, must provide the comfort conditions of the users in the interior and exterior environment and be resistant to external effects such as earthquake, fire and wind. In addition to the desired functionality and good visual comfort, the cost of the building is expected to be low. This research aims to determine the performance criteria for creating qualified and successful adaptable facades by choosing the system and building components used in the buildings correctly; It aims to help adaptive facades to be reinterpreted as organic, breathable skins of the building envelope rather than a mechanical barrier between man and nature.

A high-performance building should not only be an energy efficient and sustainable building, it should also address the comfort conditions of the users visually, auditory, spiritually, sociologically and psychologically. For this reason, when designing high-performance adaptive façades with the energy efficiency of indoor comfort conditions and sustainable facade construction practice, variable outdoor conditions should be well analyzed.

Keywords; Adaptive facade, sustainability, energy efficient, environmental performance.

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında bana yardımcı olan ve desteklerini esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr.Üyesi Uğur Özcan'a;

Tez sürecimde maddi manevi yanımda olan, bana hayatı kolaylaştıran biricik aileme; babama, anneme, ablama ve kardeşime;

Çalışmalarım boyunca bana varlıklarıyla destek olan, büyük bir motivasyonla devam etmeme yardımcı olan başta sevgili Elif Mert olmak üzere tüm sevdiklerime teşekkürü borç bilirim.

Haziran 2022

Melike Kocağa

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖZSÖZ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xviii
KISALTMALAR	xix
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. CEPHE.....	3
1.1.CEPHE VE İŞLEVİ.....	3
1.2. CEPHE SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI.....	4
1.2.1. Malzemelerine Göre Cepheler.....	5
1.2.2. Taşıma Özelliklerine Göre Cepheler.....	6
1.2.3. Giydirme Özelliklerine Göre Cepheler.....	6
1.2.4. Kinetik Özelliklerine Göre Cepheler.....	8
1.3.CEPHE TASARIMINDA ETKİLİ FAKTÖRLER.....	9

İKİNCİ BÖLÜM

2. ADAPTİF MİMARLIK.....	10
2.1. ADAPTİF MİMARLIĞIN TANIMI.....	10
2.2. ADAPTİF TASARIM SİSTEMLERİ VE DOĞAL SİSTEMLER.....	10
2.2.1. Biyomimikri.....	11
2.2.2. Biyomimikri Destekli Cephe Uygulamaları.....	13
2.3. ADAPTİF MİMARININ AVANTAJLARI.....	14
2.4. ADAPTİF CEPHE SİSTEMLERİ	15
2.4.1. Adaptif Cephe Sistemleri ve Çalışma Prensipleri.....	15

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. CEPHE SİSTEMLERİNİN PERFORMANSINI ETKİLEYEN DEĞİŞKENLER	
--	--

3.1. CEPHE SİSTEMLERİNDE IŞIK DEĞİŞKENİ ETKİSİ.....	22
3.1.2. Cephe Sistemlerinde Işık-Malzeme Etkisi	26
3.2. CEPHE SİSTEMLERİNDE ISI DEĞİŞKENİ ETKİSİ.....	31
3.2.1. Cephe Sistemlerinde Isı İletimi ve Isıl Genleşme	34
3.3. CEPHE SİSTEMLERİNDE RÜZGÂR DEĞİŞKENİ ETKİSİ.....	47
3.4. CEPHE SİSTEMLERİNDE SU VE NEM ETKİSİ.....	60
3.5. CEPHE SİSTEMLERİNDE SES DEĞİŞKENİ ETKİSİ.....	64
3.5.2. Cephe Sistemlerinde Gürültü-Malzeme Etkisi.....	67
3.6. CEPHE SİSTEMLERİNDE KİRLİLİK DEĞİŞKENİ ETKİSİ.....	69

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. ADAPTİF CEPHE SİSTEMLERİNİN ÇEVRESEL PERFORMANSLARINA

GÖRE İNCELENMESİ.....	75
4.1. PERFORMATİF CEPHE MİMARLIĞININ TANIMI.....	75
4.2. PERFORMATİF CEPHE TASARIM STRATEJİLERİ	76
4.3. PERFORMATİF CEPHE MİMARLIĞINDA ÇEVREYE BAĞLI KONFOR PROBLEMLERİ.....	81
4.3.1. Isıl Konfor.....	81
4.3.2. İç Hava Kalitesi.....	86
4.3.3. Görsel Konfor.....	89
4.3.4. İşitsel Konfor.....	91

5. ADAPTİF CEPHE UYGULAMA ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ.....

5.1. AL-BAHR KULELERİ.....	94
5.2. ORTA DOĞU MEDYA KULELERİ PROJESİ.....	96
5.3. ARAP DÜNYA ENSTİTÜSÜ.....	98
5.4. INDEWAG PAVİLYONU.....	101
5.5. SELFIE CEPHE UYGULAMASI.....	102
5.6. ARTICULATED CLOUD, PİTTSBURG ÇOCUK MÜZESİ.....	105
5.7. GREEN PİX – SIFIR ENERJİ MEDYA DUVARI.....	106
5.8. KİEFER TECHNİC SHOWROOM.....	109

5.9. BİNA ENTEGRE FOTOVOLTAİK CEPHE (BIPV) UYGULAMASI....	110
5.10. KFW GENEL MERKEZ BİNASI	112
5.11. GSW HEADQUARTERS BİNASI.....	113
5.12. BİYOREAKTÖR EVİ.....	115
5.13. BİO-SKİN CEPHE.....	115
5.14. MEDİA-TİC BİNASI.....	116
5.15. SOLPIX CEPHESİ.....	117
5.16. HELİO TRACE MİMARLIK MERKEZİ BİNASI.....	117
SONUÇ.....	119
KAYNAKÇA.....	122

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Bir Cepheden Karşılması Beklenen Özellikler.....	4
Şekil 1.2.1. : Cephede Malzeme Kullanımına Örnekler	6
Şekil 1.2.2. Taşıyıcı Sistemli Cephe Örneği.....	7
Şekil 1.2.3. Giydirme Cephe Örneği.....	8
Şekil 1.2.4. Montreal Olimpiyat Stadyumu.....	9
Şekil 1.2.5. Montreal Olimpiyat Stadyumu'nun İlk Çatısı İç Mekândan Görünümü...9	
Şekil 1.3. Cephe Tasarımına Etki Eden Faktörler	10
Şekil 2.2.1. Yapılar ve doğadaki benzerleri.....	12
Şekil 2.2.2. Biyomimikrinin Tarihsel Süreçte Mimarlıkta Kullanımı.....	14
Şekil 2.2.2.1. Nilüfer Çiçeği Yapısı ve Crystal Palace.....	15
Şekil 2.2.3. (a) Eyfel kulesi (URL-4, 2022) (b) Uyluk kemiği.....	16
Şekil 2.2.4. East Gate Binası ve Termit Kuleleri.....	16
Şekil 2.4.1. Tepkimeli-Adaptif-İnteraktif İlişkisi.....	19
Şekil 2.4.2. The Aegis Hyposurface, Katılımcı ile Diyalog.....	20
Şekil 2.4.3. The Aegis Hyposurface, Katılımcı ile Diyalog.....	21
Şekil 2.4.4. Mega Faces Cephe Detayları.....	21
Şekil 2.4.5. Mega Faces Cephe Görünüşü.....	22

Şekil 3.1. Bina-Cephe-İç Mekân Arasındaki İlişki.....	23
Şekil 3.2. İç Mekan Konforu, Mekansal Düzenlemeler ve Cephe Performansı Arasındaki Karşılıklı Bağımlı İlişki.....	24
Şekil 3.1.2. Lane 189, UNStudio, Shanghai.....	27
Şekil.3.1.3. Lane 189, UNStudio, Shanghai.....	27
Şekil 3.1.4. Lane 189, UNStudio, Shanghai.....	28
Şekil 3.1.5. Paris'teki Arap Dünyası Enstitüsü'nün Uyarlanabilir Gölgeleme Sistemi.....	29
Şekil 3.1.2.1. Polonya'daki Gdańsk Teknoloji Üniversitesi'ndeki Bir Konferans Salonunun Çatısı.....	
Şekil 3.1.2.2. Singapur Teknoloji ve Tasarım Üniversitesi, Unstudio.....	32
Şekil 3.1.2.3. Cephede Cam Korkuluk Etkisi.....	33
Şekil 3.1.2.4. Cephede Korkuluk Etkisi.....	33
Şekil 3.1.2.5. Cephede Bitki Ögesi Etkisi.....	33
Şekil 3.1.2.6. Cephede Korkuluk Etkisi.....	33
Şekil 3.2.1. Güneş Kontrol Prensipleri.....	34
Şekil 3.2.2. Fotovoltaik Sistemlerin Yapı Entegrasyonları.....	35
Şekil 3.2.3. RMIT Tasarım Merkezi, Melbourne.....	36
Şekil 3.2.4. Q1 Binası: ThyssenKrupp Quarter, Almanya.....	37
Şekil 3.2.1.1. DO SU Studio Architecture Tarafından Tasarlanan Bloom Heykeli.....	39
Şekil 3.2.1.2. Homeo Statik Cephe Sistemi Örneği, New York.....	39
Şekil 3.2.1.3. Rubitherm 'in Zeminde Faz Değiştiren Malzeme Uygulaması.....	41

Şekil 3.2.1.4. Faz Değiştiren Malzemelerin Oda Sıcaklığına Etkisi.....	42
Şekil 3.2.1.5. Akıllı Cephelerde Kullanılan Cam Çeşitleri.....	42
Şekil 3.2.1.6. Low-E Cam Kullanımının Cephe Üzerinde Yıllık Performans Değerleri	43
Şekil 3.2.1.7. Kiyoyuki Kikutake'nin "Dünya" Heykeli.....	44
Şekil 3.2.1.8. Adaptif Fritleme Cephe Örneği, Harvard Graduate School of Design, Hoberman.....	46
Şekil 3.2.1.9. Adaptif Fritleme Cephe Örneği, Harvard Graduate School of Design, Hoberman.....	46
Şekil 3.2.1.10. Trombe Duvarı Çalışma Prensibi.....	47
Şekil 3.2.1.11. SymBIO ₂ Projesi Cephe Görünüşü.....	48
Şekil 3.2.1.12. Media-TIC Binası, Barcelona.....	49
Şekil 3.2.1.13. Media-TIC Binası, Barcelona.....	50
Şekil 3.2.1.14. Glass Panel Shutter Cephe Yüzeyi Uygulaması.....	51
Şekil 3.2.1.15. Glass Panel Shutter Sıcaklık ile Cephe Yüzeyindeki Değişim.....	52
Şekil 3.2.1.16. The Broader Joint, Yuliya Sinke.....	52
Şekil 3.3.1. Rüzgâr-Yapı Etkileşimi.....	53
Şekil 3.3.2. Rüzgâr Hareketinin Davranış Şekilleri.....	54
Şekil 3.3.3. Yapının Konumu- Hava Sirkülasyonu ve Basınç İlişkisi.....	55
Şekil 3.3.4. BRE Ofis Binası, Feilden Clegg Architects, İngiltere.....	55
Şekil 3.3.5. BRE Ofis Binası Havalandırma Şeması.....	56
Şekil 3.3.6. Havalandırma Açıklığı Çeşitleri a) Pencere Havalandırması b) Çift Kabuk Cephenin İçinden Havalandırma c) Havalandırma Kapakları.....	56

Şekil 3.3.7. Havalandırma Açıklığı Çeşitleri d) İnfiltrasyon e) Kontrollü Havalandırma Elemanları f) Ses Yalıtımlı Havalandırma Elemanları.....	57
Şekil 3.3.8. Çift Cidarlı Cephelerde Havalandırma Opsiyonları.....	58
Şekil 3.3.9. Çift Cidarlı Cephelerin Ara Boşluğunda Basıncın Hava Akımı ile Dengelenmesi.....	59
Şekil 3.3.10. Rüzgâr Tepkimeli Cephe Tasarımı, Ned Kahn.....	59
Şekil 3.3.11. The Air Flower, Lift Architects.....	61
Şekil 3.3.12. The Air Flower, Lift Architects.....	61
Şekil 3.3.13. OLED Katmanları.....	62
Şekil 3.3.14. Aliasing OLED Türbin Çalışma Prensibi.....	63
Şekil 3.3.15. Aliasing OLED Türbin Çalışma Prensibi.....	63
Şekil 3.3.16. Aliasing OLED Türbin Çalışma Prensibi.....	63
Şekil 3.3.17. Living Glass, S. Yang ve D. Benjamin.....	57
Şekil 3.3.18. Hafif Duyarlı Cephe Prototipinin Çalışma Biçimi.....	64
Şekil 3.3.19. Çift Cidarlı Sistem Uygulama Şeması.....	64
Şekil 3.3.20. Kapalı Boşluklu Cephe Uygulama Şeması.....	65
Şekil 3.3.21. K11 Musea, Kowloon, Hong Kong.....	66
Şekil 3.4.1. Warka Kulesi.....	69
Şekil 3.4.2. Warka Kulesi Şematik Gösterim.....	70
Şekil 3.4.3. Yağmur Perdesi Çalışma Prensibi.....	71
Şekil 3.5.1. Gürültü Bariyeri Uygulaması.....	73
Şekil 3.5.2. Gürültü Bariyeri Uygulaması.....	74
Şekil 3.5.3. Cambridge Kütüphanesi Çift Cidarlı Cephe Örneği.....	74

Şekil 3.5.4. Rue des Suisses Apartmanları, Herzog de Meuron, Paris.....	75
Şekil 3.5.5. Ses Geçirmez Cam Kullanımı.....	76
Şekil 3.5.6. Dune Projesi.....	76
Şekil 3.5.7. Sonomorph, NatasaZednik.....	77
Şekil 3.6.1. Lotus Etkisi ile Kendini Temizleyen Yüzey Mekanizması.....	79
Şekil 3.6.2. Brezilya Stadyumu Fotokatalitik Membran Uygulaması.....	79
Şekil 3.6.3. Monte Verde Kulesi Fotokatalitik Cephe Panel Uygulaması.....	80
Şekil 3.6.4. Kendi Kendini Temizleyen Camların Çalışma Mekanizması.....	80
Şekil 3.6.5. Kirlilik Yiyici Beton Uygulaması Adams-Sangamon Park Projesi, Chicago.....	81
Şekil 3.6.6. Fotokatalitik Özellikte Cephe Örneği, Manuel Gea Gonzalez Hastanesi, Mexico City.....	82
Şekil 3.6.7. Cephede Kirlilik Önleyici Tekstil Malzemesi Kullanımı.....	82
Şekil 4.1.1. Cepheye En Çok Etki Eden Dış Faktörlerin Dağılımı.....	84
Şekil 4.2.1. Direkt, Doğrudan ve Dolaylı Kontrol Sistemlerinin Çalışma Mekanizması.....	86
Şekil 4.2.2. Mimari Elemanların Kinetik Hareket ile Deforme Olma Şekilleri.....	87
Şekil 4.2.3. Bir Cephe Performansı Araştırması Üzerine Bambu Kaplama Malzemesi ile Oluşturulmuş Prototip.....	87
Şekil 4.2.4. Bambu Kaplama ile Oluşturulmuş Cephe Malzemesi Deney Görselleri.....	88
Şekil 4.2.5. Bambu Kaplama ile Oluşturulmuş Cephe Malzemesi Deney Görselleri.....	89
Şekil 4.3.1.1. Dikey Açıklık Miktarına Bağlı Ç Cephede Sıcaklık Dağılımı Deney Sonuçları.....	91

Şekil 4.3.1.2. V on Shenton Binası Çift Katmanlı Cephe Sistemi, Singapur, UN Studio.....	91
Şekil 4.3.1.3. Bina Entegre Fotovoltaik Panel Uygulaması.....	92
Şekil 4.3.1.4. Bio-Reaktör Cephe Sistem Şeması.....	93
Şekil 4.3.1.5. Isıya Duyarlı Camın Isıtılmadan Önce ve Sonra Normal ve Termografik Görünümleri.....	94
Şekil 4.3.1.6. Smartscreen Sisteminde R-Faz ŞHA, Sıcaklık Değişiminin Etkisi ve Sınırlayıcılar.....	95
Şekil 4.3.1.7. Smartscreen Sisteminde R-Faz ŞHA, Sıcaklık Değişiminin Etkisi ve Sınırlayıcılar.....	95
Şekil 4.3.2.1. Cephede Sera Uygulaması ve HVAC Sistemi Arasındaki İlişki.....	98
Şekil 4.3.3.1. Yapı Derinliğine Göre Işık Alma Durumu.....	100
Şekil 4.3.4.1. Bina Etrafına Yerleştirilen Ses Sensörleri ile 24 Saat Yapılan Çevre Ses Kaydının Grafik Anlatımı, Hotel WZ Jardins, Brazil, 2015.....	102
Şekil 4.3.4.2. Metal Panel Renkleri ve Ses Seviyesi Temsilleri.....	103
Şekil 4.3.4.3. Metal Panel Renkleri ve Ses Seviyelerine Göre Aydınlatma Düzeni.....	103
Şekil 5.1.1. Al Bahar Kuleleri, Aedas Mimarlık.....	105
Şekil 5.1.2. Al Bahar Kuleleri, Aedas Mimarlık.....	105
Şekil 5.1.3. Al Bahar Kuleleri, Aedas Mimarlık.....	105
Şekil 5.1.4. Al Bahar Kuleleri, Aedas Mimarlık.....	106
Şekil 5.2.1. Orta Doğu Medya Kuleleri.....	107
Şekil 5.2.2. Orta Doğu Medya Kuleleri.....	107
Şekil 5.2.3. Orta Doğu Medya Kuleleri.....	108

Şekil 5.2.4. Orta Doğu Medya Kuleleri.....	108
Şekil 5.3.1. Arap Dünya Enstitüsü, Jean Nouvel, Paris.....	109
Şekil 5.3.2. Arap Dünya Enstitüsü, Jean Nouvel, Paris.....	109
Şekil 5.3.3. Arap Dünya Enstitüsü, Jean Nouvel, Paris.....	110
Şekil 5.3.4. Arap Dünya Enstitüsü Cephe Mekaniği Detayı, Jean Nouvel.....	110
Şekil 5.4.1. InDeWag Pavilyonu Cephe Uygulama Detayları.....	111
Şekil 5.4.2. InDeWag Pavilyonu Cephe Uygulaması Dış Görünüşü.....	111
Şekil 5.5.1. Selfie Cephe Uygulaması Dış Görünüşü.....	113
Şekil 5.5.2. Prototip 1 Detayı.....	113
Şekil 5.5.3. Prototip 2 Detayı.....	114
Şekil 5.5.4 Prototip 3 Detayı.....	114
Şekil 5.5.5. Prototip 2 Havalandırma Deneyi.....	114
Şekil 5.5.6. Prototip 3 Havalandırma Deneyi.....	116
Şekil 5.6.1. Pittsburg Çocuk Müzesi Cephe Görünüşü.....	116
Şekil 5.6.2. Pittsburg Çocuk Müzesi Cephe Malzeme Detay Görünüşü.....	117
Şekil 5.7.1. Green Pix Cephe Görünüşü.....	118
Şekil 5.7.2. Green Pix Cephe Detay Görünüşü.....	118
Şekil 5.7.3. Green Pix Cephe Detay Görünüşü.....	119
Şekil 5.8.1. Kiefer Teknik Showroom Cephe Görüntüsü.....	120
Şekil 5.8.2. Kiefer Teknik Showroom Cephe Görüntüsü.....	120
Şekil 5.9.1. Bina Entegre Fotovoltaik Panel Uygulaması.....	121
Şekil 5.9.2. Bina Entegre Fotovoltaik Panel Uygulaması Mevsimsel Çalışma Prensibi.....	121

Şekil 5.10.1. KFW Genel Merkez Binası Cephe Görüntüsü.....	122
Şekil 5.11.1. GSW Headquarters Binası Cephe Görünüşü.....	123
Şekil 5.11.2. GSW Headquarters Pasif Havalandırma Sistemi.....	123
Şekil 5.12.1. Biyoreaktör Evi Cephe Görünüşü.....	124
Şekil 5.12.2. Biyoreaktör Evi Cephe Paneli Detayı.....	125
Şekil 5.12.3. Biyoreaktör Evi Çalışma Mekanizması.....	125
Şekil 5.13.1. Bioskin Cephe Uygulaması.....	126
Şekil 5.13.2. BioSkin Çalışma Mekanizması Şeması.....	126
Şekil 5.14.1. Media-TIC Cephe Görünüşü.....	127
Şekil 5.14.2. Media-TIC Cephe Malzemesi, ETFE Katmanları.....	128
Şekil 5.14.3. Media-TIC Cephe Sistemi Diyagramları.....	128
Şekil 5.15.1. SolPix Cephe Detay Görüntüleri.....	128
Şekil 5.16.1. Helio Trace Mimarlık Merkezi Cephe Sistemi Görünüşü.....	130
Şekil 5.16.2. Helio Trace Mimarlık Merkezi Cephe Sistemi Hareket Şekilleri.....	130

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1.1. Gün Işığı Kullanımını Etkileyen Biyobölgesel Faktörler.....	26
Çizelge 5.1. Adaptif Cephe Örnekleri Karşılaştırma Tablosu.....	131



KISALTMALAR

AIA	American Institute of Architects (Amerika Uluslararası Mimarlar Birliği)
ANSI	American National Standards Institute (Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü)
ASHRAE	The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (Amerikan Isıtma, Soğutma ve Klima Mühendisleri Derneği)
CCF	Closed Cavity Facade (Kapalı Boşluklu Cephe)
CTE	Isıl Genleşme Katsayısı
CO ₂	Karbon Dioksit
CTBUH	Council on Tall Buildings and Urban Habitat (Yüksek Binalar ve Kentsel Yaşam Alanı Konseyi)
ETFE	Ethylen Tetra Fluoro Ethylen
EN	European Norm (Avrupa Standartları)
FDM	Faz Değiştiren Malzeme
FFG	Akışkan Akışlı Cam
HVAC	Heating Ventilating and Air Conditioning (Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Sistemi)
H ₂ O	Hidrojen Dioksit
Hz	Hertz
ICT	Information and Communication Technologies (Bilgi ve İletişim Teknolojileri)
ISO	Titanyum Dioksit
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü)

IES Topluluğu)	Illuminating Engineering Society (Aydınlatma Endüstrisi
KT	Kendini Temizleyen
LED	Light Emitting Diode
Leq	Eşdeğer Gürültü Seviyesi
LUX	Aydınlatma Şiddeti Birimi
M	Metre
NZEB	Net Zero Energy Building
O ₂	Oksijen
OLED	Organic Light Emitting Diode
PV	PhotoVoltaik (Foto Voltaik)
PVB	Polivinil Butiral
PEB	Positive Energy Building
S	Saniye
SELFIE	Smart and Efficient Layers for Innovative Envelope
SPL	Ses Basıncı Seviyesi
ŞHA	Şekil Hafızalı Alaşım
TBM	Termo Bi Metal
TiO ₂	Titanyum Dioksit
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
Vb	Ve benzeri
VIG	Vertical Integrated Greenhouse (Dikey Entegre Yeşil Bina)
Yy	Yüz yıl

GİRİŞ

Toplumlar binlerce yıldır barınma ve korunma ihtiyaçlarını karşılayabilme içgüdüleri ile mekanlar yaratarak yaşamışlardır. Cephe, dış mekân ve iç mekân arasındaki kesitindeki yağmur, rüzgâr, güneş ışığı gibi çevresel etkenleri iç mekândan uzaklaştıran koruyucu kabuktur (Aydoğan, 2018).

Yapıyı içeriden dışarıya olduğu gibi dışarıdan içeriye doğru tasarlamak, yapının mimarlığını oluşturan gerekli gerilimlerin ortaya çıkmasını sağlamak demektir. İçerisi dışarıdan farklı olduğu için, duvar -yani farklılaşmanın başladığı yer- mimari bir olguya dönüşür. Bu iç güçler ve çevre güçleri, hem genel hem özel, hem belirlenimsel hem de rastlantısaldır. Dışarıyla içeriyi birbirinden ayıran duvar olarak mimarlık hem bu çözümün mekansal anlatımına, hemde bu çatışmanın sahnelenmesine dönüşür. İçerisiyle dışarı arasındaki farkın ortaya konmasıyla mimarlık, bir kez daha kapılarını kentbilimsel bir bakış açısına açar. (Venturi, 1991).

20.yy.'a kadar yapıların taşıyıcı sistemine dahil edilerek planlanan yapı kabukları, Endüstri Devrimi sonrasında cam malzemenin yapı malzemesi olarak kullanımının yaygınlaşması ile daha hafif ve şeffaf yapılar yapılmaya başlanmıştır. Böylece yapının dış etkenlere doğrudan maruz kaldığı, ve çevresel koşulların sınır değerlerde olduğu görüldüğünde daha etkin, performatif yapı teknikleri geliştirilmeye başlanmıştır. Kentin parçası olan bu yapıların görünen yüzeyi cepheler yalnızca binaya değil çevredeki tüm insanları etkilemektedir.

AMAÇ

Yapı teknolojileri ve malzeme üretimindeki gelişmeler, mimarlığın mekanik, elektronik gibi diğer disiplinlerle olan etkileşimini arttırmıştır. Yapıların çevre ile etkileşiminde birincil unsur olan ve yapının zarfı, derisi olarak kabul edilen cephenin denetlenmesinde önemli ölçüde rol oynamaya başlamıştır. Bu çalışmanın amacı, adaptif mimarlık kavramının tanımlanması, çevresel uyaranların cephe ve iç mekân

konforu üzerindeki etkileri ve bu sistemlerin yapılarda fiziksel koşullara uyum sağlama etkisi üzerinde durulmuştur,

KAPSAM

Tez alışması kapsamında yapıların dış ve i özelliklerinin çevresel parametrelere göre değişkenlik durumları, yapılan iç-dış-entegrasyon vb. müdahaleler ve sonuçları, bu sonuçların karşılaştırılması şeklinde bir inceleme yapılacaktır. Bu araştırma, binalarda kullanılan sistem ve yapı bileşenlerinin doğru seçilerek nitelikli ve başarılı uyarlanabilir cepheler oluşturulması için performans kriterlerinin belirlenip; adaptif cephelerin insan ve doğa arasında mekanik bir bariyerden ziyade, yapı kabuğunun organik, nefes alabilen deriler olarak yeniden yorumlanmasına yardımcı olmayı hedeflemektedir.

YÖNTEM

Amaç ve kapsamı belirlenen çalışma, literatürdeki konuya ilişkin kitap, tez ve makalelerin incelenmesi ile oluşturulacaktır. Öncelikle cephe kavramının incelenmesi ve adaptif cephe mimarlığı ile ilgili tanımlar, değişkenler incelenecek, daha sonrasında yapıların çevresel koşullara göre ihtiyacı olan, enerji etkinliğini arttıracak sistemlerin uygulandığı çeşitli adaptif-uyarlanabilir sistem uygulama örnekleri incelenecek ve karşılaştırılacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. CEPHE

1.1. CEPHE VE İŞLEVİ

Cephe, yaygın olarak bir binanın yüzü olarak kabul edilir. Mimarlık sözlüğünde “bir binanın görünen yüzeylerinden her biri, özellikle ön yüz veya bina yüzüne dik doğrultuda sonsuzdan bakılan görünüş” şeklinde tanımlanmıştır (Hasol, 2009). Çoğu kişi bunu sadece bir dekoratif öge olarak görse de bu, cephenin sadece bir özelliğidir. Basit bir ifade ile bir binanın cephesi, yapının bir tarafını, özellikle de giriş kısmını gösterir ve çevredeki diğer yapılardan ayırt edilmesinde rol oynar.

Cepheler çoğunlukla kendi yüklerinin dışında bir yük taşımazlar. Asıl görevleri binayı ayakta tutmaya çalışmak değildir, bunun yerine yapıya destek olabilmektedir. En çok görsel çekicilikleri ile değerlidirler fakat bununla birlikte binanın performansını da belirlerler. Cephe elemanları rüzgâr, güneş ışığı ve diğer çevresel etkilere karşı dikey ve yanal olarak direnç sağlar. Aynı zamanda cephe yapılarda hava koşullarına dayanıklılık ve termal etki, güvenlik, akustik, yangına dayanıklılık gibi konuların geliştirilmesinde büyük rol oynar.

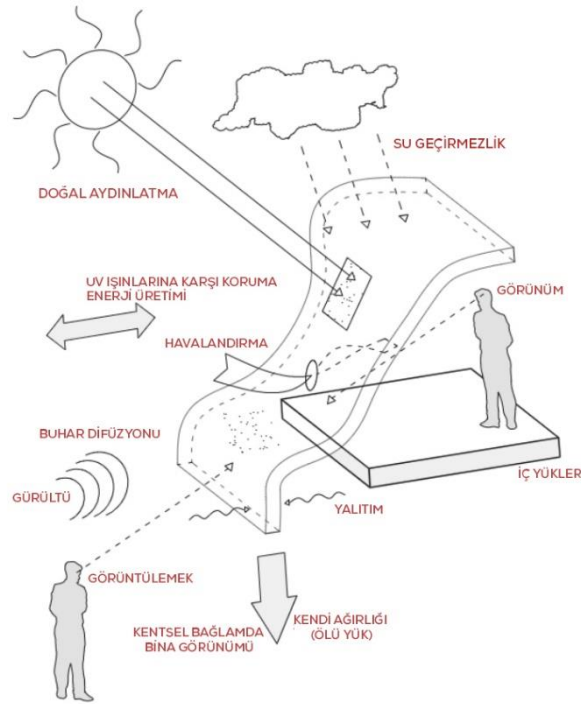
Cepheler içerdikleri bileşenler ve işlevleri birlikte incelenmelidir. Cephelerin temel ihtiyaçları karşılaması beklenen ana görevler vardır. Bu görevler (Schittich, 2006) ve diğer özelliklerle şu şekilde sıralanabilir:

- Havalandırma,
- Aydınlatma,
- Nem ve sıcak/soğuk hava koşullarına karşı yalıtım sağlama (rüzgâra karşı koruma, güneşe karşı koruma),
- Kamaşmaya karşı koruma,
- Görsel koruma (mahremiyet)
- Dış mekân ile görsel ilişki kurma
- Güvenlik, kamusal alan ile iç mekân arasında sınır oluşturma
- Mekanik dayanım sağlama,

- Ses yalıtımı sağlama,
- Yangına karşı koruma,
- Enerji verimliliği sağlama,
- Ekonomik olma,
- Hava kirliliği

Teknolojinin gelişmesiyle artan olanaklar sayesinde bu temel işlevlere ek olarak cephe sistemlerinde yeni işlevler aranır olmuştur. Bunlar; (Gündoğdu, 2020)

- Yapının zamanla değişen kullanım amacına göre dönüştürülebilir olması,
- Esnek tasarıma izin vermesi,
- Kullanıcı talepleri ile ortaya çıkan yeni fonksiyonlara cevap verebilme, şeklinde sıralanabilir.



Şekil 1.1. Bir Cepheden Karşılması Beklenen Özellikler (Knaack, 2014)

1.2. CEPHE SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Yapı strüktürlerinin dış dünya ile temas ettikleri ilk faktör cephelerdir. Cepheler karmaşık tasarım öğelerini içerir. Dekoratif ve/veya fonksiyonel olarak ele alabileceğimiz cephe sistemlerini malzemelerine, taşıyıcı özelliklerine, giydirilme

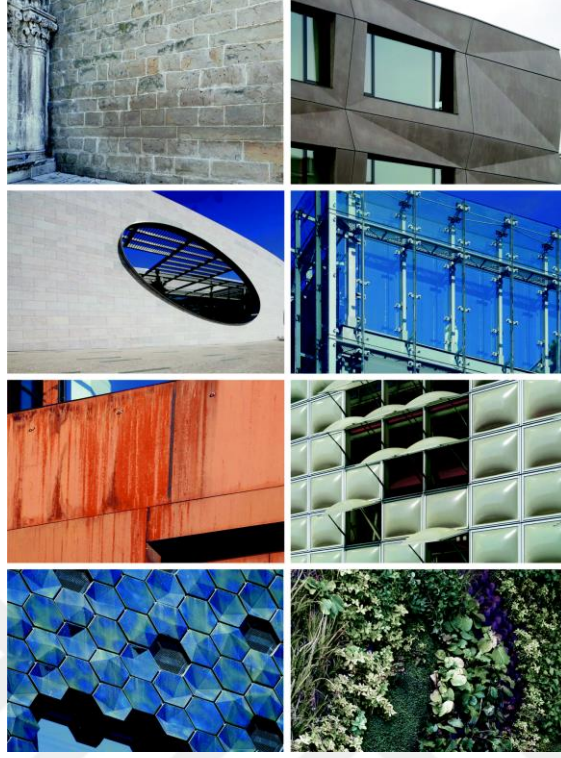
özelliklerine ve kinetik olma durumlarına göre sınırlandırabiliriz. Farklı birimlerden oluşan bina sisteminde cephe faktörü bina kabuğunun bir parçası olduğu için cepheye ait birimlere olduğu kadar binanın kendi birimlerine göre de ilişkileri kapsamlı olarak düşünülmelidir. Bina sistemine ait herhangi bir bileşenin değiştirilmesi tüm sistemi etkilemektedir.

1.2.1. Malzemelerine Göre Cepheler

Geçmişten günümüze kadar olan süreçte cephelerde oldukça çeşitli uygulamalar görülmektedir. Taş, kerpiç, tuğla gibi malzemeler çevresel etkilere, yangına daha dayanıklı oldukları ve daha az bakım gerektirdikleri için geçmişte uzun yıllar boyunca yaygın bir biçimde kullanılmıştır.

19. yüzyıldan günümüze kadar gelen ve hala devam eden devre içinde ise, malzeme gelişen teknolojik olanaklar ile tasarımda arzu edilen kullanım yerine göre önceden planlanmış ve hatta kendi iç yapısının yeniden organizasyonuna gidilmiştir (Erinç, 2002). Günümüzde bu malzemelere ek olarak briket, gaz beton, alçı kökenli paneller, prekast beton paneller ve cam paneller yaygın olarak kullanılmaktadır (Orbay, 2019).

Organik ve İnorganik maddelerin doğrudan kullanımı, işlenmesi veya dönüştürülmesiyle malzemelerin kullanım biçimlerinde oldukça fazla sayıda varyasyon oluşabilmektedir. Cephe tasarımlarına kimlik kazandıran başlıca etmenlerden olan malzeme; renk ışık ve gölge ile bir armoni oluşturur.

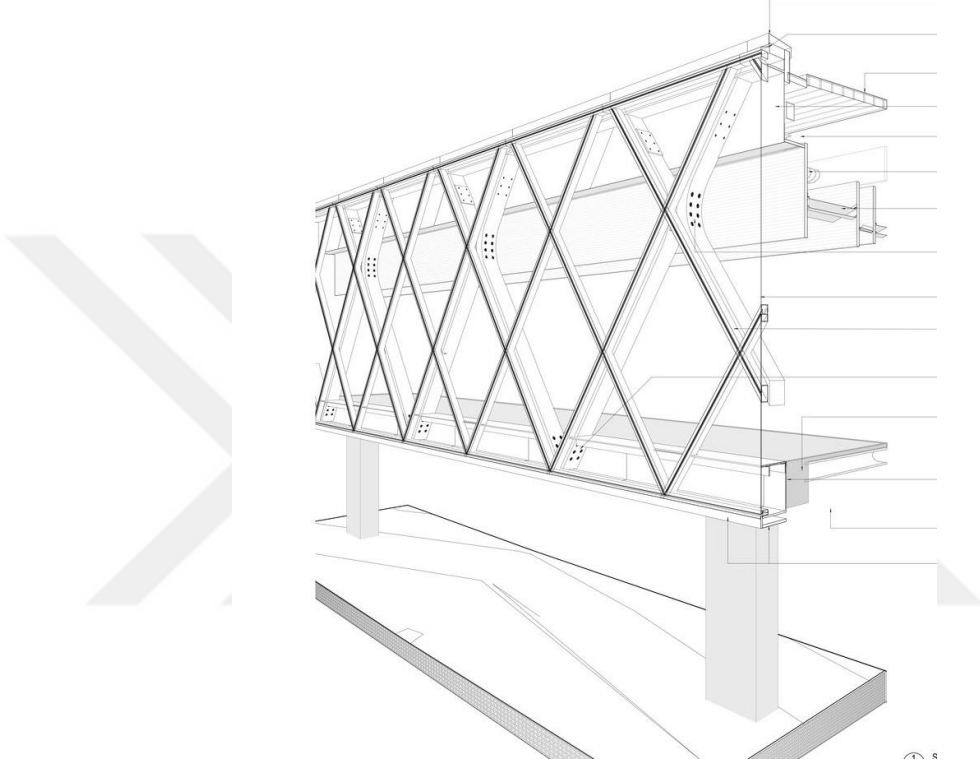


Şekil 1.2.1. Cephede Malzeme Kullanımına Örnekler

1.2.2. Taşıyıcı Özelliklerine Göre Cepheler

Cephe sistemleri; güneş, yağmur, deprem, rüzgâr gibi çevresel etkilere karşı düşey ve yatay olarak direnç gösteren yapı bileşenleri ile; hava koşulları, ısı, akustik, yangın direnci gibi koşulları sağlayan bina kabuğu bileşenlerinden oluşur. Taşıyıcı özelliği gösteren cephe sistemleri yapının taşıyıcı sisteminin bir parçası durumundadırlar. Taşıyıcı duvarlar genellikle yığma duvarlardır ve yığma blokların kuru ya da harç ile örülmesiyle oluşturulmuş düşey taşıyıcı elemanlardır (Arun, 2018).

Günümüz teknolojisi ile kullanılan imkanların getirdiği uygulama kolaylıkları ile yığma yapıların uygulanması eskisi kadar yaygın değildir. Çoğunlukla taşıyıcı olmayan cephe sistemleri görülmektedir. Cepheler kendisine etki eden yüklerle birlikte kendi ağırlığını taşıyan yapı sistemleridir.



Şekil 1.2.2. Taşıyıcı Sistemli Cephe Örneği

1.2.3. Giydirme Özelliklerine Göre Cepheler

Giydirme cephe; sadece kendi yükünü taşıyan ve taşıyıcı sisteme her katta bağlanan dış duvar olarak tanımlanabilir. Giydirmeler, bina taşıyıcı sisteminden bağımsız olup bina dış yüzeylerine giydirilen, ancak yükünü ileten elemanlardan oluşan, binanın dış ortam ile ilişkisini iki yönlü bir filtre görevi görerek sağlayan, taşıyıcı olmayan dış örtü sistemleridir (Hasol, 2009).

Giydirme cepheler, yapının dış duvarları için taşıyıcı olmayan duvarlardır. Cephe dış formun ayrılmaz bir parçası olup, yapılarda taşıyıcı sistem ile beraber düşünülmektedir. Kimi zaman strüktürel olarak taşıyıcı sisteme yardımcı olan cepheler uygulanırken, kimi zaman da estetik açıdan yapılan giydirme cephe sistemleri tercih edilmektedir.



Şekil 1.2.3. Giydirme Cephe Örneği

1.2.4. Kinetik Olma Durumlarına Göre Cepheler

Çevresel uyaranların etkisi ile yapıda cephelerin ses, ışık, gürültü, iklimsel fiziksel diğer koşullara göre uyum sağlayabilmesi gerekmektedir. Esnek olarak planlanan tasarımlarda değişime kapalı olan yapılara göre enerji kazanımları daha fazladır.

Kinetik mimarlık, yapı veya bileşenlerinin pozisyon, biçim ve hareket üzerinden değişken olma durumu olarak tanımlanabilmektedir (Madeleen, 2007). Mimarlıkta kinetik davranış, ana hatları belirlenen bir tasarımda, genel yapısal bütünlüğün korunarak bazı kısımların mekanik veya sensörler aracılığıyla hareket ettiren ilerici bir metodolojidir. Zamanı tasarıma dahil eden kinetik olma durumu, gerçek hareketliliğe ve geometrik olarak değişim yeteneğine sahip yapıları ifade etmektedir (Youssef, 2017)



Şekil 1.2.4. Montreal Olimpiyat Stadyumu



Şekil 1.2.5. Montreal Olimpiyat Stadyumu'nun İlk Çatısı İç Mekândan Görünümü

1.3. CEPHE TASARIMINDA ETKİLİ FAKTÖRLER

Yapıların kimliğini oluşturan cepheler, bir yapı elemanı olmanın yanında yapıya uygun koşullar kazandırabilmesi için iç ve dış ortam özelliklerini dengelemek amacıyla bir filtre görevi göstermektedirler. Endüstri devrimi ile başlayan yeni üretim teknikleri teknolojik gelişmelerin getirileri ile yapılarda farklı malzeme kompozisyonları ve yapım teknikleri ile entegre sistemler oluşturulabilmektedir. Yapılara uygun cephe tasarımları oluşturulurken iç ve dış ortama bağlı faktörler literatüre göre sınıflandırılmıştır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Cephe Tasarımına Etki Eden Faktörler

2. ADAPTİF MİMARLIK

2.1. ADAPTİF MİMARLIĞIN TANIMI

Adaptif, kelime anlamı olarak adapte olan, değişimle bağlantılı, çevresel etkilere göre değişebilen, uyum sağlayabilen demektir. ‘Adaptasyon’ terimi mimarlık yapılarının değişen morfolojileri ile ilgili olarak mimaride yaygın olarak kullanılır. Lehman’a göre ise adaptif mimarinin amacı senkronizasyondur. Mimari ister çevre ister bina, isterse kullanıcı olsun, davranışlar arasında senkronize olan esnek bir filtre haline gelir (Lehman, 2016).

Çevresel koşullar, insan deneyimini ve bina sakinlerinin dünyayı nasıl algıladığını, onunla nasıl etkileşime girdiğini doğrudan etkilemektedir. Oluşturulan mekanların işlevlerine mümkün olduğunca verimli bir şekilde hizmet verebilmeleri ve konfor koşullarını sağlayabilmesi için ışık, ses, sıcaklık vb. gibi fiziksel koşullara uyum sağlayabilmesi gerekmektedir. Yeni teknolojileri kullanan mimarlar, geleneksel fikirlerle eskisi kadar bağlı değildir. Artık yapılarda duvarlar hareket edebilmekte, çatılar katlanabilmekte, yapılar dönebilmektedir.

Adaptif mimaride iç ve dış mekân için istenilen koşullar önceden planlanır. Çevresel değişikliklere verilen tepkide, bu koşullar ile senkronize olarak en uygun ortamı sağlamak temel amaçtır. Bu çerçevede tepkimeli mimarlığın adaptif mimarlık için daha kapsayıcı bir kavram olduğunu ifade edebiliriz. Adaptasyon sağlamak için öncelikle çevresel değişiklikleri algılamak ve bu değişimlere tepki vermek gereklidir. Eğer sistem, belirli koşullar ile senkronize olmak ve o koşullara uyum sağlamak için tasarlanmış ise tepkimeli mimarlık aynı zamanda adaptif mimarlık olarak da özelleşebilir. Adaptif mimarlık; nesnelere, kullanıcılara, kurulu çevreye uyum sağlamak için tasarlanmış yapıların enerji korunumlarını sağlarken sürdürülebilir bir döngü oluşturmaya katkı sağlar. Burada önemli olan çevresel etkilere karşı yenilikçi bir cephe anlayışı ile uyarlı yüzeyler oluşturmaktır.

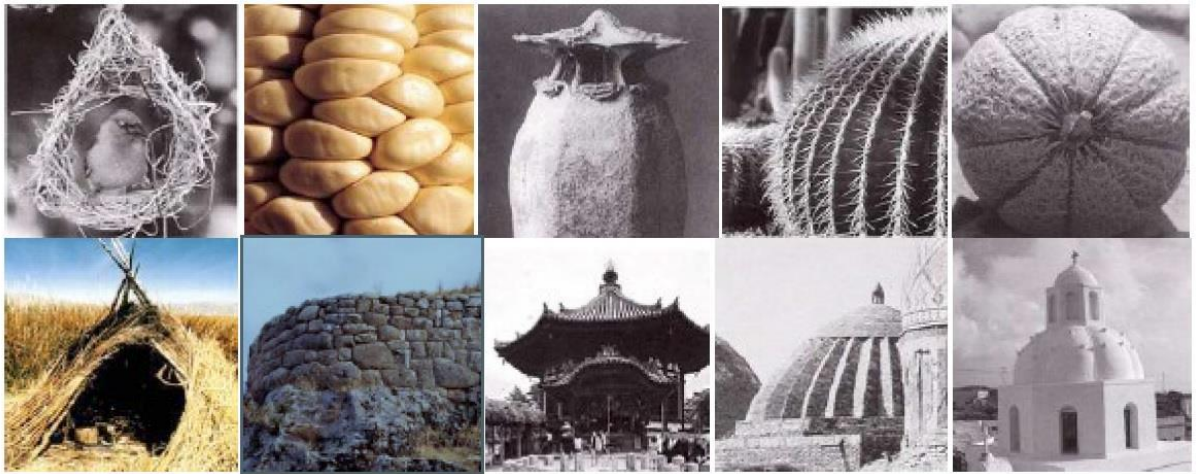
2.2. ADAPTİF TASARIM SİSTEMLERİ VE DOĞAL SİSTEMLER

Yapıların yaşam döngüleri boyunca oluşan kirlilik, kullanılan enerji gereksinimleri sebebiyle enerji kaynaklarının hızla azalmasında büyük bir etkiye sahiptir. Bu sebeple binaların yapımlarında çevreye verecekleri zarar en az şekilde olmalı ve enerji etkinlik seviyeleri göz önünde bulundurulmalıdır. Eneji kullanımını en çok etkileyen faktör cephedir.

2.2.1. Biyomimikri

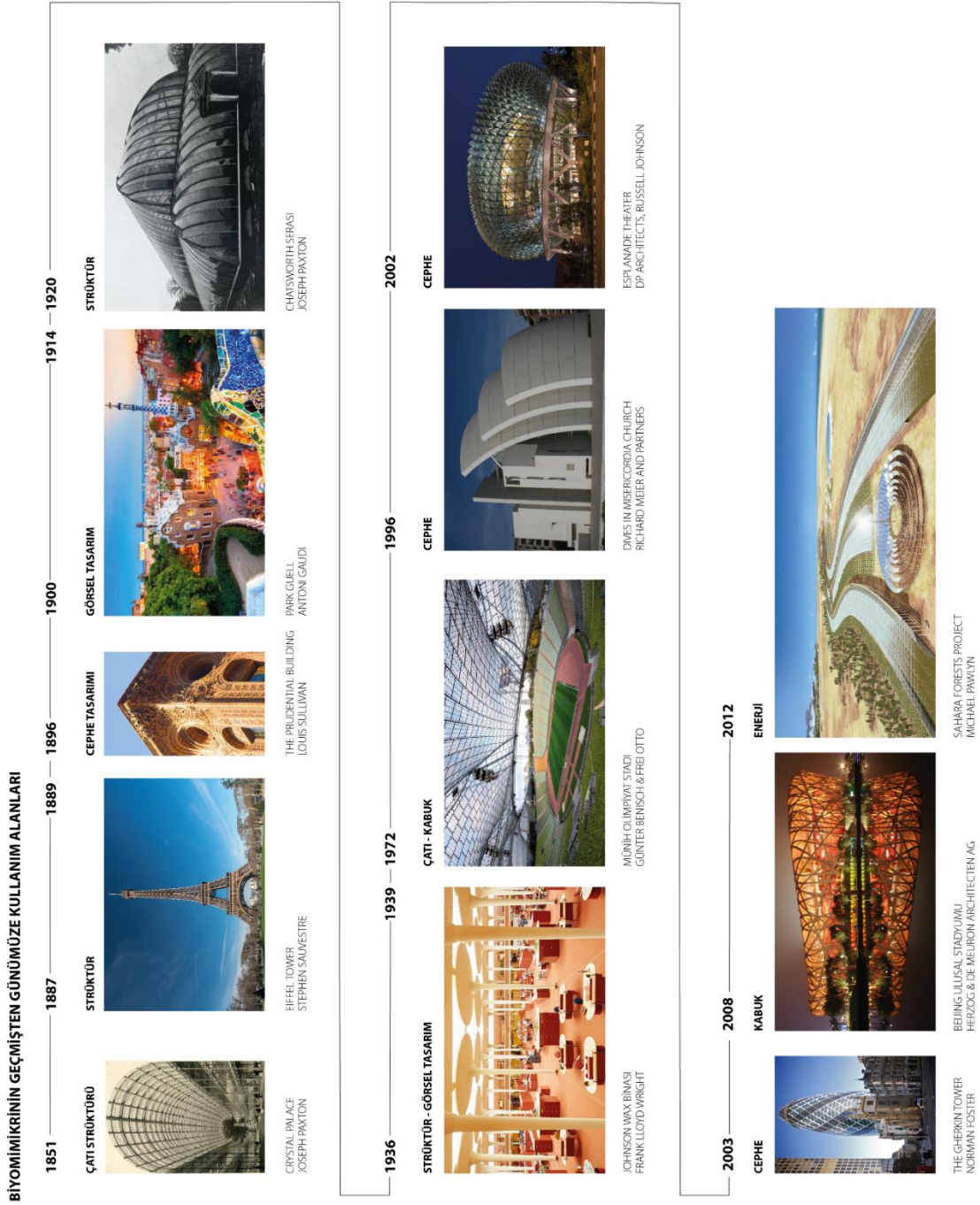
Biyotasarım, biyonomik, biyomimesis, biyo-ilham gibi farklı terimler kullanılsa da bütün terimler aynı anlama gelmektedir. Farklı alanlarda kullanım gösteren bu terimlerin ilham kaynağı doğadır (Atawula, 2016). İnsanoğlu binlerce yıldır doğa ile ilgilenmektedir. Doğayı incelemek, doğanın potansiyelini keşfederek bunları mimarlık, mühendislik, tıp, ulaşım, tekstil, iletişim vb. alanlardaki tasarımlarına aktarmışlardır.

Mimarlığı doğanın bir taklidi olarak tanımlayan Vitruvius “Mimarlık Üzerine On Kitap” adlı eserinde kırlangıç yuvalarını taklit eden insanoğlunun ince dallarla birlikte çamurdan sığınaklar yaptığını öğreten ve taklit edilebilen doğadan gün geçtikçe yeni şeyler öğ renerek barınaklarını geliştirdiğini vurgulamıştır (Şekil 2.2.1.) (Türk, 2018).



Şekil 2.2.1. Yapılar ve doğadaki benzerleri (Sorguç ve Selçuk, 2007)

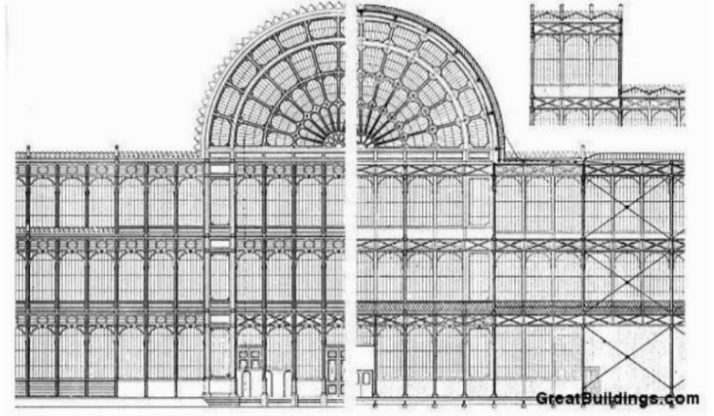
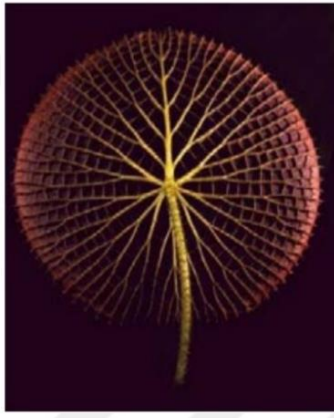
Biyomimetri, teknolojik gelişmelerin de etkisi ile zaman içerisinde mimarlık alanında kullanımını arttırmıştır (Şekil 2.2.1.). Doğayı gözlemleyip onu taklit ederek oluşturulmaya başlanan bu tasarım yöntemi görsel ve işlevsel olarak planlanmaktadır. Mimari elemanlar ile olan ilişkisi düşünüldüğünde cephe tasarımında örneğin örümcek ağı, kuş yuvası gibi sistemler cephenin taşıyıcılığı üzerinde uygulanabilirken; mürekkep balığı veya bukalemunun renk değişik özellikleri baz alındığında rengi bulunduğu bölgenin hava durumuna, yoğunluğuna veya sıcaklığına göre değişebilen led özellikli cepheler uygulanabilir. Bunun yanında işlevsel olarak biyomimikrinin uygulandığı alanlara bakacak olursak uygulandığında ise hayvan derilerinin biyolojik yapısı ile yapıların cephelerinde ısıyı koruma, güneş ışığı deposu olma, rüzgârı dengeleme, yangın önleme gibi özellikleri de enerji korunumu adı altında uygulanabilmektedir.



Şekil 2.2.2. Biyomimikrinin Tarihsel Süreçte Mimarlıkta Kullanımı (İleritürk, 2016)

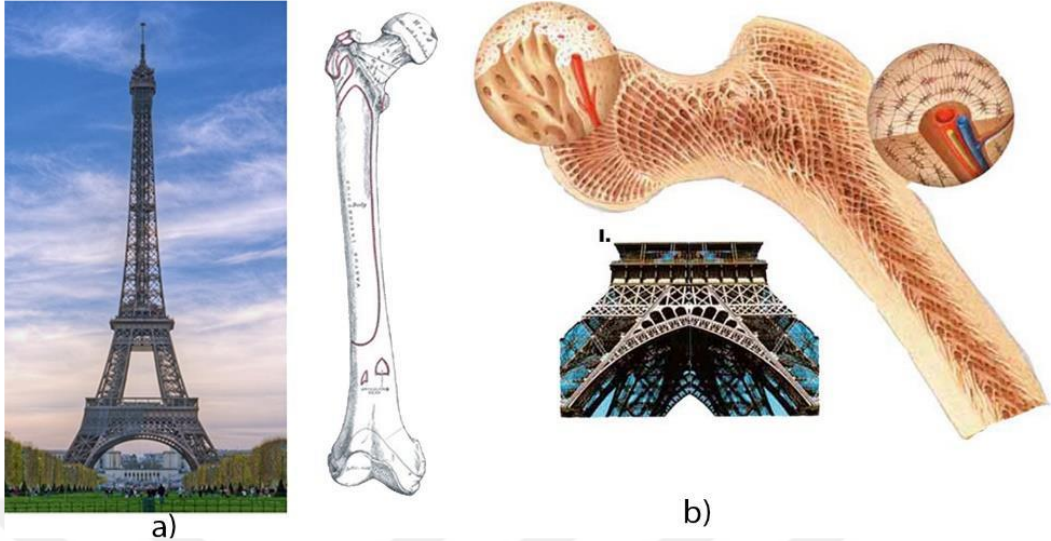
2.2.2. Biyomimikri Destekli Cephe Uygulamaları

Biyomimikrinin mimarideki ilk örnekleri olan Eyfel kulesi ve Crystal Palace yapıları doğanın taklit edilerek inşa edilmesine dayandırılmaktadır. Botanik uzmanı Joseph Paxton incelediği nilüfer çiçeğinden esinlenerek 1851 yılında Crystal Palace'sı tasarlamıştır (Şekil 2.2.2.). Nilüfer çiçeğinin alt yaprağındaki çatallı yapıdan esinlenen yapı çelik kaburga sistemi üzerine camlar yerleştirilerek inşa edilmiştir (Eggermont, 2007).



Şekil 2.2.2.1. Nilüfer Çiçeği Yapısı ve Crystal Palace (Abdou, Abd Elgawad ve Eldin, 2016)

Gustave Eiffel 1880'lerin sonunda anatomi uzmanı Hermann Von Meyer ve mühendis Karl Cullman'ın vücudun en hafif ve dirençli kemiği olan uyluk kemiği üzerine yapmış oldukları araştırmalardan esinlenerek Eyfel kulesini inşa etmiştir (Şekil 2.2.3.). Uyluk kemiğinin yapısı kulenin merkez dışı yükleri desteklemek için ilham kaynağı olmuştur (Eggermont, 2007).



Şekil 2.2.3. (a) Eyfel kulesi (URL-4, 2022) (b) Uyluk kemiği (URL-5, 2022)

Şekil 2.2.4.'de görülen termit kulelerindeki havalandırma sistemi örnek alınarak yapılmış olan ofis ve konut binası görülmektedir. Bu yöntem sayesinde yapının ilk beş yılında milyon dolarlık enerji tasarrufları sağlandığı belirtilmiştir.



Şekil 2.2.4. East Gate Binası ve Termit Kuleleri (url 6)

2.3.ADAPTİF MİMARİNİN AVANTAJLARI

Adaptif Mimarlık, mekânın kullanıcılarını merkez alan, sürdürülebilir bir yaşam ortamı sağlayan çağdaş bir yaklaşımdır. Adaptif mimarinin etkilendiği mikro ve makro alanda birçok faktör bulunmaktadır. Mimarlığın gelişen teknoloji imkanlarının etkisiyle çevreye uyum sağlama özelliklerinin de geliştiği söylenebilir. Yeni tasarım ve uygulama metodları ile mimarlıktaki bilgi de kendini sürekli olarak yenilemektedir. Mimarlıktaki yapısal değişikliklerin kullanıcıların ihtiyaçlarına göre şekillenmesi gerekmektedir. Eğer bu sistem, çeşitli çevresel koşullar ile senkronize bir biçimde hareket etmek ve bunlara uyum sağlamak için planlanmış ise tepkimeli mimarlık, bununla birlikte adaptif mimarlık olarak özelleşebilmektedir.

Adaptif mimarinin kullanımı birçok alanda birbirine bağlı olarak sayısız avantaj sağlamaktadır. Bu şekillenmeler sonucunda projelerde daha az mobilizasyon uygulanmakta, inşaat süreleri ve rahatsız edici etkileri (gürültü, çevre kirliliği vs) azalmaktadır. Projeler hızlı, planlı ve portatif sistemler sayesinde çok kısa sürelerde tamamlanabilmektedir. Hızlı inşaat süresi aynı zamanda arazinin işgal süresini de en aza indirebilmektedir. Böylece çevresel kirlilik makul miktarda azaltılması ve etkin bir yapım süreci gerçekleşmesi hedeflenmektedir. Uyarlanabilir cepheler, malzeme, bileşen ve sistemler aracılığıyla iç-dış mekân parametrelerine göre davranışlarını gerçek zamanlı olarak değiştirme yetenekleri sayesinde binanın enerji verimliliğini ve ekonomisini iyileştirebilir (Romano, 2018).

Adaptif mimari ile modernize edilen yapılar, tüm aşamalarda bütün olarak değerlendirilmektedir. Veri işleme teknolojilerinin sağladığı olanaklar ile enerji hesapları yapılmakta ve optimum değerlerin belirlenmesi ile enerji etkin bir yapı oluşturmak hedeflenmektedir. Bu sebeple birbirini etkileyen faktörler (ışık, ses, rüzgâr vs) birarada düşünülüp kullanıcılara etkisi hesaplanmaktadır. Bu şekilde binalar ve insanlar arasındaki ilişkiye öncelik verilmektedir. Geleceğin mimari tasarımında bu ilişkiler bütünü giderek önemli hale gelecektir. Mimarlığın sosyal boyutu da gözardı edilmeden yenilikçi çözümler aranılmasına fırsat tanınmaktadır. Yapım için gerekli inşaat malzemeleri kullanımı da adaptif mimari sayesinde en az fire verecek şekilde planlanmaktadır. Tercih edilen malzemeler binanın değerini arttıran ve performansını belirleyen önemli bir faktördür.

2.4.ADAPTİF CEPHE SİSTEMLERİ

2.4.1. Adaptif Cephelerin Çalışma Prensipleri

Adaptif cepheler çevresel koşulları etkin bir biçimde optimize ederek mekânın kullanıcıları için uygun koşullar sağlarlar. Kentsel alanlarda, cepheler genellikle yenilenebilir enerji üretim bileşenlerinin (güneş PV, termal, piezo-elektrik, vb.) entegrasyonu için en büyük potansiyel yüzeylerdir (Loonen, 2015). Günümüzde kullanılan farklı tipte uyarlanabilir cephe örnekleri görülmektedir ve sayıları giderek artmaktadır.

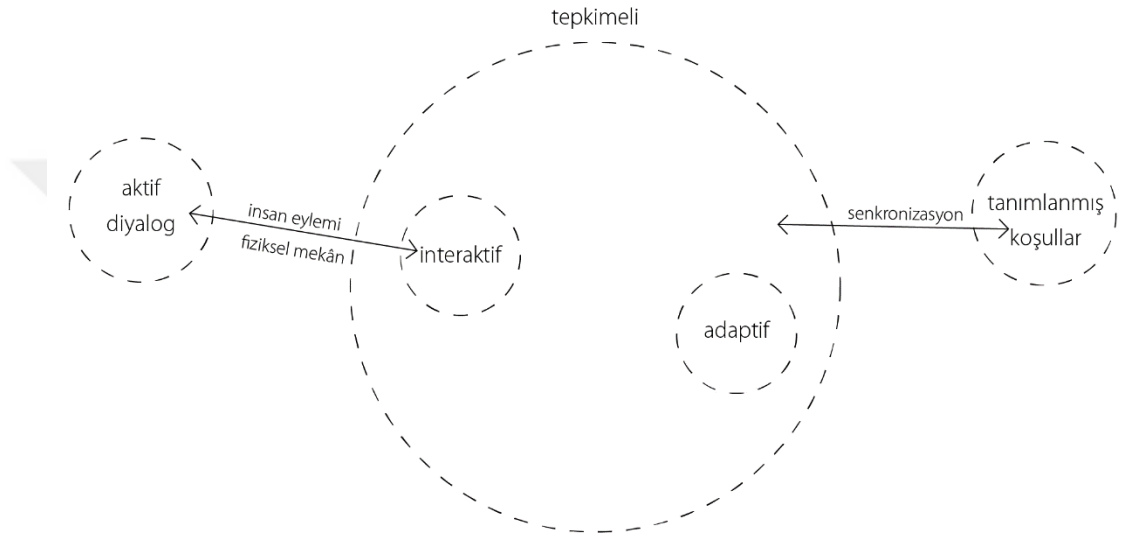
Temel prensip olarak adaptif cepheler iç ve dış mekân arasındaki enerji akışlarını aktif olarak algılayıp kontrol edebilmektedirler. İç mekân konforunu arttırmak ve enerji tüketimini azaltmak için de var olan özelliklerini mevcut duruma uyarlayabilmektedirler. Adaptasyonun uygulanabilmesi için ilk olarak çevredeki değişimleri algılamak ve bu değişimlere karşılık tepki verebilmek gerekmektedir.

Mimarların, tasarımcıların, doğa bilimcilerin ve biyologların ilgi alanı olan doğa içerisindeki değişkenlik üzerine temellenen bu analiz yöntemi, doğadaki canlıların bulundukları ortamlarda eşzamanlı olarak çevresel verilere karşılık olarak uyum sağlama yetilerinden ilham alınarak tasarlanmaktadır. Disiplinlerarası yapılan çalışmalar sonucunda doğada bulunan canlıların dış yüzeyinin yapıların dış yüzeyine benzetilerek ilişki kurulma şekli, yapının çevresel etkilere tepki verme yollarını oluşturmada önemli bir adımdır.

İnteraktif yapıların cephe performansları incelenirken değişen parametrelere eş zamanlı bir şekilde uyum sağlayabilen ve tek doğrultuda bir hareketten ziyade hem çevresel uyaranlara göre hem de kullanıcı ihtiyaçlarına göre sürekli bir biçimde devam eden aktif bir diyalog kurma durumu söz konusudur. Etkileşimli mimari; iki yönlü iletişimi içeren, iki aktif taraf arasında (ki bunlar insan olabilir ya da inşa edilmiş parçalar olabilir) gerçekleşen ilişki kurma sanatıdır (Yiannoudes, 2016). Etkileşimli mimarlıkta kullanıcı ile sürekli ve aktif bir şekilde devam eden diyalog ön planda iken adaptif mimarlıkta koşullar önceden tanımlanmıştır ve bu şekilde bir senkronizasyon kurulması amaçlanır. Bu iki uygulama reaksiyon verme konusunda ortak noktalara

sahiptir. Her tepkimeli mimarlık interaktiftir denilemez fakat her interaktif mimarlık tepkimelidir.

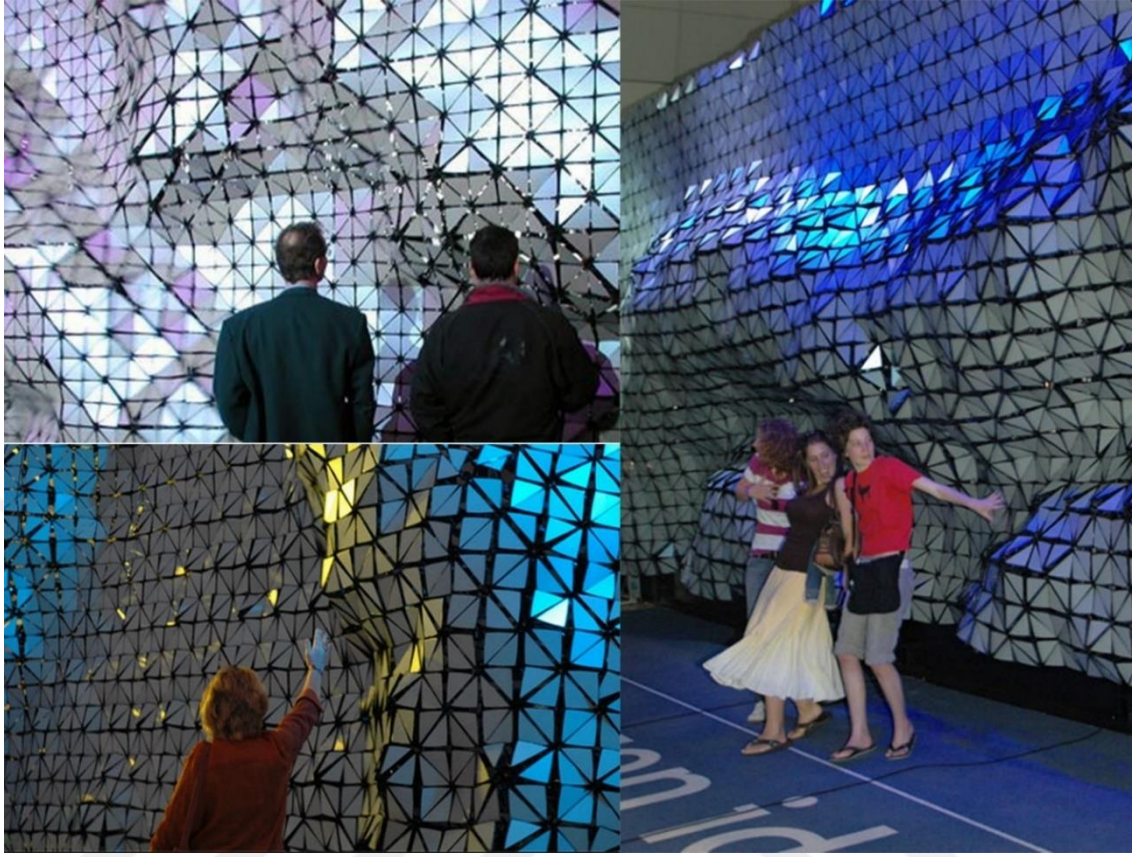
Mimarlıkta kullanılan adaptif-interaktif-tepkimeli ilişki kurma biçimlerinin temelini sibernetik teorisi ile ilişkilendirebiliriz. Bu teorem kendisini bilgi ve makine-nesne iletişimi sentezleri ile formüle etmektedir.



Şekil 2.4.1. Tepkimeli-Adaptif-İnteraktif İlişkisi

‘Responsive’ kelime anlamı olarak birine veya bir şeye hızlıca ve pozitif bir şekilde reaksiyon göstermeyi ifade eder. ‘Responsive Architecture’ terimini ilk öne süren kişi 1960’ların sonunda Nicholas Negroponte olmuştur. Negroponte, hesaplama gücünün mekanlar ve yapılarda daha yüksek performans sağlanması için kullanılmasını önerir ve mimari yapıların tepki veren, adaptif makinalar olarak tasarlanması gerektiğini savunur.

Tepkimeli mimarlık kullanıcı ve çevreye geribildirim veren sistem ile etkileşim, iletişim ve durumlara adapte olma düşüncelerine dayanır. Yaygın ifadeyle tepkimeli mimarlık, formunu değiştirebilme yeteneğini gösterebilen ve sürekli olarak ona etki eden çevresel koşulları yansıtan bir mimari türü veya yapısı olarak tanımlanabilir (Sterk, 2003)

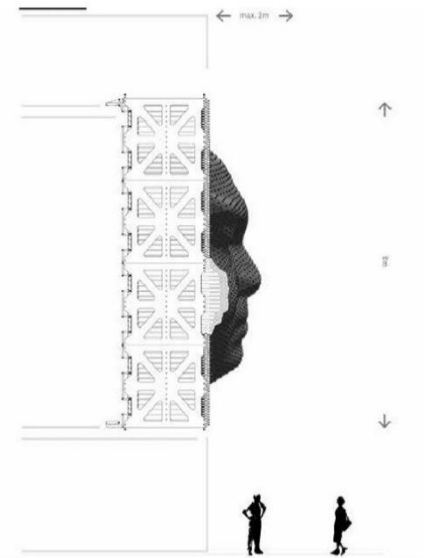


Şekil 2.4.2. The Aegis Hyposurface, Katılımcı ile Diyalog (url:7)

Mimari bir ögenin, bir yüzeyin kullanıcının hareketlerini takip ederek kendini ona göre dönüştürüp-adapte etmesinin örneklerinden biri dECOi – Mark Goulthorpe’un tasarladığı Şekil 2.4.2. de görülen The Aegis Hyposurface projesidir. Projede tasarlanan akıllı yüzey, pnömatik mekanizma ile oluşturulmuş, sahip olduğu sensörler yardımıyla çevredeki hareketleri, yoğunluğu, ses düzeyi gibi verileri dijital olarak karşılaştırıp bu doğrultuda yönünü veya formunu değiştirebilmektedir.



Şekil 2.4.3. The Aegis Hyposurface, Katılımcı ile Diyalog (url:7)



Şekil 2.4.4. Mega Faces Cephe Detayları, Asif Khan (url:8)

2014 Sochi Olimpiyatları için Olimpiyat Parkı'nın girişindeki yapının üzerine tasarlanan kinetik yapıdaki bu pavilyon ziyaretçilerin yapı içerisinde bulunan fotoğraf kabininde yüzlerini taratması ve cephede yansıtılması şeklinde tasarlanmıştır.



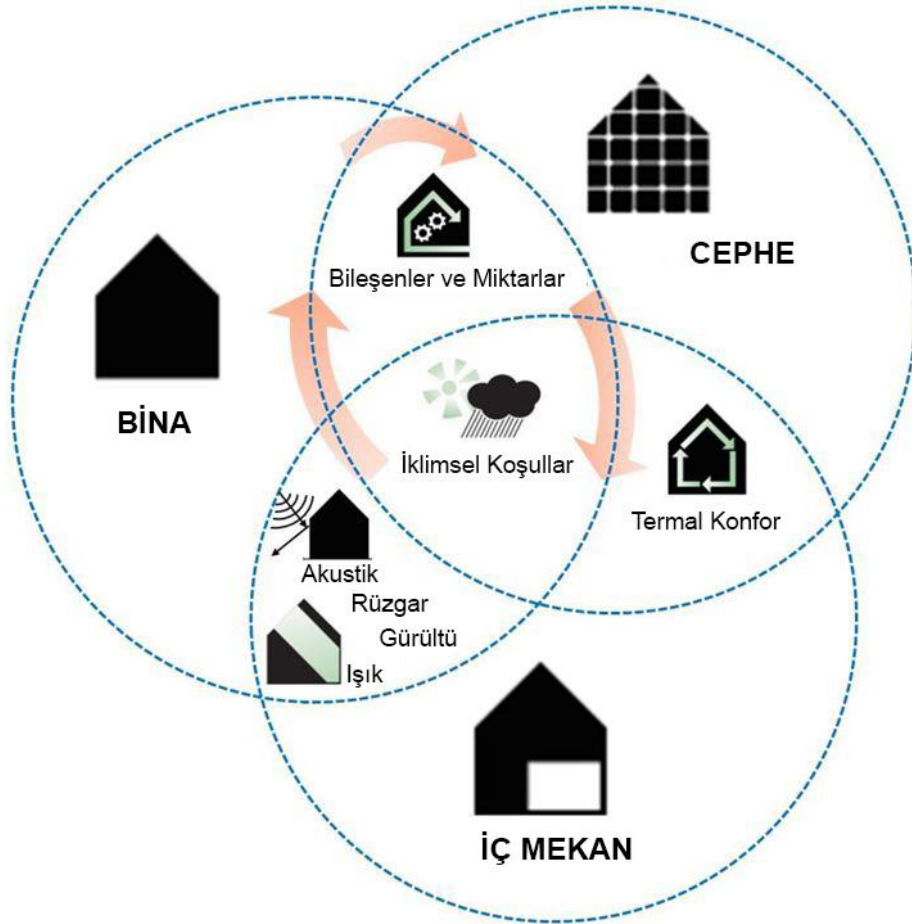
Şekil 2.4.5. Mega Faces Cephe Görünüşü, Asif Khan (url:8)

Adaptif cephe mimarlığında kullanılan akıllı sistemler ve malzemeler ile verilen tepkiler pnömatik, kimyasal, manyetik, doğal, bilişsel, mekanik vb. tepkiler olabilmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

3. CEPHE SİSTEMLERİNİN PERFORMANSINI ETKİLEYEN DEĞİŞKENLER

Yapı sistemleri tek başına bir ürün olarak değil bütünlük paketler halinde değerlendirilmelidir. Kullanıcıların yaşam alanlarında tüm organizasyonel faaliyetlerini etkileyebilme durumunda olan yapının sahip olduğu tüm sistemler tek tek incelenmeli ve kullanıcı konforu odaklı dizayn edilmelidir. Günümüzde yapı endüstrisinde karşılaşılan zorluklardan biri de enerjinin etkin kullanımıdır. Son yıllarda yapılan sürdürülebilir mimari çalışmalarında mimarların önceliği yapıların enerji performansını optimize etmek olduğunu görüyoruz.



Şekil 3.1. Bina-Cephe-İç Mekân Arasındaki İlişki (Jahed,2018)

Bütün halinde ele alınan yapı, dış ortam koşullarıyla karşılaştığı ilk temas yüzeyi olan cephe yoluyla yapıyla doğrudan ve dolaylı olarak etkileşime girmektedir. Oluşan enerji akışı karşısında cephelerin sahip oldukları özellikler sayesinde yapının performansı belirlenir. Uyarlanabilir cephelerin bu çeşitli ortam ve koşullarda önceden belirlenen göstergeler, komutlar, hedefler ve standartlar dahilinde gerçekleştirebileceği tepkiler yapının karakterizasyonunu oluşturmaktadır. Belirtilen performans göstergelerinin doğru şekilde planlanması ile çevredeki fiziksel alanlara bağlı olarak enerji kaynakları kontrol edilebilir bir şekilde yönetilebilir.

Cephe sistemlerinin performanslarını etkileyen birtakım etmenler bulunmaktadır. Bunlar cephelerin doğrudan ve dolaylı olarak maruz kaldığı ışık, ısı, gürültü, kirlilik, rüzgâr etkisi veya güvenlik kaygısı ile yapılan çeşitli uygulamalar başlıkları olarak incelenecektir. Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi bina, iç mekân ve cephe üzerinde etkili olan ortak bileşenler görülmektedir. Yapının kendisi bir bütün olarak ele alındığında ölçeği, işlevi, konumu; iç mekânı ve cepheyi etkileyen faktörler ile her bir parametresi doğru ve etkin bir şekilde planlanmalıdır.

Cephe sistemleri kimi durumlarda enerji akışına direnmekte veya enerji üretebilmektedirler. Bu durum onların performanslarını karşılaştırmak için önemli bir ayrım olabilmektedir. Şekil 3.2.'de ifade edilen durumda mekâna yapılan müdahaleler, iç mekân konforu ve cephe performansı arasında sırasıyla bir ilişki olduğu söylenebilir.



Şekil 3.2. İç Mekan Konforu, Mekansal Düzenlemeler ve Cephe Performansı Arasındaki Karşılıklı Bağımlı İlişki

3.1.1. Cephe Sistemlerinde Işık Değişkeni Etkisi

Sürdürülebilir mimarlıkta stratejik bir rol oynayan gün ışığı kullanımı, binalarda enerji kullanımını düşürmekte ve enerji tasarrufu sağlamaktadır. Oluşumunu ve sonuç olarak küresel ısınmayı azaltmaktadır (Guzowski, 2000).

“Gün ışığı tasarımının hedefleri çeşitli perspektiflerden tanımlanabilmektedir. Bunlar; ekolojik kaygılar (enerji, doğal kaynakların tüketimi ve çevresel etkiler), hizmet ve aktiviteler (nitel ve nicel aydınlatma gereklilikleri), sistem entegrasyonu (aydınlatma, ısıtma ve soğutma yükleri), insan deneyimi (görsel konfor, sağlık, iyilik, yönlendirme ve yönelim, çevresel bağlantılar, vb.), estetik kaygılar (mekân, form, strüktür ve malzemelerin eklemlenmesi, hiyerarşi ve sıra) ve diğer faktörlerdir” (Guzowski, 2000). Yapı tasarım süreçlerinde bu uygulamalar bütün halinde değerlendirilmeli ve ışık kullanımının etkin hale getirilmesi hedeflenmelidir. Yapı üzerinde olumsuz etki yaratabilecek durumları öngörülerek (aşırı ısınma, parlama vb.) yapının yüzeyine veya iç mekânına nüfuz eden ışığın sürdürülebilir bir şekilde kullanımı dikkate alınmalıdır. Sürdürülebilir ve yenilenebilir bir cephe uygulaması için biyobölgesel verilerin analizi oldukça önemlidir. Binalara etki eden çevresel faktörlerin başında gelen gün ışığını etkileyen biyobölgesel faktörler Çizelge 3.1.1.’de incelenmiştir.

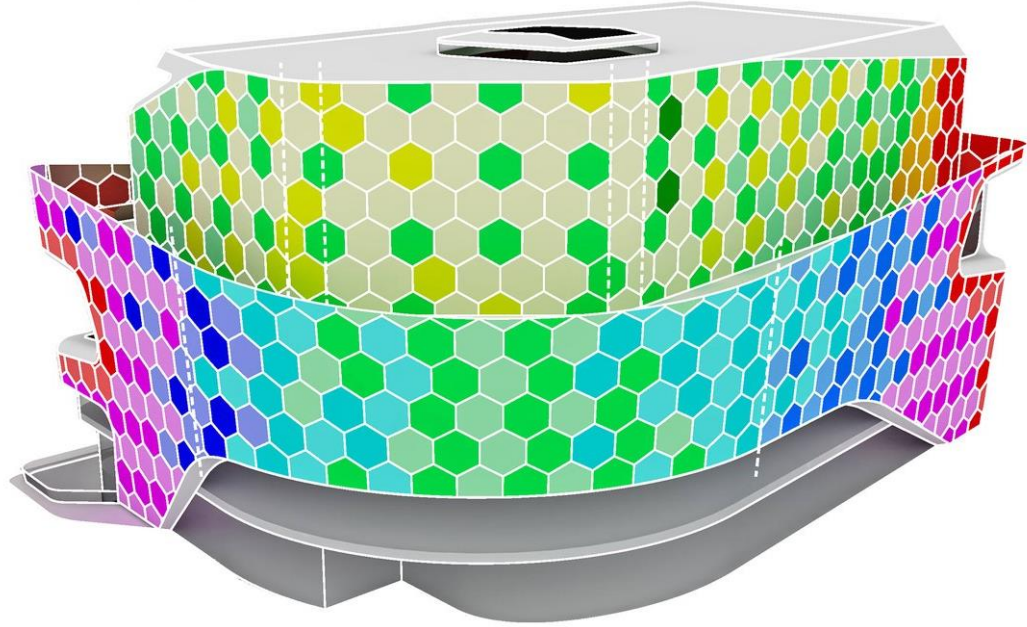
Adaptif mimaride etkin ışık kullanımı ile opaklık-şeffaflık oranları yeniden tanımlanır. Oluşturulan ışık modelleri ile kullanıcıların ihtiyaçlarına cevap vererek sürdürülebilir bir tasarım modeli oluşturulurken yüzeydeki dokular da vurgulanabilmektedir. Mimari kompozisyonun daha dinamik bir versiyonu oluşturulabilir. Uyarlanabilir kontrollü cephe sistemlerinde uygulanabilen gölgeleme sistemleri ışığın iç mekânda daha etkin kullanımı için oldukça önemlidir. Isı kontrolü ilk amaç olsa da gölgeleme elemanları ışığın verimli kullanımını sağlamaktadır. Uyarlanabilir gölgeleme sistemleri şekil, genişlik, konum veya özelliklerini aynı anda veya bir zaman dizisinde değiştirebildiği gibi, makro veya mikro ölçekte özelliklerin veya davranışların değişmesine dayanır (Hraska, 2019). Burada makro ölçek hareketli elemanlar ile yapının cephesinin gölgelendirilmesi; mikro ölçek ise bu elemanların

malzemelerinde optik ve termofiziksel olarak fazla sıcaklığa veya fazla ışık yoğunluğuna karşı oluşan değişikliklerdir.

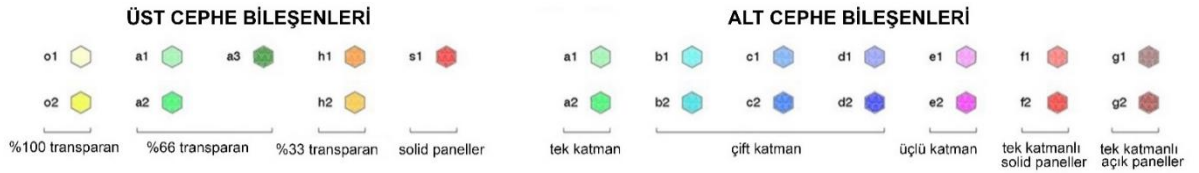
Güneşin Görünen Hareketi		
Günün saatleri	Mevsimler	Coğrafi ve mekansal konum
Işığın kalitesi, parlaklık derecesi ve insanlarda yarattığı ruh hali günün farklı saatlerine göre değişmektedir. Bu durum mekanda bulunan kullanıcıları gün içinde düzenlenen aktiviteleri ve programları etkilemektedir. Odalar, pencere organizasyonu, form, doku ve detaylandırma gün ışığının farklı saatlerde mekanda içinde gösterdiği etkiye göre şekillenmektedir.	Mekan tasarımı ve aktivitelerin organizasyonu mevsimlerin gün ışığına etkisiyle eş zamanlı ele alınabilmektedir. Gün ışığının mevsimsel değişimlerine cevap veren mimari, güneşin ritmine cevap verebilmek için dinamik olmak durumundadır. Pencerelerin organizasyonu, pozisyonu ve detaylandırılması: yaz, kış, ilkbahar veya sonbahardaki parlaklık ve sıcaklık ihtiyaçlarına cevap vermelidir.	Güneşin pozisyonu bize sadece kuzey - güney yarım küredeki enlemle ilgili bilgi vermemekte, aynı zamanda esas yönleri kullanarak mekansal organizasyonla ilgili de bilgi vermektedir.
Hava Durumu		
Evrensel sıra	Yer	Renk ve form
Tarih boyunca tarımsal, törensel, v.b. pek çok etkinlik sadece güneşin hareketine göre değil aynı zamanda hava durumuna göre de düzenlenmiştir. Havanın zaman içinde değişen durumlarını ve karakterlerini önemseyen mimarlık; yerel, bölgesel, küresel, eskiye ait evrensel oluşumları daha iyi gözlemlememizi ve deneyimlememize yardımcı olmaktadır.	Mimarlıkta gün ışığı tasarımı yere özel olmalıdır. Işığın rengi, açısı ve kalitesi içinde bulunulan enleme, hava durumuna ve bölgeye hakim olan iklime göre değişmektedir.	Hava durumu gün ışığının, mimari mekana yansıyan renk ve kalitesini etkilemektedir. Hava durumu ve ışık arasındaki ilişki aynı zamanda binanın formunu da anlamamıza yardımcı olmaktadır. Açık bir günde renkler doygun ve parlaktır; ışık ve gölge, derinlik ve üç boyutlu kaliteyi arttırmaktadır. Farklı hava durumu aynı zamanda farklı aydınlık derecesi ve gün ışığı dağılımı sağlamaktadır.
İklim ve Alan		
Çevre ile ilişki	Güneşe erişim	Konfor
Gün ışığı, çevre ve insan arasındaki bağlantının kalitesini tanımlamak açısından kritik bir yere sahiptir. Bu durum öncelikle pencerelerin mimari tasarımıdaki organizasyonuna bağlıdır. Bu durum dış ortamla iç ortam arasındaki bağlantının ve ayırımın derecesini, çevre ile fiziksel ve görsel ilişkiyi; ve güneşin, rüzgarın, sesin, kokunun girişini tanımlaması açısından önem taşımaktadır.	Güneşe erişimde dikkate alınması gereken en önemli faktör arazi yapısıdır. Arazin sahip olduğu topografya, eğim, bitki türü, iklimi bu konuda dikkate alınması gereken alt başlıklardır. Bunun yanında mimari tasarım sürecinde kurgulanacak mekanlar için; direk güneş ışığı mı? yoksa gökyüzünden gelen dolaylı ışık mı? tercih edilmesi gerektiğine karar verilmelidir.	İklim ve arazi ile ilgili deneyimler, aydınlık ve sıcaklıklailgili konforumuzla da ilişkilidir. Farklı iklimlerde farklı sıcaklık ve aydınlık etkileri yakalansa da, gün ışığını elde etmeye yönelik stratejiler benzerdir. Mimari tasarımda konfor genellikle; barınma, sıcaklık ve ışıkla ilişkilendirilmektedir.

Çizelge 3.1.1. Gün Işığı Kullanımını Etkileyen Biyobölgesel Faktörler (Tatar, 2013)

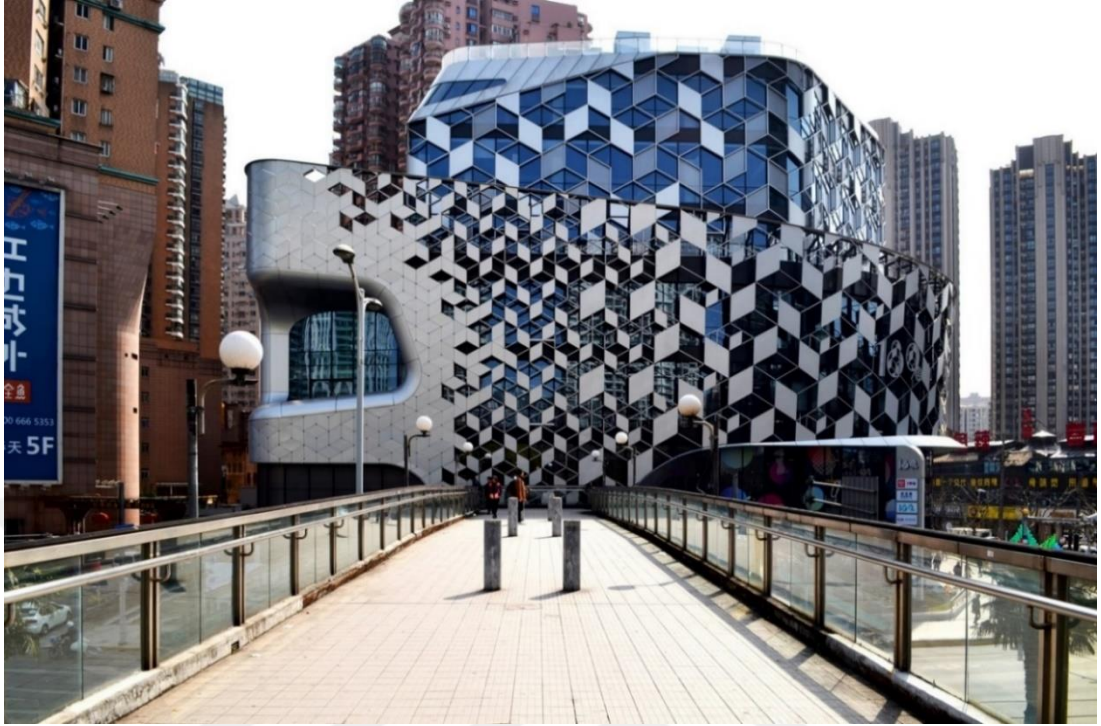
Yapılacak her uygulama yere ve projenin kendisine özgü olmalıdır. Cepheelerde ışık kullanımında yapıdaki açıklığın büyüklüğü, cephede kullanılan malzeme, kullanılan cam tipi, güneş kontrol elemanlarının etkinliği vs. gibi parametreler ile iyileştirmeler yapılabilir. Yapıların her yüzeyi ışığı farklı şekilde ve derecede aldığından örneğin Şekil.3.1.2.’deki örnekte olduğu gibi yüzeylerin transparanlık ve cephe yüzeyine eklenecek panel şekli belirlenerek gün ışığını verimli bir şekilde kullanma hedefi oluşturulmuştur.



Şekil 3.1.2. Lane 189, UNStudio, Shanghai (url 9)



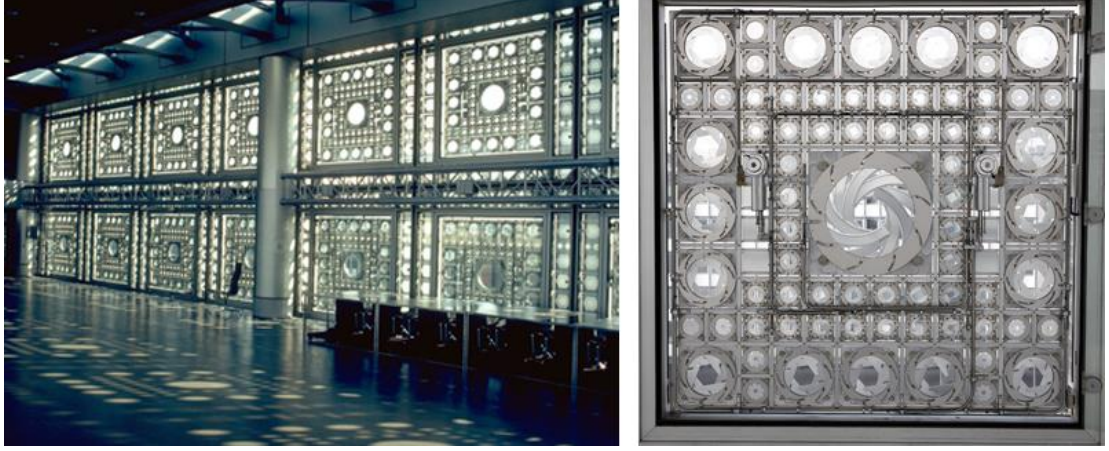
Şekil.3.1.3. Lane 189, UNStudio, Shanghai (url 9)



Şekil 3.1.4. Lane 189, UNStudio, Shanghai (url 9)

Gölgeleme elemanları iç, dış ve alternatif sırlama olarak üç başlık altında ele alınabilmektedir. Çıkmalar ve kanopiler, panjurlar ve tenteler, ışık rafları, dış stor perdeler dış gölgeleme elemanlarından bazılarıdır. Perdeler ve jaluziler iç gölgeleme elemanlarından bazılarıdır. Elektrokromik ve sıvı kristal sırlama, fotokromik cam ve termokromik cam alternatif sırlama çeşitleridir (Phillips, 2004).

Adaptif cephelerde ışığı kontrol etme amaçlı gölgelendirme elemanları manuel ya da motorlu-mekanik harekete bağlı olarak uygulanabilmektedir. Bu elemanlar manuel olarak kontrol edildiğinde enerji tasarrufunu ve iç mekânın standardize edilmiş parametrelerini karşılamayacaktır. Adaptif gölgelendirme sistemlerine örnek olarak verebileceğimiz Paris'te bulunan Arap Dünyası Enstitüsü (Institut du Monde Arabe)'dür. Cephede bulunan elemanlar, merkezi bir bilgisayar kontrolüne bağlı motorlar tarafından kontrol edilir ve 30.000 ışığa duyarlı mekanik kontrol diyaframı bulunmaktadır (Hraska, 2019). Güneş ışınlarından gelen radyasyondan binayı korumak için kullanılan malzemelerin radyasyon geçirgenlik değerleri de önemli bir parametredir.



Şekil 3.1.5. Paris'teki Arap Dünyası Enstitüsü'nün Uyarlanabilir Gölgeleme Sistemi
(Hraska, 2019)

3.1.2. Cephelerde Işık-Malzeme Etkisi

Yapılarda mimari tasarımın oluşmasında ve iç-dış ortam arasında etkileşim sağlanmasında önemli bir unsur olan cephelerin en etkin bileşenlerinden biri malzeme seçimidir. Fiziksel çevre koşulları değerlendirilirken tasarımın en etkili verilerinden biri olan ışık ile ilişki kurulmasında yapıya en çok etki eden faktör malzemedir. Adaptif cepheler, nitelikli değişim yapan akıllı malzemeler ile oluşmaktadır. Akıllı malzemeler, özelliklerini (kimyasal yapısı, iletkenliği, akışkanlığı, sertliği, rengi vb.) tersinir bir biçimde çevresel uyaranların (rüzgâr, manyetik-elektriksel alan, ısı, ışık, basınç vb.) etkisiyle değiştirebilen ve uyarlayabilen malzemelerdir. Yapılan nitelik değişimleri cephenin dış çevreye karşı sürekli veya uzun süreli tepki vermesi ile küresel ısınmaya karşı doğal kaynakların sürdürülebilirliği ve yapı fiziğinin güçlendirilmesi açısından oldukça önemlidir. Akıllı malzemelerin cephede kullanımını aşağıdaki gibi ele alabiliriz;

-Özellik değiştiren akıllı malzemeler

-Enerji Alışverişinde bulunan akıllı malzemeler

Yapının cephesinde bu ilişki iki şekilde yorumlanabilir;

1. Cephede güneş ışıının olumsuz etkilerini cephede kullanılabilecek elemanlar ile önlemek.
2. Cephe üzerinde tasarlanan parçalar aracılığı ile yapı için gerekli enerjinin bir kısmını veya tamamını güneş enerjisinden sağlamak.

İki şekilde de yapı ve güneş ilişkisinde kullanılan malzeme ve kullanım çeşitlerine göre cephelerin etkinlik seviyesi değişebilmektedir. Yapıda kullanılacak malzemeler belirlenirken çevre verilerinin baz alındığı durumda yapının kendisinde var olan iç-dış veya sonradan entegre edilecek malzemeler olarak tercih edilebilmektedir. Uyarlanabilir gölgeleme sistemleri, bir binanın aşırı güneş radyasyonundan korunmasını sağlayan fiziksel / optik işlemlerle sistemleştirilebildiği gibi ışığını yansıtma, soğurma, yönlendirme veya filtreleme gibi kombinasyonlara sahiptir (Hraska, 2019). Gölgeleme sistemleri için kullanılan akıllı malzemeler için;

- Sıcaklık reaktif malzemeleri (şekil hafızalı alaşımlar, şekil hafızalı polimerler, şekil hafızalı hibritler, termokromik polimerler, termotropik malzemeler, faz değişim malzemeleri (PCM)),
- Güneş radyasyonuna tepki veren malzemeler (ışığa duyarlı polimerler, fotokromik malzemeler, fotovoltaiik hücreler),
- Kromojenik malzemeler (elektrokromik camlama, gazokromik malzemeler, sıvı kristaller, asma parçacık cihazları),
- Diğer malzemeler (elektroaktif polimerler, piezoelektrik malzemeler, manyetik özelliklerini değiştiren malzemeler) olarak sınıflandırılabilir. (Hraska, 2019).

Cephe performansına etki eden en önemli faktörlerden biri olan camlarda pasif cam sistemlerinden fotokromik cam kullanımı, ışık etkisiyle nitelik değişimi yapılmasını sağlar. Kullanımı oldukça yaygın olan fotokromik camlar kamaşmayı, ultraviyole ışınların olumsuz etkilerini azaltmaktadırlar. Cam üzerinde uygulanan farklı işlemler ile özellikleri değiştirilebilmekte ve farklı dalga boylarına göre geçirgenlikleri ayarlanabilmektedir. Bunu estetik olarak da tercih edebileceğimiz durumlarda dikroik kaplamalı camlar, soğuk ayna kaplamalı camlar, reflekte camlar,

seramik-emaye kaplı camlar, sıvı kristal kaplamalı elektrokromik camlar gibi örnekleri de bulunmaktadır. Bu durumda istenilen oranda bir yansıtıcılık seviyesi belirlenebilmektedir.

Şekil 3.1.2.1.'de fotokromik cam kaplama örneği görülmektedir. Fotokromik özellik gösteren bazı tekstik malzemeleri ile de cephelerde pasif bir gölgelendirme sistemi oluşturulabilmektedir. Bu sistem; cephenin dışına eklenecek olan malzeme ile güneş ışınlarının yön ve yoğunluk durumlarına bağlı olarak faz değiştirmesi sonucunda iç mekâna geçen ışığın çeşitli yoğunluklarda alınması veya tamamen yansıtılmasının sağlanması şeklinde uygulanabilmektedir.



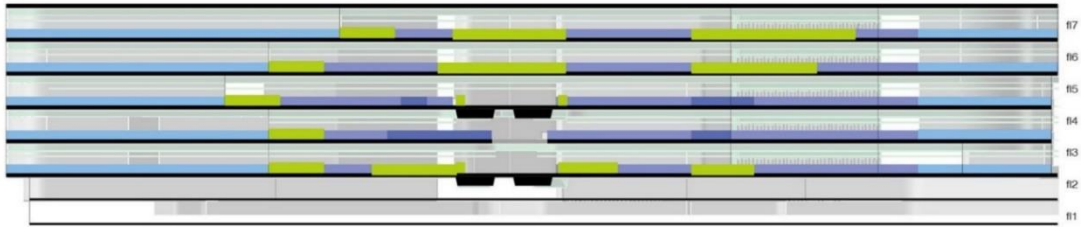
Şekil 3.1.2.1. Polonya'daki Gdańsk Teknoloji Üniversitesi'ndeki Bir Konferans Salonunun Çatısı (Karasu ve Sarıcaoğlu, 2018)

Cephelerde dış yüzeylere kullanılan malzemelerin dayanıklılık, bakım ihtiyacı, şekil ve yansıtma özelliklerine göre davranış biçimleri de değişmektedir. Örneğin düşey veya yatay şekilde uygulanabilen panjurlar daha az dayanıklı malzemelerdir. Daha az ve daha uzun süre dayanıklılık için çeşitli işlemlerden geçmiş malzemeler de kullanılabilmektedir (galvanizli çelik, anodize edilmiş alüminyum vb.). Güneş ışığı kontrolünü cephede sağlamak için son zamanlarda güneş kırıcılar, jaluziler, stor

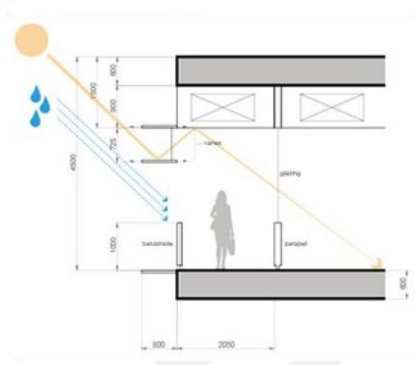
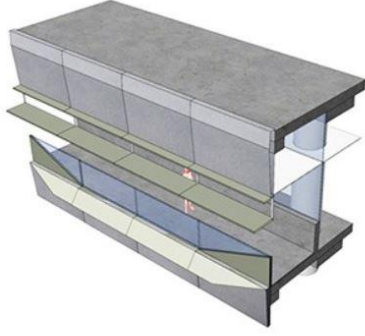
perdeler gibi daha düşük maliyetli yapı elemanları ve teknolojileri geliştirilmiştir. Sabit veya statik gölgeleme elemanı olarak kullanılan bu sistemler belirli bir süre içerisinde çevresel etkilere yanıt verme potansiyeli olarak sınırlı etki göstermektedirler.

Cephelerin şeffaflığını arttırarak gün ışığının iç mekâna daha fazla girmesini sağlayan rijit özellikte cepheler bir süre sonra kamaşma veya aşırı ısınma sorunları ile yapı içerisinde bulunan kullanıcıların uzun vadede beklenen iç mekân konforunu ve enerji tasarrufunu azaltmaktadırlar (Grynning, Lolli, Wågø, Risholt, 2017). Bu sebeple, cephelerde mekanlara güneş ışığının girmesi amacıyla geleneksel bir pencere yeterli olabilecekken mekân derinliği arttıkça mekâna daha fazla doğal ışık sağlamak için gelişmiş çözüm alternatifleri araştırılmaktadır.

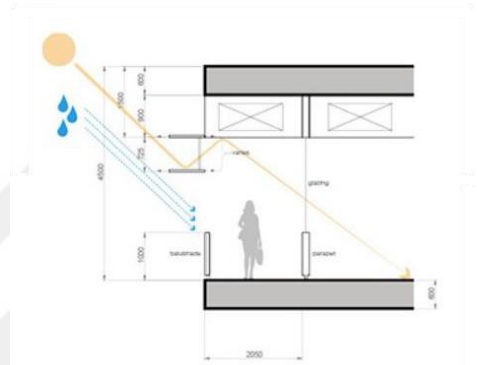
Yapı cephesinde kullanılan bazı yatay gölgeleme elemanları ile ışığın mekân üzerindeki geçirgenliğini arttırmak ve güneş enerjisini yapı içerisine daha az almak için yapılmış UNStudio'ya ait Singapur Teknoloji ve Tasarım Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmada (Şekil 3.1.2.2.) cephede ilk olarak Şekil 3.1.2.3.'de cephedeki koridora cam bir korkuluk eklenmiş; Şekil 3.1.2.4. 'de cephedeki koridora katı malzeme bir korkuluk eklenmiş; Şekil 3.1.2.5. 'te cephedeki koridorun kenarına bitki ögesi yerleştirilmiş; Şekil 3.1.2.6.'da katı malzeme bir korkuluk eklenmiş ve bu durumlar sonucunda yapı içerisindeki güneş enerji miktarını ne kadar azalttıkları ve gün ışığını iç mekana ne ölçüde taşıyabildikleri karşılaştırılmıştır.



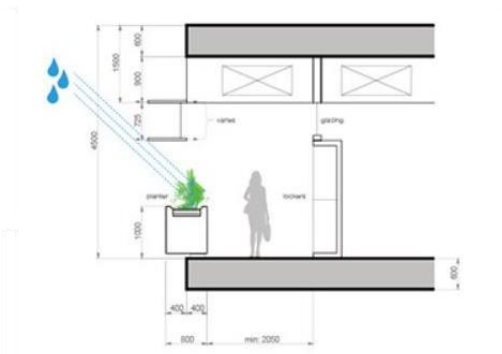
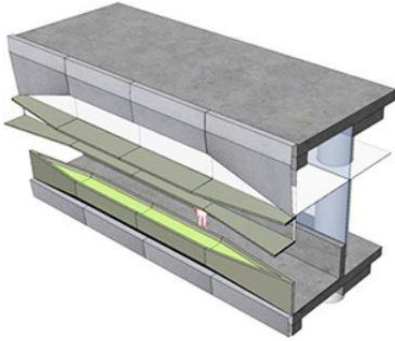
Şekil 3.1.2.2. Singapur Teknoloji ve Tasarım Üniversitesi Cephesi, Unstudio (Url



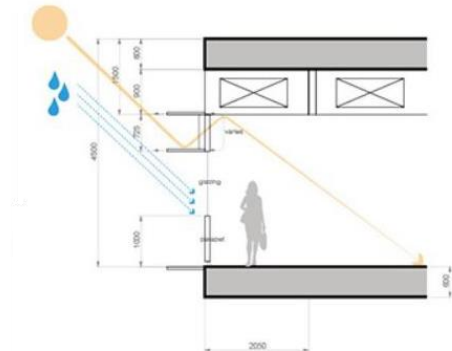
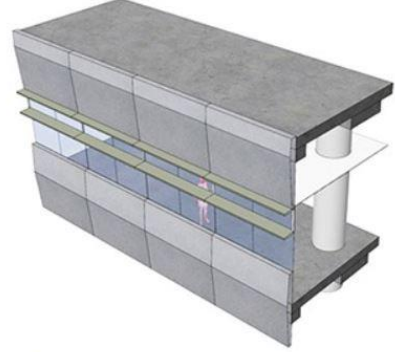
Şekil 3.1.2.3.Cephede Cam Korkuluk Etkisi Etkisi



Şekil 3.1.2.4. Cephede Korkuluk



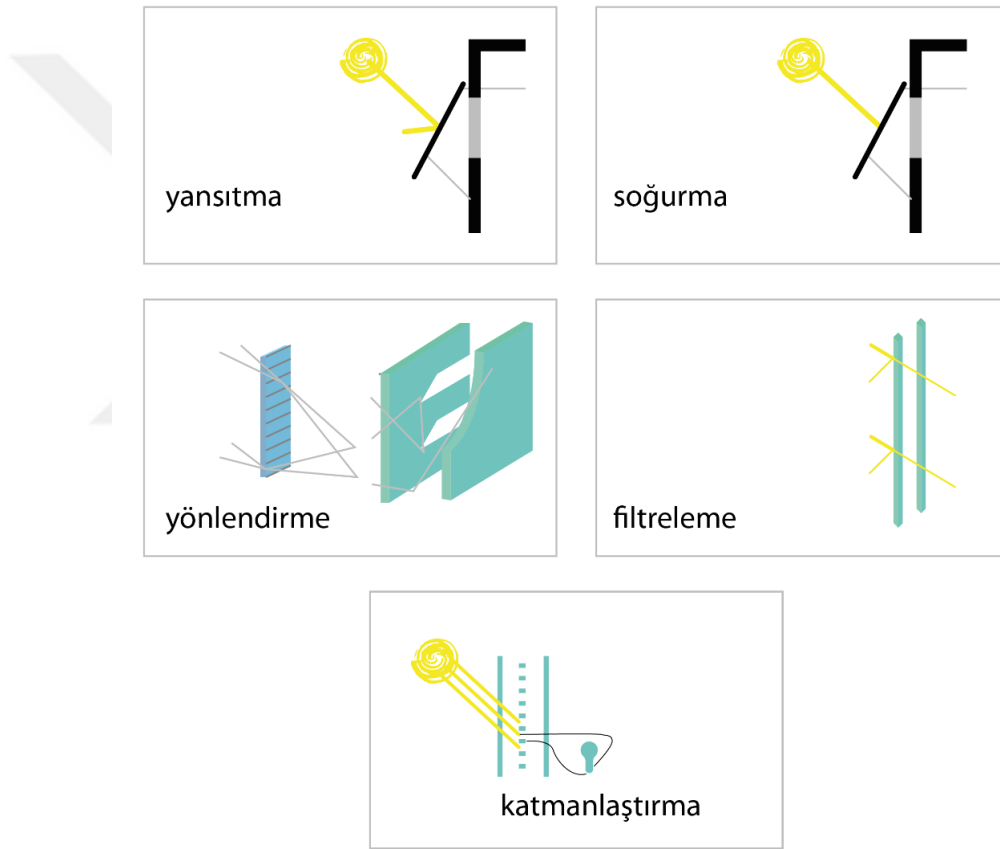
Şekil 3.1.2.5. Cephede Bitki Ögesi Etkisi Etkisi



Şekil 3.1.2.6. Cephede Korkuluk

3.2. CEPHE SİSTEMLERİNDE ISI DEĞİŞKENİ ETKİSİ

İnsanlar tarih boyunca doğal koşulları kontrol ederek barınmaları için çeşitli yaşam alanları oluşturmuşlardır. Yapım teknolojileri henüz bu kadar gelişmemişken bu konfor koşullarını doğal ve yerel malzemeler ile karşılamış; yere uygun yalıtım uygulamaları yapılmıştır. Fakat enerji kaynaklarımızın gittikçe tükeniyor olması yalıtım teknolojilerinin geliştirilmesini ve enerji kullanımının etkin hale getirilmesini ve bu konuda yeni çözümler üretilmesini zorunlu hale getirmiştir.



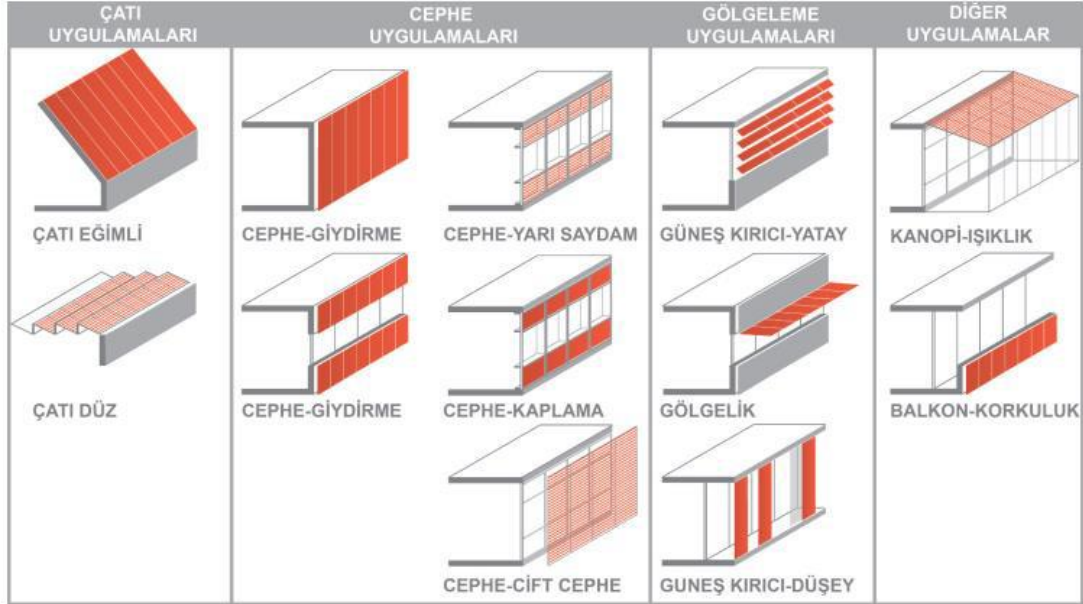
Şekil 3.2.1. Güneş Kontrol Prensipleri

Şekil 3.2.1.'de güneş etkisi karşısında cephelerin potansiyellerine göre verebileceği tepkiler belirtilmiştir. Yansıtma, soğurma, yönlendirme, filtreleme, katmanlaştırma etkisi ile enerjiyi dönüştürme vb. yöntemlerle cephe performansı düzenlenebilmektedir. Solar-adaptif cepheleri dört başlık altında inceleyebiliriz.

Bunlar;

- Bina ile Entegre Fotovoltaik Cephe Sistemleri
- Çift Cidarlı Cephe Sistemleri
- Yeşil Cephe ve Çatı Sistemleri
- Faz Değişim Malzemeleri Uygulanmış Cephe Sistemleri

Bunlardan ilk üç maddede belirtilen cepheler doğrudan solar etkiler ile temas etmekte olan dış yüzey teknolojileridir. Çift cidarlı cepheler, yeşil cephe ve çatılar güneş ışığını soğurur böylece yapıyı yaz-kış belirlenen konfor hedeflerine ulaştırabilmektedirler. Sabit sistemler genellikle güneş ışığını ve radyasyonunu yönlendirmek amacı ile tasarlanırken; ısı kazancın gerçekleşmesi, parlamanın azaltılması veya güneş ışığındaki enerjinin yönlendirilmesi gibi etkileri sağlamak için çalıştırılabilen sistemler kullanılabilir. Bunlar manuel veya otomatik olabilirken, kullanım amacı dış ortam koşullarına yanıt vermek ve uyumluluk sağlamaktır. Böylece yapıya esneklik kazandırılmış olmaktadır.



Şekil 3.2.2. Fotovoltaik Sistemlerin Cephe Entegrasyonları (Aydoğan, 2018)

Melbourne’de bulunan RMIT Tasarım Merkezi yapısı, çift cidarlı olup, üzerinde 17.000 adet güneş enerjisine duyarlı opak cam panel kullanan deneysel bir cepheye sahiptir. Paneller bina yüzeyini güneşin zararlı ışınlarından korurken aynı zamanda fotovoltaiik panel içermeyiği halde cam paneller ile tüm binaya yetecek miktarda elektrik enerjisi üretebileceği öngörölüyor. Jean Nouvel’in Paris’te bulunan Dünya Arap Enstitüsü’nden esinlenilen yapıda ısı kazanç ve yapısal rezonans sağlanırken aynı zamanda pasif havalandırma da yapılabilmektedir. Dünya Arap Enstitüsü’ne karşı burada bina yönetim sistemi bulunmasından dolayı performans gösterme şekli uzun vadede daha kararlıdır.



Şekil 3.2.3. RMIT Tasarım Merkezi, Melbourne. (url 11)

Binalarda güneşten gelen radyasyondan yararlanmak için termal enerjinin depolanması oldukça önemlidir. Çağdaş mimari tasarımlarda, iklim değışikliklerinden kaynaklı oluşan farklı koşullarda yapı kabuğunun, iç ortamda termal konforu ve aydınlatma kalitesini koruması beklenmektedir (Schumacher, M., Schaeffer, O., & Vogt, M. 2010). Günümüzde yapılardaki enerji etkin olma durumunun sağlanması denildiğinde akla ilk gelen ve ilk uygulanan parametrelerden biri, yapının dış

kabuğunu oluştural elemanların yalıtım özelliklerinin belirlenmesi ile ısı dirençlerinin yükseltilmesini amaçlamaktır.

Yeterli ısı yalıtımı sağlayamayan yapılarda oluşabilecek ısı köprülerini engellemek, iç ortam koşullarını dengelemek, yapıyı ısıtma ve soğutmak için kullanılacak enerjiyi azaltmak için çeşitli önlemler alınabilmektedir. Yapının enerji etkin olması ve uygun ısı yalıtımı uygulamalarında; iklimsel koşulların (güneş ışıınımı, rüzgâr, nem, sıcaklık vb.), yapının bulunduğu bölgenin coğrafi özellikleri (konum, yükseklik vb.) faktörler ele alınmalıdır. Aynı zamanda cephelerin ısı performansları baz alındığında kontrol edilebilir yapısal özellikler; cephelerin termofiziksel özellikleri, formu, yönü, kullanılan malzemeleri vb. parametrelerdir.



Şekil 3.2.4. Q1 Binası: ThyssenKrupp Quarter, Almanya.

Binaya entegre edilen termal enerjiyi depolamak için çok çeşitli sistemler veya malzeme çözümleri bulunmaktadır. Bu çözümler ortak paydada, mevcut enerji ve bu enerjiye talep arasında kalan zaman uyumsuzluğunu azaltmak ve bunun için enerjiyi daha sonra yapıda kullanmak için depolayabilmektir. Akıllı malzeme ve sistemlerin kullanılmasıyla bu ihtiyaç karşılanabilmekte ve cephelerin ısıya karşı tavırları uyarlanabilmektedir. Fakat önemli olan nokta yalnızca güç üretmek değil bu üretimi öğrenebilen, verileri işleyebilen bir mekanizma etkisiyle akıllı bir cilt oluşturmaktır.

3.2.1. Isı İletimi ve Isıl Genleşme

Yapıda kullanılan elemanların ısı kapasiteleri, gün içerisindeki sıcaklık dalgalanmalarını azaltmak ve iç ortam sıcaklığını dengelemek için önemli bir parametredir. Sanayi ülkelerinin elektrik ve diğer fosil yakıt enerji kaynaklarına bağımlı bir şekilde yaşamaya başladığından beri, termal enerjiyi depolamak için çeşitli yollar geliştirilmiştir. Bu bölümde cephelerde kullanılan malzemelerin ısı iletkenlikleri, bu durum sonucunda kazanım ve kayıplar; ısı enerjinin depolanması ve depolanan enerjinin gerekli durumlarda yapının performansı için enerjiye dönüştürülerek yeniden kullanılmasına değinilecektir.

Kullanılan malzemeler bileşenlerindeki organizmaların farklı çevresel koşullara göre verdiği tepkiler ile örneğin formlarını veya doğrultularını değiştirebilmektedirler. Mekanizmasız duyarlı mimari örneklerinden biri olan, DO|SU Mimarlık tarafından tasarlanan Bloom Heykeli, malzemenin ısı karşısında zamana karşı performansını, hesaplamalı formu ile adeta bir güneş izleme cihazı olarak tasarlanmıştır. Akıllı malzeme kullanımının gözle görülür örneklerinden Bloom Heykeli, termo-bimetal (TBM) malzeme ile oluşturulmuştur. İnce şeritten oluşan bimetal elemanlar ısı genleşme katsayıları (CTE) farklı iki metalin birleşmesi ile sıcaklık değiştiğinde ısınan doğrultuda yönelme sağlayarak tepki vermektedirler. Formun duyarlı ve boşluklu yüzeyi, güneşin ısıtmasıyla kabuğun belli alanlarını gölgelemekte ve havalandırmaktadır (url 12). Farklı seviyelerde ısı genleşme özelliği olan malzemelerin birarada kullanılması ile diğer çevresel uyaranlara karşı da farklı performanslar gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 3.2.1.1. DO|SU Studio Architecture Tarafından Tasarlanan Bloom Heykeli (url 12)



Şekil 3.2.1.2. Homeo Statik Cephe Sistemi Örneği, New York (url 13)

Enerjinin korunumu yasası kapsamında cephelerde kullanılan akıllı elemanların hareketleri incelendiğinde yenilikçi teknolojiler ile karşılaşılmaktadır. Örneğin Şekil 3.2.1.2.'de görünen Homeo Statik Cephe'de bulunan camların arasında gümüş elektrotlar ile kaplanmış yalıtkan şeritler görülmektedir. Bu şeritler ortamın ısısının artmasıyla şeritler açılarak mekân içinde güneş kontrolü sağlarken yapının ısı kaybını ve kazancını dengeleyerek enerji tasarrufu sağlamaktadır (Edupuganti, 2013).

Homeostas veya dengeleşim kavramları ile açıklanan davranış türü, canlılarda çevrelerinde gelişen olumsuz şartlar karşısında hücrenin iç yapısını düzenlediği bir fenomenolojik harekettir. Sıcaklığa karşı oluşan bu tepki, cephedeki şeritlerin üzerine gelen solar enerji sonucunda elektrik yükü üretmesi ve elastomerin yapısını değiştirerek hareket etmesi ile oluşur. Bu hareket sonucunda yapı içerisinde dengelenmiş bir ortam sıcaklığı oluşmaktadır.

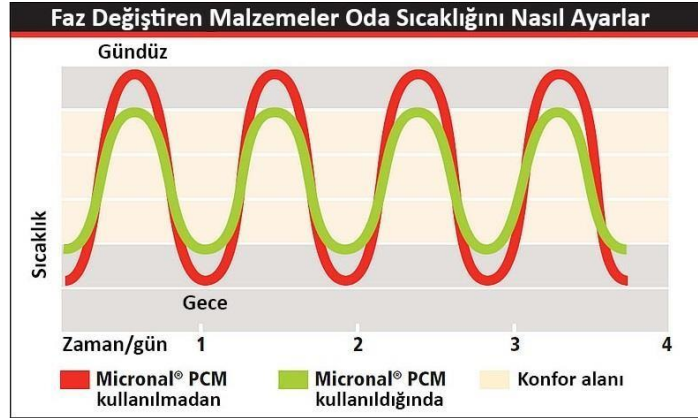
Termal enerji depolama sistemleriyle ozon tabakasına zarar veren kloroflorokarbonlara (CFC) gereksinim duymadan doğrudan soğutma-ısıtma yapılabilmektedir (Konuklu, Paksoy, 2011). Termal (ısı) enerji depolama yöntemleri ısııl yöntem ve kimyasal yöntem olmak üzere ikiye ayrılır. Isıl yöntem, duyulur ısı ve gizli ısıdan oluşurken; kimyasal yöntem, tepkime ısısı, kimyasal ısı pompası ve termokimyasal ısı pompasından oluşur (Konuklu, Paksoy, 2011). Bu durum kullanılan malzemenin ısı iletkenlik kat sayısına, yani ısıyı ne kadar hızlı iletmediğine ve termal kapasitesine veya ne kadar miktarda ısı depolayabildiğine göre değişmektedir. Örneğin ısı karşısında sıcaklık reaktif malzemelerinden biri olan faz değıştiren malzemeler, genellikle düşük termal iletkenliğe sahiptir. Farklı erime ve donma sıcaklığına sahip maddeler birarada kullanılarak yaz-kış termal konfor seviyeleri düzenlenebilmektedir. Binalarda ısı yalıtımı sağlama noktasında faz değıştiren malzemelerin kullanılması enerji depolama verimlerini arttırmakta, iç ortam sıcaklığını dengelemeye yardımcı olmaktadır. Faz değıştiren malzemeler gizli ısı depolama yoğunluğu fazla olan malzemeler olması sebebiyle çekicilerdir. Böylelikle yenilenebilir enerjinin üretilmesi ve yapıların enerji ihtiyaçlarının faz dışı olduğu ‘Net Sıfır Enerji’ yapılarındaki enerji uyumsuzluğuna bir çözüm olarak kullanılabilmektedirler (Cellura, Guarino, Longo, Mistretta, 2014).



Şekil 3.2.1.3. Rubitherm 'in Zeminde Faz Değiştiren Malzeme Uygulaması (url 18)

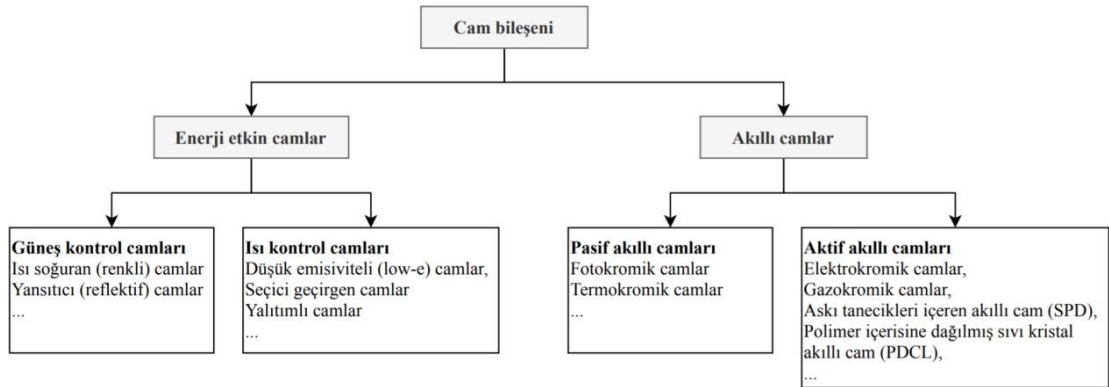
Rubitherm tarafından yaptırılan bir araştırmada FDM'ler (Faz Değiştiren Malzeme) zemine yerleştirilerek (Görsel 3.2.1.3.) bina yalıtımı sağlanmaya çalışılmıştır. Kullanılan sistem konvansiyonel ısıtma sistemleri ile karşılaştırıldığında, enerji tüketiminde %35 azalma sağladığı belirlenmiştir (url 18).

Faz değiştiren malzemelerin yapı malzemelerine uygulama kolaylığı ve kısa vadede yapının ısı kazançlarını yükseltme özelliklerine sahiptir. Enerji oranları, sıcaklık ölçümleri gibi veriler girilerek çeşitli simülasyon yazılımlarından geçirilen yapıda faz değiştiren malzemelerinin iç mekân koşullarına etkisi Şekil 3.2.1.4.'de olduğu gibi oda sıcaklığını konfor alanında tutulması şeklinde ifade edilmektedir.



Şekil 3.2.1.4. Faz Değiştiren Malzemelerin Oda Sıcaklığına Etkisi (Topal, Arpacıoğlu, 2020)

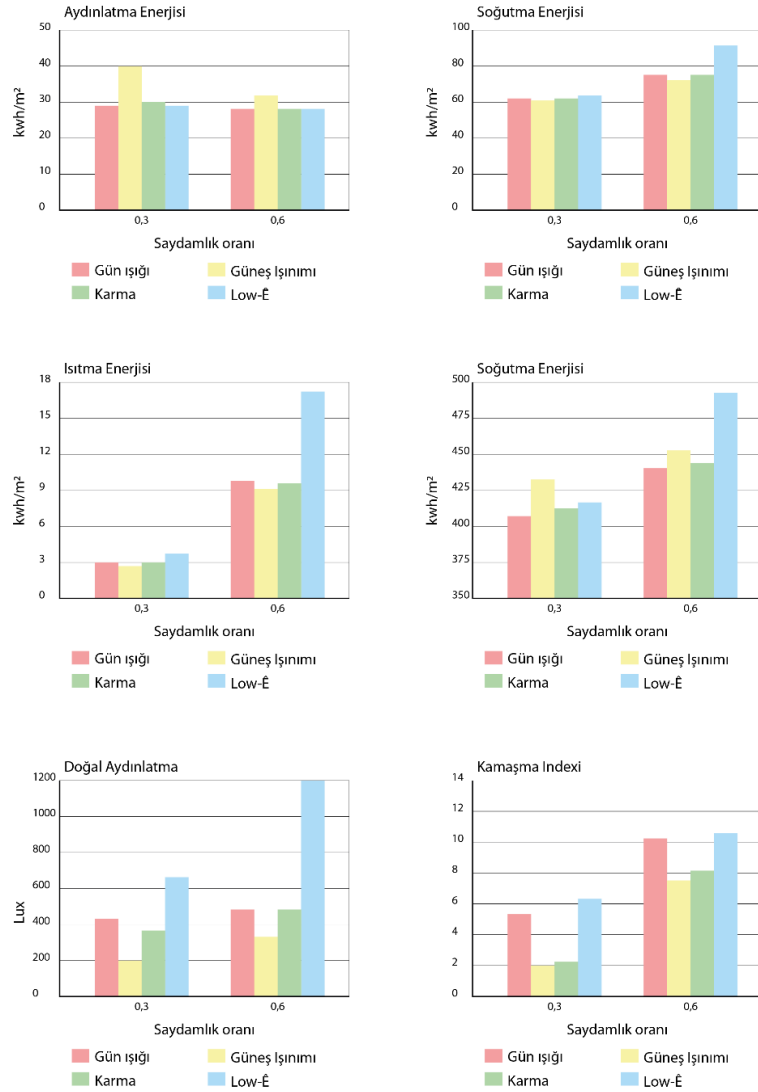
PCM malzemeli cephe sistemleri (Ticari adı: GlassX) gibi uygulamalar veya harç ve dolgu malzemesine katılan polimer olarak mikrokapsüllenmiş parafin mumu esaslı PCM katkısı (Ticari adı: Micronal) faz değiştiren malzemelerin ısı depolama özelliklerini kullanarak yapının daha az enerji tüketmesini sağlamaktadır (url 19).



Şekil 3.2.1.5. Akıllı Cepheelerde Kullanılan Cam Çeşitleri (Okumuş, 2020)

Genellikle pasif hareket sağlayan uyarlı cepheelerde yapısal özelliği değiştirilerek veya farklı mekanizmalar ile desteklenerek sıcaklık ve ışık yoğunluğuna göre özelliklerini değiştirebilen akıllı malzemelerden biri de camlardır.

Akıllı cepheleri tek tabakalı veya çift tabakalı (cidarlı) cepheler olarak inceleyecek olursak, özellikle tek tabakalı akıllı cephelerde istenilen düzeyde güneş ve ısı kontrolünün sağlanabilmesi için kullanılan camın türü ve kalınlığı, tabaka sayısı, tabakalar arası mesafe, ara dolgu gazı, cam yüzeyine uygulanan kaplama malzemesi ve güneş kontrol elemanının çeşidi ve konumu gibi parametrelere bağlıdır (Okumuş, 2020).



Şekil 3.2.1.6. Low-E Cam Kullanımının Cephe Üzerinde Yıllık Performans Değerleri

Şekil 3.2.1.5.'de belirtilen, yapıya etkinlik kazandırabilen cam çeşitleri görülmektedir. Cephelerde kullanılan akıllı cam sistemlerinin cephe üzerindeki etkinlikleri günümüzde oldukça çeşitlenmektedir. Pasif bir etkiye sahip olan cam tipi seçimi, cephenin performansını belirleyen önemli unsurlardandır çünkü bu noktalar yapıda direkt olarak iklimsel faktörlere maruz kalan ve yapının en çok enerji alışverişi yaptığı noktalardan biridir. Düşük emisyonlu ve iklim kontrollü camlar olarak bilinen low-e camlar, olumsuz iklim koşullarında cephelerde cama bağlı ısı kayıplarını minimize etmektedir. Kullanılan diğer güneş kontrol camlarının aksine Low-e camların görevi güneş ışığını soğurmak değil, yapının ısı kazancını ışığı dışarıya yansıtarak azaltmaktır.

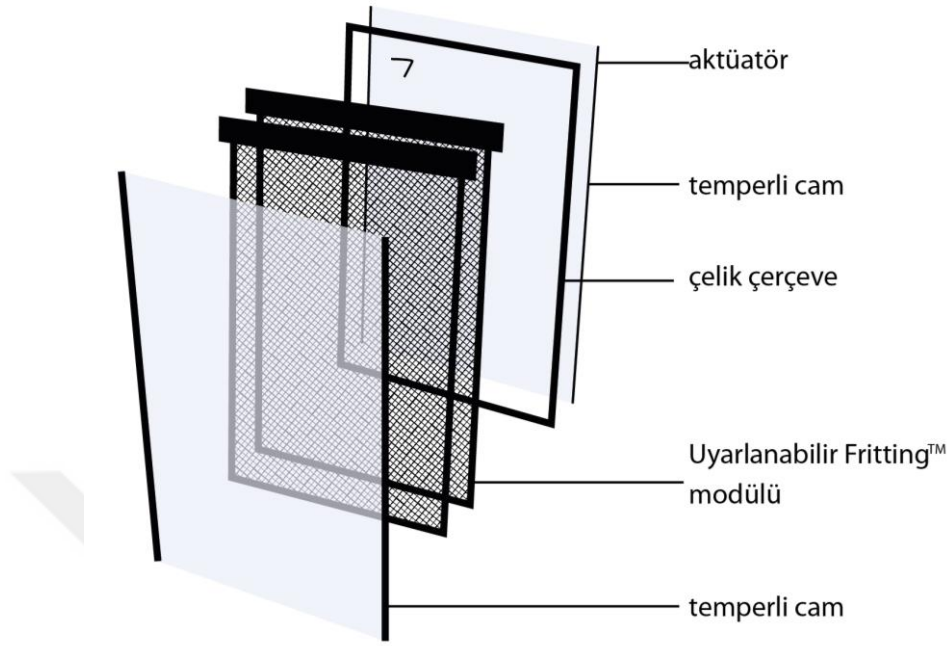
Termokromik malzemelerin bazı akıllı boyalara katılarak da çeşitli yapılarda kullanılabilmektedir. Örneğin; Tokyo Modern Sanat Müzesi'nin önünde duran Kiyoyuki Kikutake'nin tasarımı olan "Dünya" isimli paslanmaz çelik heykelde, çevre sıcaklığı ile etkileşerek gün boyu sarı ve kırmızı arasında renk değiştiren termokromik boya kullanılmıştır (Orhon, 2012).



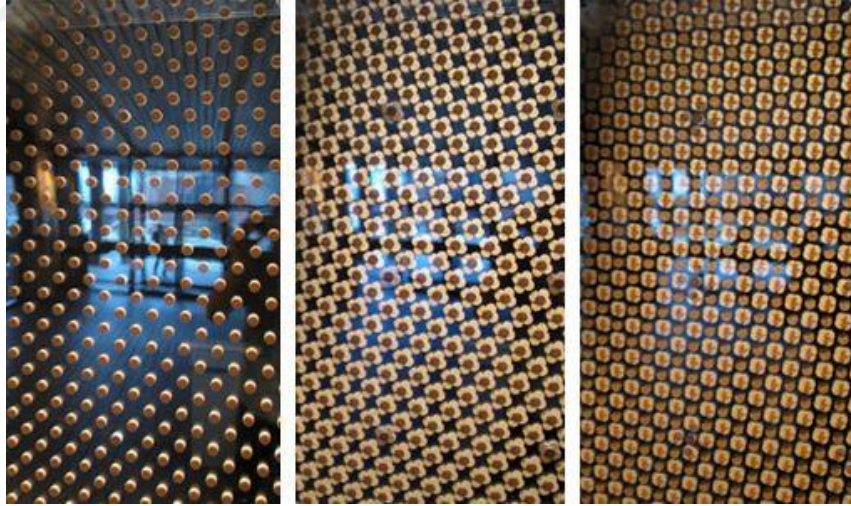
Şekil 3.2.1.7. Kiyoyuki Kikutake'nin "Dünya" Heykeli (Orhon, 2012)

Açık hava koşullarında cephelerde solar etkiye bağlı ısınma problemleri karşısında yapıyı soğutmak yapının maliyetini oldukça yükseltmektedir. Bu nedenle cephelerde ısıya duyarlı cam kullanımı ile alternatif çözümler üretilmektedir.

Akıllı camlar; ışık, ısı gibi çevresel etkilerle aktifleşen pasif sistemler ve elektriksel uyarı ile aktifleşen aktif sistemler olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır (Erkol, Sayın, 2021). Şekil 3.2.1.5.'de de görüldüğü gibi akıllı camları da iki kategoride inceleyebiliriz. Camlar üretilme aşamasındayken yapısal özelliklerinin değiştirilmesi ile karakter kazanmaktadır. Normal bir fritleme uygulaması ile camlar ince gözenekli hale gelir ve sıvı veya gaz moleküllerini geçirebilme özelliğini kazanmış olur. Yani bir filtre görevi görür hale gelmektedir. Bu teknoloji, yapı içerisindeki ısı kazanımını düşürmeye yardımcı olur ve cephelerde gün ışığını modüle etmek amacıyla kullanılabilir. Solar kontrol, ek bir elemana gerek kalmadan kendi içerisinde grafik bir çözüm ile gerçekleştirmektedir. Bu sistemin motor ile kontrol edilmesi dinamik bir modülasyon sağlarken aynı zamanda gerçekleşen hareket ile geleneksel olarak sabit bir desenin dışına çıkılır ve adaptif olarak kontrollü bir geçirgenlik elde edilebilir hale gelir. Şekil 3.2.1.8.'de Hoberman'ın Adaptif Fritleme Sistemi ile tasarladığı cephe örneği görülmektedir.



Şekil 3.2.1.8. Adaptif Fritleme Cephe Örneği, Harvard Graduate School of Design,
Hoberman (url 15)



Şekil 3.2.1.9. Adaptif Fritleme Cephe Örneği, Harvard Graduate School of Design,
Hoberman (url 15)

doğal ışık enerjisi ile aktivasyona giren alg hücrelerinin; kentsel ortamda değerlendirilme alanları arttırılması ile sürdürülebilir, enerji etkin ve adaptif bir cephe tasarımı için kullanılması uzun vadede etkili bir uygulamadır. Isıl olarak etkin bir cephe uygulaması için Şekil 3.2.1.12’de belirtilen SymBIO₂ projesinde cephe yüzeyine farklı bir katman gibi uygulanan alg tabakası, çevresel etkiler ile cephe arasında iklim değişikliği ve doğal kaynakların kullanımını pasif şekilde yönetmektedir.

Mikro-alglerin gelişip büyümesi veya aktivasyona girmesi için oluşturulan bir çeşit akvaryum tabakası cephe yüzeyine entegre edilir. Fotovoltaik paneller ile kıyaslanacak olursa maliyet, bakım, kurulum ve reaksiyon süreci olarak daha aktif bir sistemdir.



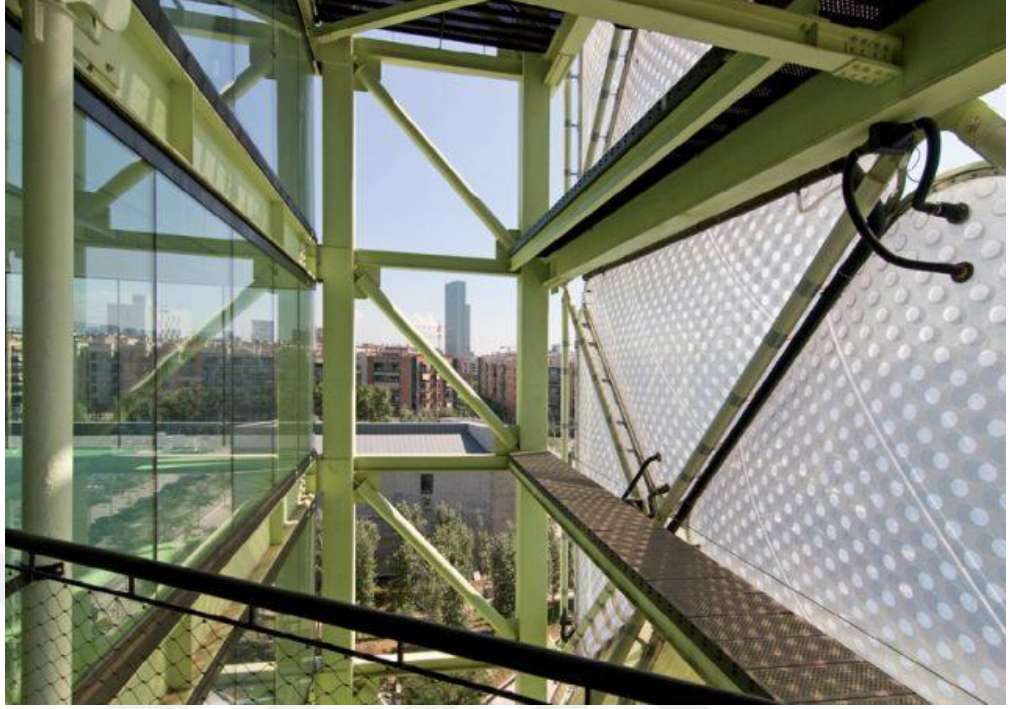
Şekil 3.2.1.11. SymBIO₂ Projesi Cephe Görünüşü (url 29)

Solar enerji ile cephelerde interaktif bir iletişim kuran örneklerden diğeri de yapıya örnek olarak; dış ortam ısisına karşı diyafram hareketi ile çalışarak iç ortam koşullarının iyileştirilmesine yardımcı olan ICT (Information and Communication Technologies) Medya Binası’dır. Eko-verimli materyal olan etilen tetrafloroetilen (ETFE) adı verilen kaplama malzemesinin kullanımı ile en hafif interaktif yapılardan biridir denilebilir.

Yapı cephesinde bulunan pnömatik sistemler ile uygulanmış bir çeşit hava yastığı denilebilecek elemanlar solar enerji karşısında belirli bir sıcaklık seviyesinden sonra hacmini arttırarak şişmeye başlamaktadır. Şişen kısmın içerisinde kalan alan hava odacığı oluşturmakta ve bu şekilde bir ısı regülasyon sağlanmaktadır. Metal elemanlar ile kurgulanan yapıda yastık görevi gören ETFE elemanlarının strüktürdeki bir dizi çekme kuvveti oluşturması ile esnek bir tasarım oluşturulmuştur. Yapıda merkezi bir kontrol sistemi yoktur, cephede kullanılan boşluklu malzemenin üzerindeki mikrodenetleyiciler ve pnömatik sistem ile çevresel etkileri algılamaktadır. Bu malzemenin deformasyonu ile gerçekleşen hareket ile yapı çevresel öğelere karşı uyumlanmaktadır.



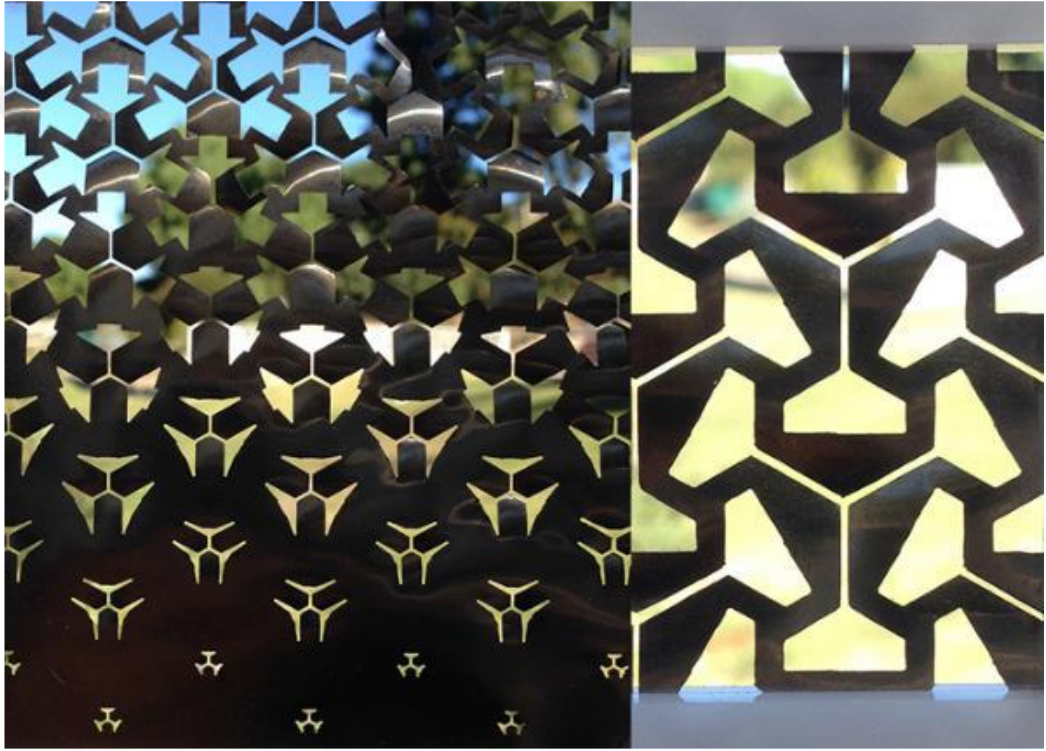
Şekil 3.2.1.12. Media-TIC Binası, Barcelona (url 17)



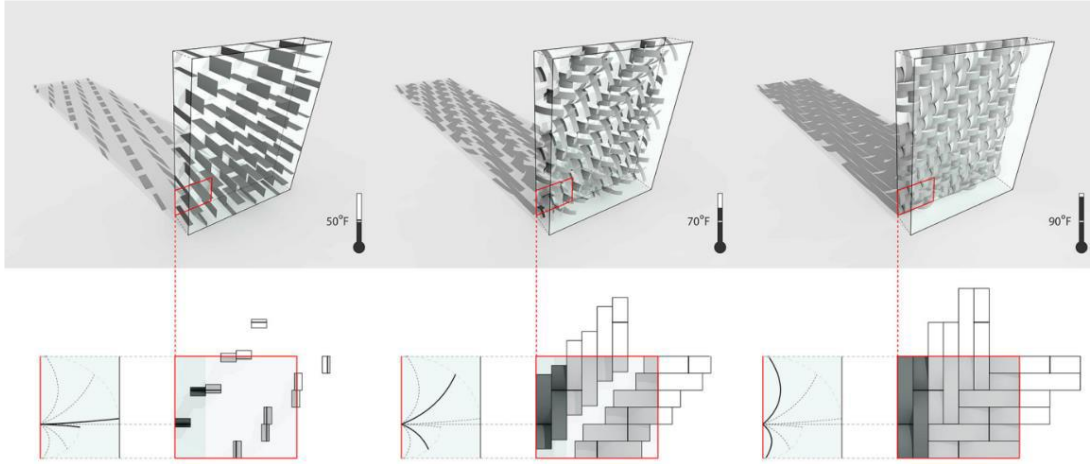
Şekil 3.2.1.13. Media-TIC Binası, Barcelona (url 17)

Solar Enerjiye tepki veren akıllı malzeme teknolojilerinden biri de şekil hafızalı alaşımların cephe malzemesi olarak kullanılmasıdır. Özellikle sıcak iklim koşullarında gittikçe önem kazanan bu yenilikçi teknoloji ile yenilenebilir enerji kullanımı güç kaynaklarına ihtiyacı minimuma indirerek cepheye performans kazandırmaktadır. Çeşitli uyaranlara göre şeklini veya boyutunu değiştirebilen bu malzemeler diğer sistemlere göre tersinir etki de yapabilme özelliğine sahiptirler. Algılama, makine ile kontrol etme veya aktivatör yöntemleri ile çalışabilmektedirler. Aktivasyon enerjilerinin düşük olması sebebiyle ilgi çekicidirler.

Çevresel uyaran tipine göre farklı şekilde isimlendirilebilen ŞHA'nın (Şekil Hafızalı Alaşımlar); ısı değişimlerine bağlı çalışan sınıflarına *Termostriktif* ismi verilmektedir. Cephede iki cam tabaka arasında uygulanan panjur sistemine benzeyen 'Glass Panel Shutter' cephe sistemi ile şekil hafızalı malzemelerden biri olan termo-bimetal (TBM) malzeme ile dış ortamın sıcaklığına göre paneller ısındığında şekillerinde Hoberman tasarımına benzer bir yaklaşım ile yüzeyi fraktal bir değişim gerçekleştirir.



Şekil 3.2.1.14. Glass Panel Shutter Cephe Yüzeyi Uygulaması (url 20)



Şekil 3.2.1.15. Glass Panel Shutter Sıcaklık ile Cephe Yüzeyindeki Değişim (url 20)

Yuliya Sinke tarafından prototip olarak tasarlanan Şekil 3.2.1.17. 'de görülen projede Faz Değiştiren Malzemelerin (FDM) cephede, şeffaf folyodan ve üzerindeki algılayıcı bileşenler ile sıcaklık dağılımına karşı tepki vererek geometrisini ve katı-sıvı hal geçişini değiştirerek gün içerisinde yapının transparanlık oranını etkileyen bir uygulamadır.



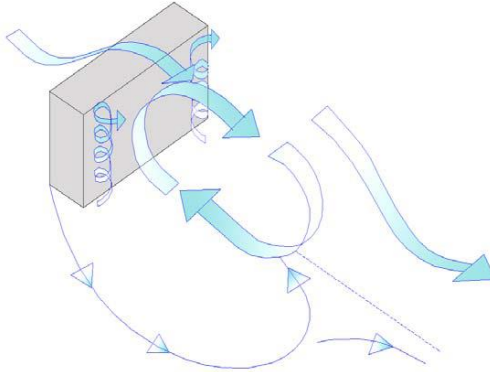
Şekil 3.2.1.16. The Broader Joint, Yuliya Sinke, 2018 (Url-21)

3.3. CEPHE SİSTEMLERİNDE RÜZGÂR DEĞİŞKENİ ETKİSİ

Yapıların yaşam döngülerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve doğru malzeme seçimi ile bu kaynakların yapı yüzeyinde değerlendirilmesi veya yapı içerisine alınması hedeflenerek yapı sektöründe özellikle iklimlendirme sistemleri için harcanan enerji miktarının düşürülmesi mümkündür.

Yeryüzünün farklı bölgelerinin farklı değerlerde ısınması, hava sıcaklığının, neminin ve basıncının farklı olmasına, bu basınç farklılıkları da hava kitlelerinin yer değiştirmesine neden olmaktadır. Bu hava akışına rüzgâr denir (Aronin, 1953). Rüzgâr enerjisinin de bir bakıma güneş enerjisinin dönüşüme uğramış biçimi olarak düşünüldüğünde aktif rüzgâr enerjisi yapı için büyük öneme sahiptir. Doğal, atık üretmeyen, içeriğinde zararlı bir etkisi bulunmadığı için çevreye olan olumsuz etkisi minimum olan ve teknolojik olarak gelişime oldukça açık olan bir çevresel faktördür.

Yeryüzü üzerinde doğal kaynakların kullanımı ile enerji dönüşümü yaratmak veya bu dönüşümlerden yararlanmak yapı teknolojileri için günümüz koşullarında sürdürülebilir bir etki yaratmaktadır. Yapılarda rüzgâr enerjisi pasif veya aktif bir şekilde değerlendirilebilmektedir. Pasif ve aktif olarak çalıştırılan rüzgâr enerjisinin kullanıldığı cephelerde sistem eğer pasif ise doğal havalandırma, aktif sistem kullanılmış ise enerji üretimi amaçlanmaktadır. Rüzgâr ve güneş enerjisi kullanılarak yapı üzerinde uygulanan pasif sistemler; baca ve baca etkili sistemler, rüzgâr kelepçeleri, güneş odaları ve trombe duvarları, çift cidarlı sistemler, atriumlar vb. gibi yapı formunda yapılan değişiklikler, yapının konumunun yönlenmesi gibi yöntemler ile oluşturulabilmektedir.



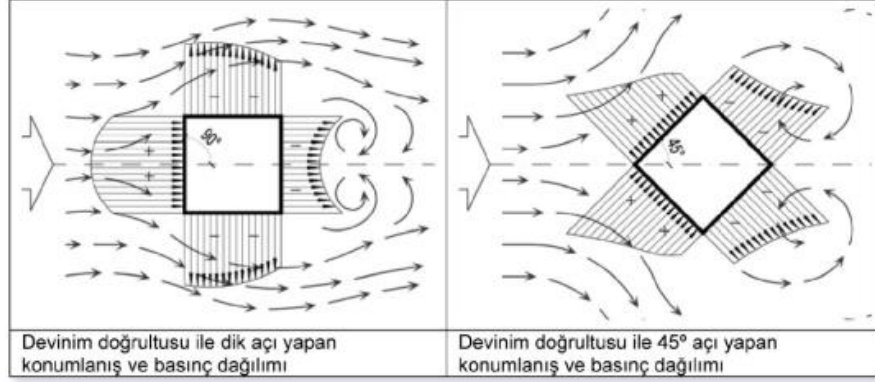
Şekil 3.3.1. Rüzgâr-Yapı Etkileşimi (Mann ve Conall, 2005, s.4)

Yapı için kabul edilebilir bir düzeyde yapılan havalandırmanın doğal yol ile sağlanmasında havanın hareketi, akış hızı, yönelme hareketi, yapının etrafında ve içerisinde oluşturduğu basınç bölgelerinin dağılımı vb. etmenler incelenmelidir. Yapının konumu bu durumda hava devinimi ve güneşin ısıtıcı etkisinden yararlanma açısından önemlidir (Balanlı, Darçın, 2012). Yüzeyle etki eden pozitif veya negatif basınç farklarında oluşan durum rüzgârın karakterini belirlemektedir. Pasif olarak havalandırma sistemlerinde rüzgâr hareketinin performansı, yapının rüzgârı karşılama biçimlerine göre değişmektedir.

Rüzgâr hareketine paralel doğrultuda bulunan paneller bu etki sonucunda dış kısma doğru bir itme tepkisi gösterirken, dik doğrultuda yerleştirilmiş paneller iç kısma doğru bir itme tepkisi gösterir. Bu sebeple cephe sistemleri rüzgârın üzerine uyguladığı baskıyı iç ve dış ortamda dengeleyecek şekilde planlanmalıdırlar.

Hava deviniminin oluşumu Havanın yüksek basınçlı bölgeden alçak basınçlı bölgeye akması	Hava deviniminin yönü Engelle karşılaşılan havanın yön değiştirmesi	Hava deviniminin doğrultusu Dar açılı engelin hava akımını etkilemesi
Hava deviniminde burgaçlar Geniş açılı engelin hava akımını etkilemesi	Bernoulli etkisi Engel nedeniyle akış hızının artması ve hava basıncında düşme	Venturi etkisi Sıkışma nedeniyle akış hızının artması ve hava basıncında düşme

Şekil 3.3.2. Rüzgâr Hareketinin Davranış Şekilleri (Balanlı, Darçın, 2012)

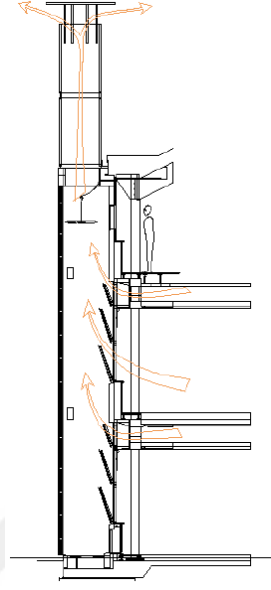


Şekil 3.3.3. Yapının Konumu- Hava Sirkülasyonu ve Basınç İlişkisi (Balanlı, Darçın, 2012)

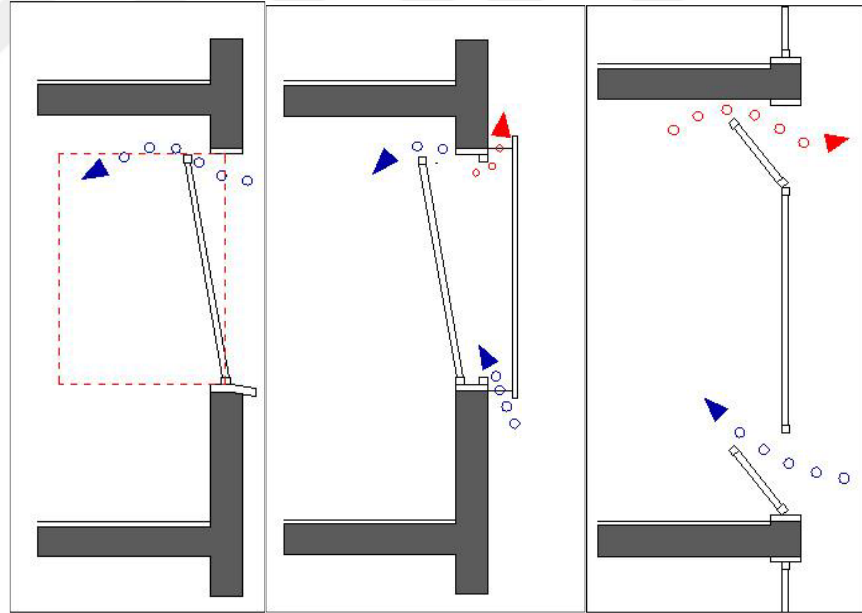
Sürdürülebilir cephe uygulamalarında pasif havalandırma örneklerinden biri olarak Şekil 3.3.4. 'te görülen binanın cephesine yerleştirilmiş havalandırma bacaları ile gerçekleştirilen doğal havalandırma ile enerji etkinlik sağlanması amaçlanmıştır. Güney cephesine yerleştirilen rüzgâr bacaları ile hava koşulları rüzgârlı olduğunda baca içerisindeki hava hareketinin etkinliği artmakta iken; sıcak mevsimlerde ısınan havanın yükselmesi ile havanın tahliye edilmesi gerçekleşirken basınç farkından dolayı binanın içerisindeki hava da emilir. Rüzgârı yakalamak konusunda oldukça verimlidirler.



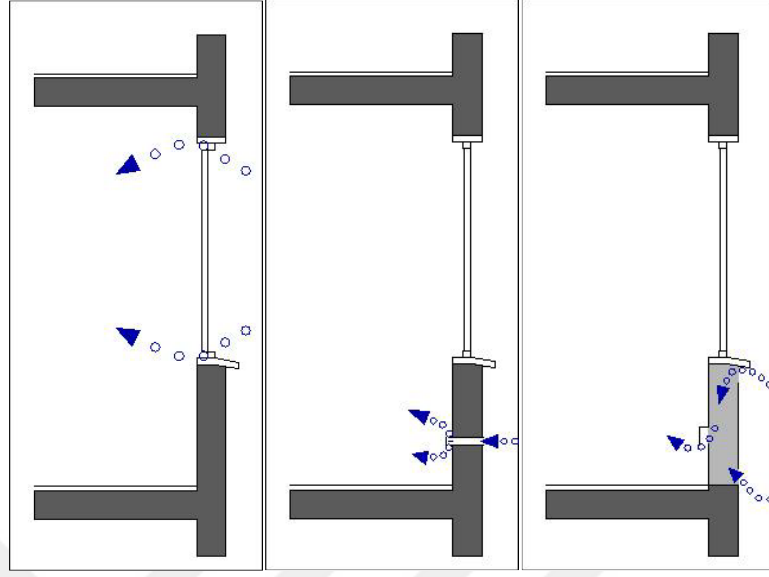
Şekil 3.3.4. BRE Ofis Binası, Feilden Clegg Architects, İngiltere (url 21)



Şekil 3.3.5. BRE Ofis Binası Havalandırma Şeması (Arslantatar 2006, s. 66)



Şekil 3.3.6. Havalandırma Açıklığı Çeşitleri a) Pencere Havalandırması b) Çift Kabuk Cephenin İçinden Havalandırma c) Havalandırma Kapakları (Hausladen, Saldanha, Liedl, 2006, s.54)

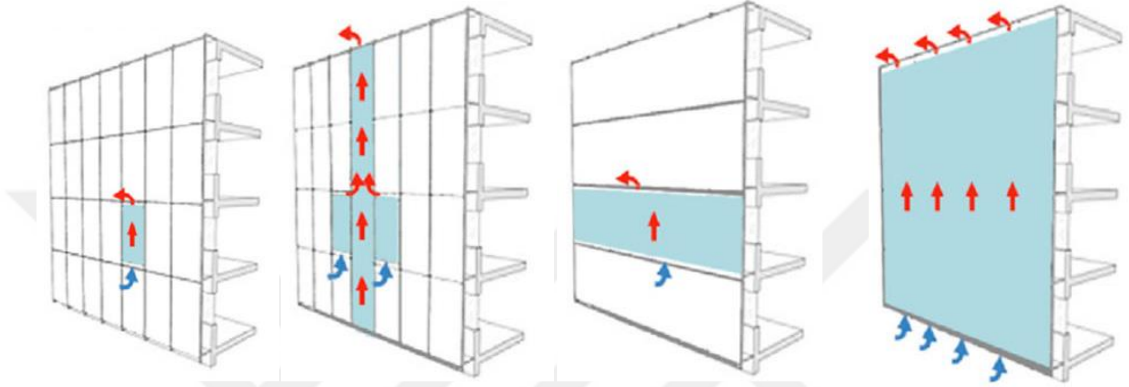


Şekil 3.3.7. Havalandırma Açıklığı Çeşitleri d) İnfiltrasyon e) Kontrollü Havalandırma Elemanları f) Ses Yalıtımlı Havalandırma Elemanları (Hausladen, Saldanha, Liedl, 2006, s.54)

Yukarıda belirtilen Şekil 3.3.5. ve Şekil 3.3.6.’da pencere havalandırması uygulamaları görülmektedir. Bu durumlarda cephede sızdırma yolu ile havalandırma yapılmaktadır. Pencere havalandırması, prensip olarak, cephede farklı niteliklerde olan havalandırma elemanları bulundurulduğu takdirde sağlanabilmektedir (Hausladen, Saldanha, Liedl, 2006).

Yapılarda iklimlendirme için kullanılan enerji miktarı oldukça fazladır. Özellikle yapıyı soğutmak amacıyla harcanan enerji, ısıtmak amacıyla harcanan enerjiden daha fazladır. Pasif sistemler dış ortam sıcaklığının çok yüksek veya düşük olduğu durumlarda yetersiz kalmaktadır. Özellikle yüksek yapılarda rüzgâr etkisinin fazla olduğu yüzeyler için doğal havalandırmayı mümkün kılmak amacıyla kullanılabilen çift tabakalı cepheler, yapı yaşam döngüsü boyunca iklimsel etkileri kontrol altına almak ve enerji etkinlik sağlamak için oluşturulmuştur. Cephede tampon bir bölge oluşturularak dış etkilerin doğrudan yapı yüzeyine etkisi engellenmiş olmaktadır. Bir çeşit tampon bölge oluşturulan yapıda gürültü kirliliği de azaltılmış olmaktadır. Çift katman arasındaki havanın sirkülasyon yöntemine göre veya oluşturulan bu boşluğun bölgelendirilme yöntemine göre iki grupta incelenebilmektedir.

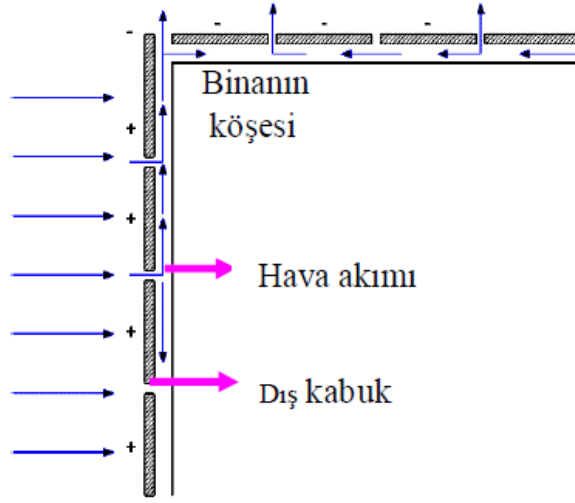
Doğal, mekanik ve hibrit olarak uygulanabilen çift cidarlı cephe sistemlerinde sirkülasyon pasif olarak, yapıya uygulanan rüzgâr kuvveti sonucunda oluşan basınç farkları ile veya ısınan havanın yükselmesi olarak iki şekilde çalışabilmektedir. Şekil 3.3.8. 'de gösterilen uygulama şekillerine göre yapıdaki sirkülasyon aralıklarına göre performansları değişmektedir.



Şekil 3.3.8. Çift Cidarlı Cephe Havalandırma Opsiyonları (Saroglou, Theodosiou, Givoni, Meir 2020)

Solar perdelemeye karşı hava koruması sağlayan çift cidarlı yapılarda, havanın geçebileceği aralık, hava hareketi boyunca uğradığı enerji değişim miktarını etkilemektedir. Üçüncü şekilde de görüldüğü üzere kat yüksekliğinde koridor tipi oluşturulan çift katmanlı cephe uygulamalarından, iç ortam ile hava alışverişinin kat bazında olması ve cephede muhtemel bir sorunda müdahale edilebilmesi adına daha verimli sonuçlar alınabilmektedir.

Özellikle yüksek katlı yapılarda kullanıcıların iç mekânın fiziksel koşullarına müdahale etmek istemesi durumunda pencere gibi elemanların açılması mümkün değildir. Böyle durumlarda bina yüzeyinden geri çekilmiş ve rüzgâra karşı korunmuş bir pencere sistemi ya da çift kabuk cephe sistemleri mekanik havalandırmaya alternatif oluşturmaktadır (Şekil 3.3.9.) (Sev 2009, s.103).



Şekil 3.3.9. Çift Cidarlı Cephelerin Ara Boşluğunda Basıncın Hava Akımı ile Dengelenmesi (Mann ve Conall, 2005, s.6)



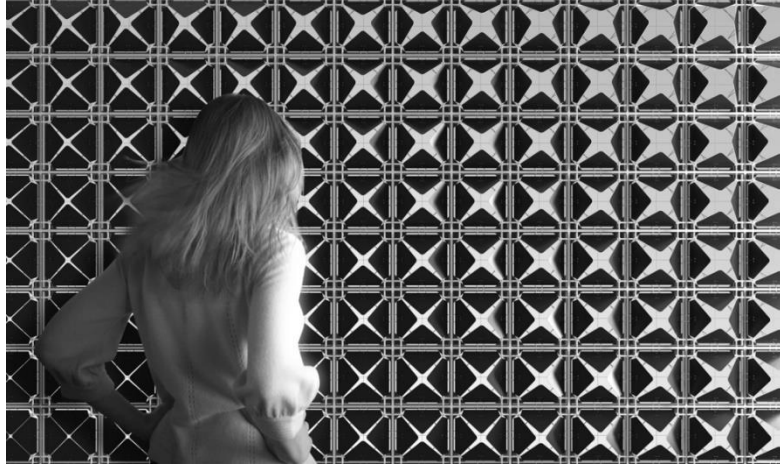
Şekil 3.3.10. Rüzgâr Tepkimeli Cephe Tasarımı, Ned Kahn (url 16)

İç mekânda kullanılan fan sistemlerinin oluşturduğu hava dışarıya cephedeki tabakaların arasından verilmesi durumunda cepheden kaynaklı ısı kaybının azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Temiz hava bu ara bölgeden yeniden yapı içerisine alınır ve cephedeki bu boşluk HVAC sistemine dahil olmaktadır. Gölgeleme cihazlarının boşluğa yerleştirilmesiyle de yaz aylarında soğutma yükü azaltılmaktadır (Erturan, 2010).

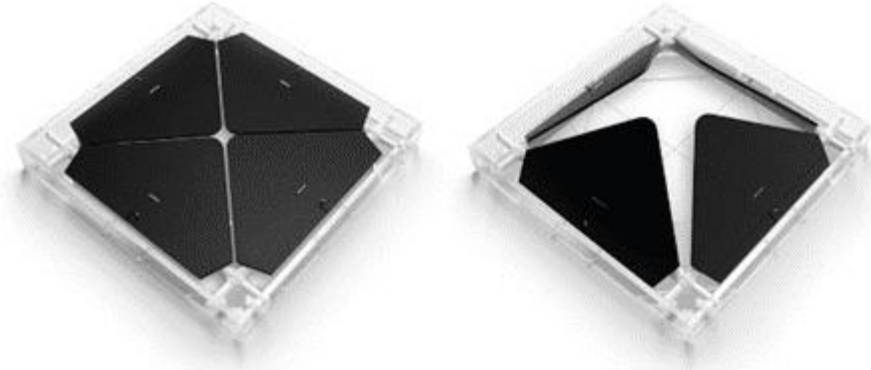
Çok sayıda alüminyum panelin cephenin yüzeyine asılarak rüzgâr etkisine karşı pasif olarak hareket eden Şekil 3.3.10’da görülen cephede perde etkisi yaratılmıştır. Oluşan çift tabakanın perfore malzeme ile oluşturulması yapının havalandırılmasını sağlarken aynı zamanda estetik olarak cephe yüzeyinde akışkan bir tabaka olarak ışığı da farklı şekillerde yansıtmaktadır.

Günümüzde rüzgâr enerjisi yapılarda birincil kullanım alanı olarak enerji üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Binaya entegre olarak veya monte edilerek uygulanabilen rüzgâr türbünleri rüzgâr enerjisine karşın en çok kullanılan aktif sistemlerden biridir. Fotovoltaik hücreler ile kullanılan türbünler, yapının günlük ihtiyacı olan enerjiyi üretmekte ve cephe performansını yükseltmektedirler. Konvansiyonel hareketler veya tek başına kullanılan elemanlar ile iklimsel koşulların değişimlerine uzun süreli bir adaptasyon verimi sağlanamamaktadır.

Aktif havalandırma sistemlerinde, cephe yüzeyinde veya tabakalar arasındaki elemanların hava hareketini algılayıp, bunun sonucunda enerji dönüşümü sağlaması ile bir eylem gerçekleşir. Bu dönüşüm genellikle türbinler, faz değiştiren malzemeler (FDM) gibi akıllı algılayıcılar ile veya mekanik aktüatörler ile gerçekleşebilmektedir. Örneğin; merkezi bilgisayar sistemiyle yönetilmeye ve bir güç kaynağına ihtiyaç olmadan cephede iç ve dış hava akışını yöneterek iç mekân hava kalitesinin düzenlenmesine yardımcı olan The Air Flower uygulamasını Resim x25’te görülmektedir. Sarı çiğdem çiçeğinin doğal ortamdaki hareketinden uyarlanmış olan bu mekanizma cephelerde aktif havalandırma imkânı sunmaktadır. Üzerine gelen etkiyi köşelerindeki aktivatör noktaları ile algılayarak artan veya azalan sıcaklık veya basınç etkisi ile içindeki tellerin hareketi sonucu açılıp kapanmaktadır.



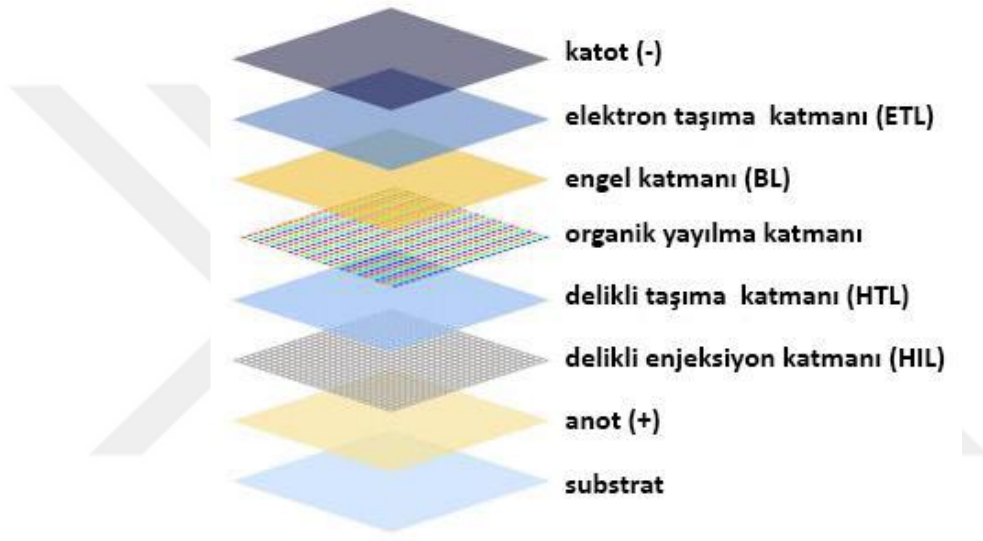
Şekil 3.3.11. The Air Flower, Lift Architects ([url 23](#))



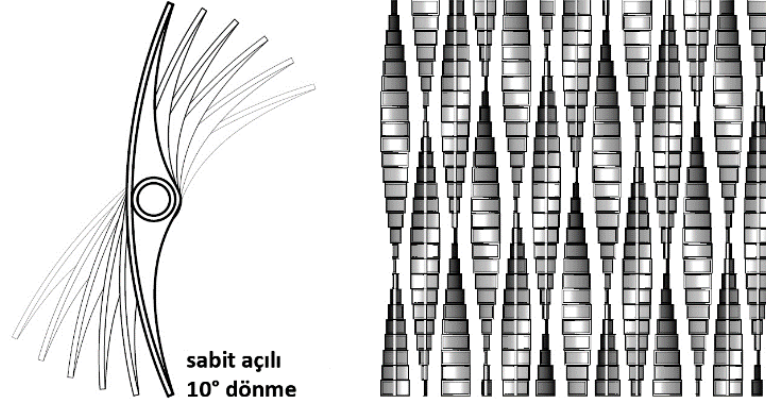
Şekil 3.3.12. The Air Flower, Lift Architects ([url 23](#))

Çevresel uyaranları algılayıp tepki veren malzemelerden biri olan OLED sistemi, temelde üzerine uygulanan elektrik karşısında hızlı karşılık vermekte ve ışık yaymaktadır. Geleneksel diyot veya LED sistemlerine benzer fakat bu hareketi organik moleküller ile sağlar.

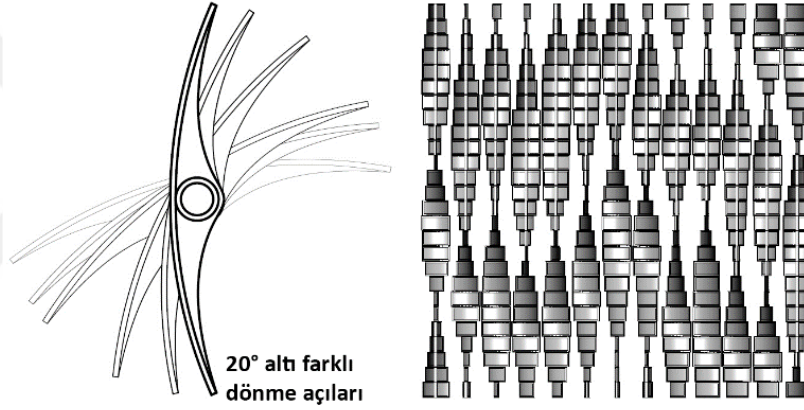
OLED sisteminin Şekil 3.3.13. 'de görüldüğü gibi cephede tirbün şeklinde uygulanması ile rüzgâr hareketi ile dönüş sağlayan bir tasarımıdır. Işık yayma amaçlı tasarlanmış olsalar da aşağıdaki şekillerde de görüldüğü üzere, uygulanan projede rüzgâr hızına göre türbin bıçakları dönerek farklı açı hareketleri oluşturmakta ve cephede farklı görüntüler elde edilmektedir. Panellerin üzerinde bulunan algılayıcılar ile rüzgârın olmadığı durumlarda da yapıya değişkenliği ile karakteristik bir görüntü kazandırmaktadır.



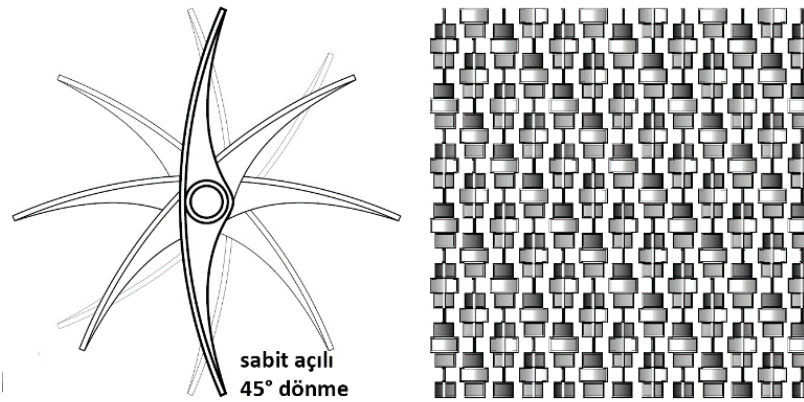
Şekil 3.3.13. OLED Katmanları (url 24)



Şekil 3.3.14. Aliasing OLED Türbin Çalışma Prensibi (url 25)



Şekil 3.3.15. Aliasing OLED Türbin Çalışma Prensibi (url 25)

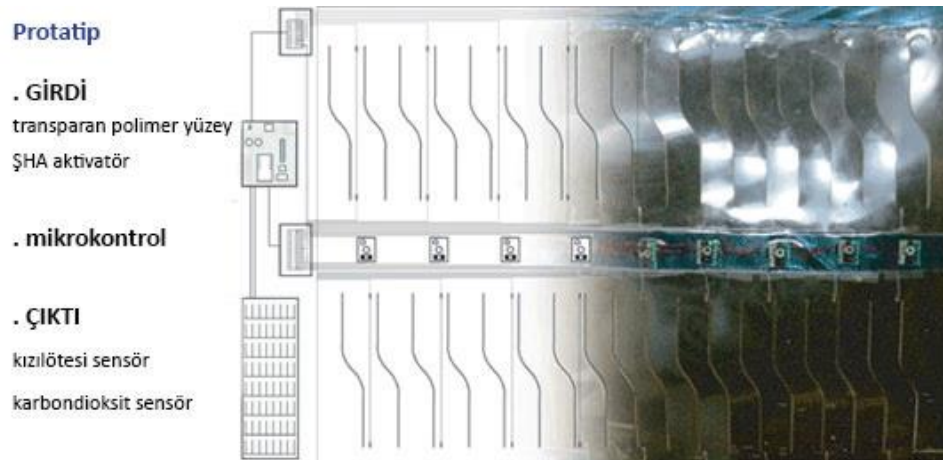


Şekil 3.3.16. Aliasing OLED Türbin Çalışma Prensibi (url 25)

Şekil hafızalı alaşımların (ŞHA) mekanlardaki CO₂ yoğunluğunu kontrol etmek amacıyla S. Yang ve D. Benjamin'in 2005'te oluşturduğu *Living Glass* uygulamasında doğadan alınan ilham ile cam malzemenin cephelerde solungaç etkisi yaratması amaçlanmıştır. CO₂ seviyesi arttığında elektriksel uyarı ile ŞHA telleri kısalır ve temiz havanın içeri akmasını sağlayacak yarıklar açılır (Şekil 3.3.17.); sistem, CO₂ seviyesi dış ortama eşitlendiğinde normal haline getirilir (Ergin, Girgin, 2020).

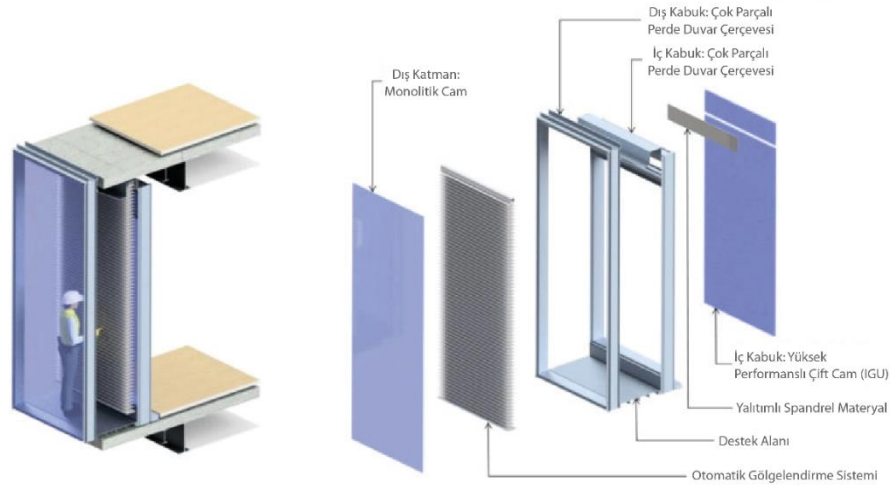


Şekil 3.3.17. Living Glass, S. Yang ve D. Benjamin (url 27)



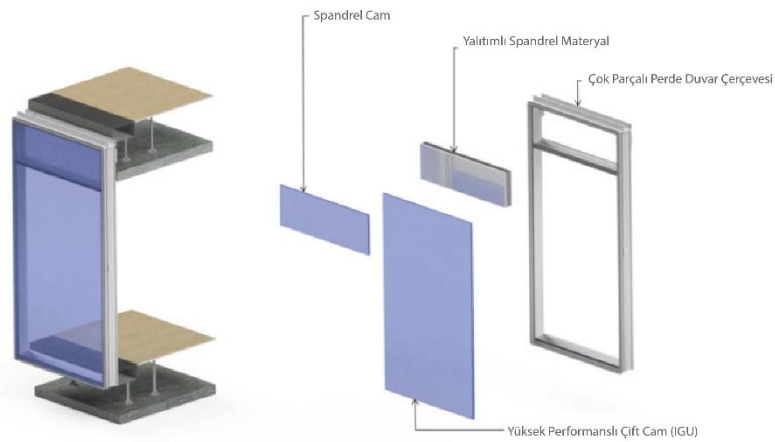
Şekil 3.3.18. Hafif Duyarlı Cephe Prototipinin Çalışma Biçimi (url 26)

Geçtiğimiz yıllarda yapılarda kullanımı gittikçe artmaya başlayan çift veya daha fazla katmanlı cephelerde doğal havalandırma gibi çevresel kaynakları verimli kullanma hedefi ile uygulanan yenilikçi tasarımlar görülmektedir. Çift cidarlı cephelerin daha gelişmiş versiyonu ve oldukça gelişmiş bir sistem olan kapalı boşluklu cephe veya CCF (Closed Cavity Facade) olarak adlandırılan cephe sistemi, iki cam tabaka arasında uygulanmaktadır. Yüksek miktarda ısı ve ses yalıtımı sağlamaktadır. Normalde çift cidarlı sisteme ek olarak sağlanan iklimlendirme kontrolü için yapılan müdahale bu sistemin içerisinde kapalı bir şekilde baştan kurgulanmakta ve bu şekilde uygulanmaktadır.



ÇİFT KABUKLU CEPHE

Şekil 3.3.19. Çift Cidarlı Sistem Uygulama Şeması (url 31)



TEK KABUKLU CEPHE

Şekil 3.3.20. Kapalı Boşluklu Cephe Uygulama Şeması (url 31)

Kapalı bir sistem olması dolayısıyla rüzgâr, yağmur gibi çevresel birçok etkiden etkilenmediği için solar enerji karşısında belirleyeceği performansa göre malzeme seçiminde daha dikkatli davranılmalıdır. Tasarımın ilk adımlarında çevresel koşulların iyi analiz edilmesi ile örneğin gölgelendirme kontrol elemanlarından panjurun merkezi bir kontrol yazılımı ile çevreye uyartılabilmesi mümkündür. Bu boşluğa yerleştirilecek aktif veya pasif sistem ile cephe performansı çok daha üst seviyelere çıkarılabilir. Yansım, difüzyon, filtre gibi özellikleri olmadığı için iç mekandaki enerjinin korunumu konusunda oldukça verimlidir. Cephenin iklimlendirme sistemleri ile iletişim kurabilir duruma gelmesi sağlanabilir ve dış ortamdaki değişikliklere göre sistemin koşulları yeniden programlanabilir durumdadır. Katmanlar arasında yoğunlaşmanın önlenmesi için bir miktar kuru hava ile besleme yapılmaktadır.



Şekil 3.3.21. K11 Musea, Kowloon, Hong Kong (url 28)

Aktif olarak havalandırılan CCF'de amaç boşluk içindeki hava akışını kontrol etmek iken, otomatik çalıştırılabilen pencerelerde amaç binaya giren havayı kontrol etmektir (Attia, Lioure, & Declaude, 2020).

3.4. CEPHE SİSTEMLERİNDE SU VE NEM ETKİSİ

Yeryüzünde küresel ısınma ve nüfus artışı etkisi ile su tüketiminin de artması, doğal su kaynaklarının hızla azalmasına neden olmaktadır. Su kaynakları fazla olan bir bölgede olursa dahi kişi başına düşen su miktarı düşük olabilmektedir. Yaşanan su problemi sonucunda doğal kaynakları korumaya çalışmak yetmemekte; yapılarımızda kullandığımız enerji miktarını minimuma düşürüp, çevresel ögelerle uyumlu bir ortam koşulları oluşturmamız gerekmektedir.

Nem etkisi binalar için en büyük sorunlardan biridir. Havadaki nem, yağmur etkisi, yeraltı suları, hava akışındaki nem miktarı, yapı içerisinde faaliyet gösteren sıvı malzemeler, iç ortamda bulunan ıslak hacimlerin etkisi, malzemelerin nem tutma kapasiteleri gibi incelenmesi gereken birçok parametre bulunmaktadır. Su (H_2O), donduğunda hacmini arttırır, saf durumda olduğunda ise tepkimeye girerek küf ve mantar oluşturarak yapıya zarar verebilmektedir. Bir malzeme istenmeyen miktarda nem aldığı anda, iç veya dış ortamda havanın su tutma kapasitesi, ısınma, aydınlatma gibi performanslarını etkilemektedir.

Akıllı binalar birçok alt sistemden oluşmaktadır. Enerji ihtiyaçlarını bu alt sistemler aracılığıyla karşılayan akıllı binalar rüzgâr, nem, yağış gibi havadaki oksijen (O_2) ve karbondioksit (CO_2) moleküllerinin dönüşümleriyle oluşan etkilerden kendilerini korumaları veya bu koşullara adapte olmaları gerekmektedir. Bu yapılar maruz kaldıkları nem ve yağmur gibi hava koşullarını engellemek veya kendi sistemlerine dahil etmek için belli sistemler barındırmaktadır. Havadaki bu su dönüşümü uyarlanabilir cephelerde nemin; absorbe edilmesi, toplanması ve buharlaşması olarak çalıştırılabilir. Yapının çatı ve cephe gibi dış yüzeylerine etki eden yağmur sularının çeşitli drenaj yöntemleri ile toplanıp biriktirilerek veya karbon filtrelerinden geçirilerek yapı içerisindeki günlük ihtiyaç durumlarında tuvalet sifonları, peyzaj alanlarının su ihtiyacı gibi alanlarda kullanılmakta ve bu şekilde çevreci bir yaklaşıma sahip olmaktadır.

Su ve nemin cepheye ne şekilde nüfuz ettiği ve nasıl tahliye edildiği konusu yapının sağlığı için oldukça önemlidir. Yapının şekli ve yüksekliği, yağmur karşısındaki davranışını etkilemektedir. Örneğin biçimsel olarak girinti çıkıntılı bir yapıdan yağmur suyunun tahliye edilmesi, direnaj kanallarının sürekliliğinin az olmasından dolayı daha yavaştır. Fakat düzlemsel, daha az karmaşık yüzeye sahip bir yapıda rüzgârın da etkisiyle yapının tüm yüzeyinden akarak tahliye edilebilmektedir.

Cephede uygulanan su yalıtımı ile bina cephelerinde yağmur suyunun tahliye edilmesinin başka bir yöntemi ise kılcal emme yöntemidir. Su moleküllerinin sahip olduğu yüzey gerilimi, yapının malzemelerinde bulunan gözeneklerden içeri çekilmesi ile gerçekleşir. Suyun bina ile temas ettiği sürenin uzun olması yapı tarafından içeriye alınma veya hapsolme miktarını arttırmaktadır. Bu nedenle su tahliyesi veya içeri alınan suyun verimli kullanılması oldukça önemlidir.

Nemin bina içerisine hava akışı ile buhar şeklinde girmesi ile de gerçekleşmektedir. Nem veya su buharı difüzyon ile cephede kullanılan malzemenin nem direncinden veya ortamdaki basınç farkından dolayı gaz halde olan su buharına mekanlar arasında itme kuvveti uygulayacaktır. Olması gereken uygulamada yapının cephesinde veya diğer mekanlar arasında nemin dengelenmesidir. Bu dengeleme uygulaması pasif ya da aktif sistemler ile gerçekleştirilmektedir.

Açık deliklerden hava akımı yoluyla bir binaya giren nemin hacmi, difüzyondan 100 kat daha fazla olabilir. 4'e 8'lik bir boyalı alçı levhadan difüzyon, soğuk bir iklimde günde yaklaşık üçte bir litre su verebilir, ancak bir inçlik bir delikten geçen hava akışı 30 litreye kadar çıkabilir (Hamilton, 2019). Bu nedenle neme ve yağışa karşı yapılarda çeşitli bariyer uygulamaları yapılmaktadır.

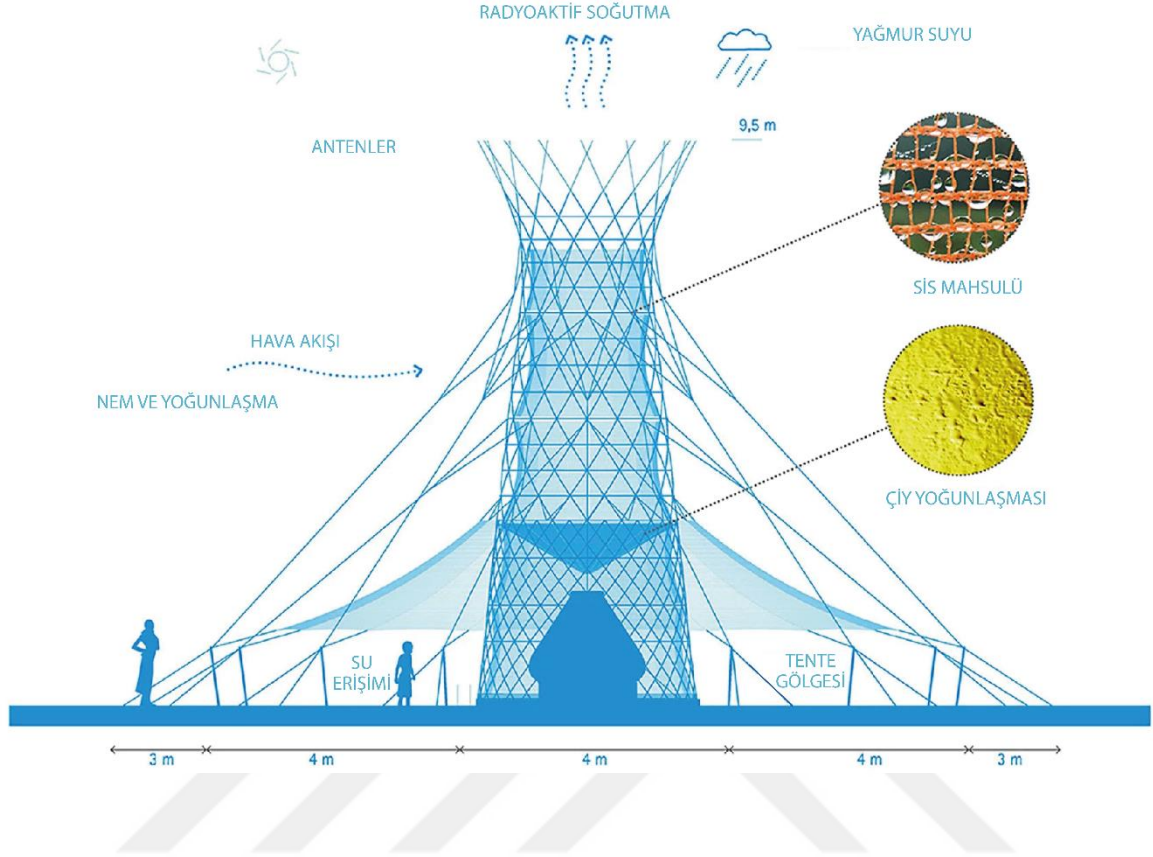
Yapının “ıslanma potansiyeli” değerlendirilirken “kuruma potansiyeli” de unutulmamalıdır. Cephede su yalıtımı denilince yüzeyin sudan tamamen sızdırmaz olması akla gelir. Böyle bir beklenti yoktur, buna karşılık olarak; mekân değişimlerinde kaplamaların ardından suya dayanıklı bir çeşit bariyer veya nem dengeleyici elemanlar yerleştirilmelidir.

Mimari tasarımda kullanım alanları gittikçe artmaya başlayan ‘nefes alan’ tekstil malzemeleri kullanımı ile pasif bir çalışma mekanizması oluşturularak yapı içerisinde ve dışarısında nemli hava akışını kontrol etmek, iç ortamın iklimlendirilmesine yardımcı olmak ve bir çeşit nem için tampon bölge oluşturabilmek mümkündür. Ortamdaki bağıl nem dengesini sağlayıp ortamdaki nem seviyesindeki değişikliklere uyum sağlayarak yapının neme karşı adaptif olmasına yardımcı olan bu nem-reaktif malzeme türü *higroskopik* olarak adlandırılmaktadır. Higroskopik malzemeler, nemi emme veya çekme özelliği olan malzemelerdir. Özellikle selüloz esaslı boşluklu malzemelerin doğal etkilerinden yararlanarak yerleştirilme yapılmaktadır.

Yeryüzündeki bölgelerde coğrafik etkilere bağlı olarak nem miktarı da değişkenlik göstermektedir. Havadaki nemin düşük olduğu bölgelerde ise nem ve sıcaklık dengesini kurmak amacıyla uygulanmakta olan *Evaporatif Havalandırma Sistemi* ile üst üste gelen ıslak ve kuru birkaç tabakadan oluşan bir mekanizma içerisinde havanın deviniminin sağlanması ile ortamın iklimlendirmesinde kullanılmaktadır.



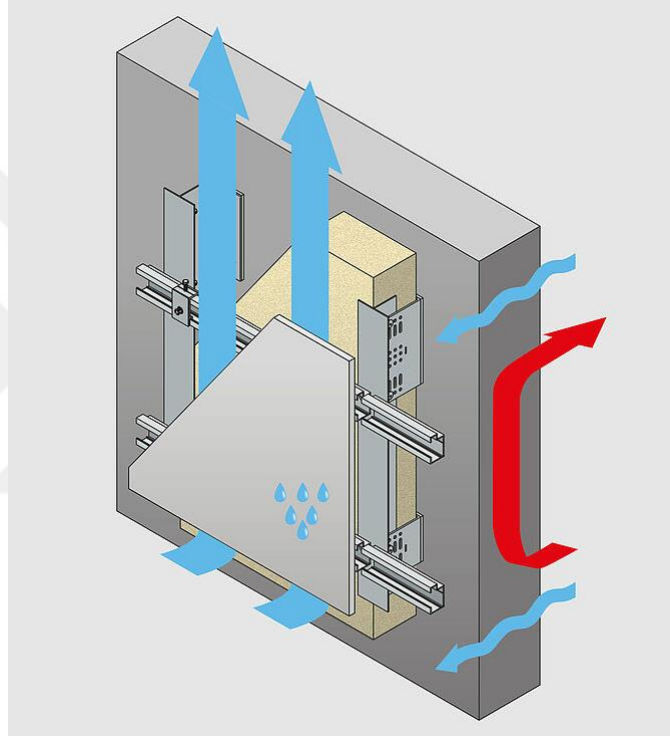
Şekil 3.4.1. Warka Kulesi (url 32)



Şekil 3.4.2. Warka Kulesi Şematik Gösterim (url 32)

Yapı malzemelerinin cephede suya karşı gösterdiği performansla yapıda sürdürülebilir özellik gösterebilmeleri amaçlanmaktadır. Şekil 3.4.1. ve Şekil 3.4.2.'de görüldüğü gibi, biçimsel olarak Etiyopya'da yapılan sepet örme tekniğinden ilham alan, bambu strüktür ile oluşturulmuş Warka Kuleleri su hasadı yapmaktadır. Atmosferde bulunan içilebilir suyu toplamak ve depolamak amacıyla oluşturulmuştur. Dıştaki bambu strüktürü iç kısımda polyester bir malzeme desteklemektedir. Çalışma prensibini doğadaki çeşitli canlılardan alan (su buharını kanatları yardımıyla taşıyan Namib böceği, Kaktüslerin solunum yöntemi, örümcek ağına takılan çiy taneleri, Lotus çiçeği vb.) kulede havadan yakalanan su damlaları ağırlaşarak alt kısımda merkezde oluşan depoda birikmekte ve suya ulaşımın oldukça zor olduğu bu bölgede yapılan uygulama ile hasat edilen su kullanılmaktadır.

Yüksek bağıl nem, vücut buharlaşarak soğutma (terleme yoluyla) çevredeki havaya daha az ısı kaybedebildiğinden, yüksek sıcaklıkların daha da yüksek hissedilmesine neden olabilir. Cephelerde oluşturulan havalandırma özellikli yağmur perdesi kaplamaları, özellikle yüksek veya çok katmanlı yapılarda havalandırmalı cephe sistemidir. Genellikle doğal malzemelerden oluşturulan yağmur perdesi kaplamaları, cephe ile arasında bir havalandırma boşluğu oluşturarak yapısal bir koruma sağlanmaktadır.



Şekil 3.4.3. Yağmur Perdesi Çalışma Prensibi (url 33)

Genellikle ahşap malzemelerin oksidasyonunu engellemek için uygulandığı bilinen emprenye yöntemi yani malzemenin su sızıntısını önlemek için nano partikül olan Silisyum dioksit (SiO_2) kaplama ile gözeneklerin ince tabaka haline gelmesi sonucunda su iticilik özelliği kazanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle yapılarda suyun cephe malzemelerinin yapısına geçmesinin önlenmesi amacıyla kullanılabilmektedirler.

3.5. CEPHE SİSTEMLERİNDE SES DEĞİŞKENİ ETKİSİ

Ortamdaki parçacıkların titreşmesiyle oluşan dalgalar, havada basınç değişiklikleri oluşturmaktadır. Bu basınç değişiklikleri kulak tarafından elektrik sinyallerine çevrilmekte ve beyin tarafından “ses” olarak algılanmaktadır (Özgüven, 1986). İnsanların algılayabildiği ve duyarlı olduğu ses frekansı aralığı 16-20.000 Hz’dir. Rahatsız edici seviyedeki bir ses gürültü olarak nitelendirilebilir. Fakat bir sesin rahatsız edici olarak nitelendirilebilmesi kişiden kişiye, sesin tipine, frekans seviyesine, süresine ve içeriğine ve basıncına göre değişebilmektedir. Dalgalar halinde yayılan sesin dağılırken gürültü yansımalarının oluşturduğu ses basıncı seviyesinin (SPL) kontrol altına alınması gerekmektedir. Ses basıncını kontrol etmek için iki yöntemden bahsedilebilir. Birincisi cephe kurgusuyla gürültü yansımalarını kontrol ederek yansımaların sokak kanyonundan ayrılmasını sağlamak iken; ikincisi, akustik enerjide etkili kayba yol açan yutma katsayısı yüksek malzemeleri yapı cephelerinde kullanmaktır (Sanchez, Van Renterghem, Thomas, Botteldooren, 2016).

Gürültü, insan sağlığı üzerinde çeşitli olumsuz etkilere sahiptir. Bunlar arasında fiziksel, fizyolojik, psikolojik ve performans üzerindeki etkileri sayılabilmektedir. Gürültü şiddetine ve etkilene süresine bağlı olarak insanda geçici veya sürekli işitme kayıpları, kan basıncı ve solunumda hızlanma, uyku hali ve davranış bozuklukları görülebilmektedir. Ayrıca iş veriminde düşme ve konsantrasyon bozuklukları da ortaya çıkabilmektedir (Anonim, 1998).

Yapıya etki eden ses basıncı seviyesinde 10 dBA artış, ses şiddetini yani kullanıcı tarafından algılanan sesi 2 kat arttırmaktadır. Bu nedenle ses basıncı kontrolü oldukça önemlidir. Kullanıcıların yapı içerisindeki konfor koşullarının başlarında gelen işitsel konforun sağlanması için gürültünün yapıya etkisinden önce gürültüyü oluşturan etmenler belirlenmelidir. Bu etmenler kentsel ölçekte yapılması gereken planlama ile başlamalı, örneğin ana trafik arterleri, sanayi veya havalaanı bölgeleri gibi yapıların yakınlarına konut yapıları yerleştirilmemelidir. Dış ortamdan kaynaklı gürültü; yapının cephesi, boşlukları, şeffaf açıklar gibi alanlardan veya malzemelerin düşük ses yalıtımı özelliklerinden dolayı iç mekâna geçmektedir. Bu noktalarda uygulanacak malzemelerin seçimi optimum ses aralığı dikkate alınarak

belirlenmelidir. Gürültünün seviyesini ana kaynağından çıkışından itibaren azaltmak daha az maliyetli ve çevreci bir yaklaşım olsa da ses iletimi kontrolü her ortamda şarttır.

Cephe tasarımları yapılırken çevresel ve iç mekân için oluşturulan gürültü yönetmeliğine bakılmalı ve ortamlar için gürültünün sınır değerleri ve gürültüye maruz kalma süreleri hesaplanmalıdır. Belirlenen ortalama Leq (Eşdeğer Gürültü Seviyesi) değerleri baz alınmalıdır.

Yapıların bulundukları çevrenin özelliklerine bağlı olarak birbirlerinden farklı düzeyde ve özelliklerde gürültüler söz konusu olabilmektedir. Havada ya da katılarda yayılarak yapıya ulaşan bu gürültüler, çeşitli açıklıklardan ya da yapı kabuğundan geçerek yapı kullanıcılarını etkilerler (Yüksel, Akdağ ve Aknesil, 2016).

Yapıya etki eden dış ortamdan kaynaklanmayan gürültü durumları en çok giydirme cephelerde görülmektedir. Bu durumda ses, döşemeler veya bölücü elemanlar arasında ses yalıtımı veya gürültü önleyici elemanların kullanılmamasından dolayı cephe hacminde veya iç mekânda oluşturulan boşluklardan dalgalanarak yayılmasıyla oluşur. Yapıya doğrudan ve dolaylı yoldan gürültü etkisi yapan durumlar vardır. Yapılarda veya dış mekânda yoğun olan bölgelerde gürültü etkisini azaltmak için çeşitli bariyerler kullanılmaktadır. Pasif olarak gürültü önleyen bariyerlere örnek olarak;

- Yol kenarlarına, otobanlara uygulanmakta olan polikarbonat veya ses soğurucu malzemeler ile gürültü bariyeri uygulanması



Şekil 3.5.1. Gürültü Bariyeri Uygulaması (url 35)

- Cephede peyzaj ögeleri ile oluşturulmuş geo-tekstil tabanlı yeşil duvar uygulaması ile ses yalıtımının sağlanması



Şekil 3.5.2. Gürültü Bariyeri Uygulaması (url 36)

- Cephelerde birden fazla katman kullanımı



Şekil 3.5.3. Cambridge Kütüphanesi Çift Cidarlı Cephe Örneği (url 37)

- Cephede sesi soğuran veya ses basıncını azaltan malzemelerin kullanılması ses iletimini azaltmaktadır.



Şekil 3.5.4. Rue des Suisses Apartmanları, Herzog de Meuron, Paris (url 39)

Cepheelerde düşük frekanslı sese maruz kalma durumunda (<1000 Hz) pasif yöntemlerin kullanılması yapının strüktürel olarak yükünde ve hacminde değişiklikler yaratabileceğinden cephe için sağlıklı çözümler olamamaktadır. Aktif sistemlerden cephe elemanlarının özelliklerinin iyileştirilmesi yolu ile uyarlanabilir cephe hedefleri gerçekleştirilmektedir. Cephenin aktif durumda olabilmesi, gürültü etkisi veya akustik performansı gibi konularda etkin, hafif ve çevreci bir yapıya sahip olması gerekmektedir.

Gürültüyü engellemek ve ses yalıtımı sağlamak için kullanılan geleneksel pasif yöntemlerden birden fazla katmanlı cam kullanımı veya ses yalıtım malzemeleri günümüzde de teknolojik gelişmelerin de etkisiyle en çok kullanılan yöntemlerdendir. Ses iletimini yavaşlatmak, frekansını düşürmek ya da tamamen durdurmak için uygulanan çeşitli gürültü bariyerleri bulunmaktadır. Bunlardan ilki, ses geçirmeyen cam kullanımıdır.

Şekil 3.5.5.'de Darmstadt Teknoloji Üniversitesi'nde geliştirilen ses geçirmez cam örneği görülmektedir. Araştırmacılar bu çalışmada, cam yüzeyine gelen ses enerjisinin yayılmasını önlemek amacıyla camın üzerine eklenen piezoelektrik sensör etkili malzeme ile gürültüyü oluşturan sesin titreşimlerini ölçmekte ve sensör tarafından algılanan titreşime zıt yönde bir salınım üreterek camın gürültüye karşı tepki vermesini sağlamayı amaçlamışlardır.



Şekil 3.5.5. Ses Geçirmez Cam Kullanımı (url 34)



Şekil 3.5.6. Dune Projesi (url 38)

Stüdyo Roosegaarde tarafından tasarlanan Dune, etraftaki kullanıcılar ile etkileşime giren aktif bir teknolojidir. İnsanların konumuna ve ses seviyelerine göre üzerinde bulunan çok sayıda liftten oluşan tüpler ile aydınlanmaktadır. Cephelerde kullanılabilmesi ile yapıda etkin bir yüzey oluşturulması mümkündür.



Şekil 3.5.7. Sonomorph, NatasaZednik (url 40)

Biyofilik tasarımdan ilhamını alan NatasaZednik tarafından tasarlanan Sonomorph isimli akıllı sistemde, ses enerjisini soğurarak depoladığı enerjiyi akıllı bir mekanizma ile kinetik ve aydınlatma enerjisine dönüştürmektedir. Açılıp kapanma hareketi yaparak uyaranlara tepki vermektedir. Led ile aydınlatma tepkisini ise kullanıcıların dokunması ile gerçekleştirmektedir.

3.6. KİRLİLİK DEĞİŞKENİ ETKİSİ

Günümüzde bozulan iklimsel dengeler, doğal kaynaklarımızın tahrip oluyor olması ve ekosistemde gerçekleşen enerji dönüşümlerinin dengesinin bozulması bize sürdürülebilir yapı tasarımında halihazırda sahip olduğumuz kaynaklarımızın büyük özenle kullanılması için dikkate almamız gereken uyarılardandır. Dünya çapında yılda 150 milyar dolar harcandığı tahmin edilen temizlik hizmetleri içinde yapı cephelerinin temizliğine dönük harcamaların önemli bir pay aldığı düşünülmektedir (Pauli, 2010). Cephelerin, özellikle yüksek katlı yapıların, temizliği sö konusu olduğunda yaşanan can kayıpları ve yaranlanmalar temizlik sektöründeki en çok sayıda belirtilen ölüm sebeplerindendir. Örneğin: İngiltere’de pencere temizliği sırasında oluşan kazalarda yılda 20 kişi ölürken, 1500 kişi de yaralanmaktadır (BRE, 2016).

Günümüzde gelişen teknoloji ile enerji etkin binaların kullanımının artmasıyla yapıların kullanım ve işletim maliyetlerinin ciddi oranda azaltma girişimleri yapılmaktadır. Aktif ve pasif teknolojiler ile cephelerde çevresel etkilerin bina performansına olumsuz etkilerini azaltmak için her geçen gün yeni bir girişimle karşılaşmaktayız. Pasif tasarım stratejileri, bina performansının iyileştirilmesi için düşünülebilecek çeşitli yenilikçi enerji verimli teknolojilerle Net Zero Energy Building (NZE) ve Positive Energy Building (PEB) gibi kavramlara doğru ilerledi (Kolokotsa ve diğerleri, 2011).

Bu doğrultuda oluşturulan Kendini Temizleyen (KT) cephe kategorisinde amaç, bir müdahale olmadan cephede çevresel ve yapının kendi kullanımından dolayı oluşan kirliliğin azaltılması ve ortadan kaldırılmasıdır. Akıllı malzemeler ile ‘aktif’ olarak oluşturulan bu uygulama üç çeşit yüzey mekanizması ile gerçekleşmektedir. Bunlar; (Orhon, 2014)

- Süperhidrofobik Yüzeyler
- Fotokatalitik/Süperhidrofilik Yüzeyler
- Yapışmaz Yüzeyler

1988 yılında ‘Lotus Etkisi’ olarak patent alan Barthlott, ‘süperhidrofobik yüzey’ uygulaması ile kendi kendini temizleyen, kullanılan yüzeyi nano/mikro boyutta inceleyerek malzemenin lotus çiçeğinin doğadaki tepkisine benzer bir reaksiyon vererek çeşitli boya vb. malzemelerde kullanması için çalışmaların başlamasına sebep olmuştur. Yapılan çeşitli girişimler ile, oluşturulan boya malzemesi günümüzde oldukça yaygındır. Boya kaplandığı yüzeyde dalgalı bir mikro-strüktür oluşturarak lotus etkisi yaratmaktadır; yüzey ile üzerine düşen su damlası arasında 140° temas açısı oluşturarak örttüğü yüzeyi süperhidrofobik yapar. Kâgir yüzeylere (beton, yığma vb.) fırça, rulo veya havasız spreyle uygulanabilen mat renkli boya, ahşap ve metal yüzeye uygulanamamaktadır (STO, 2005).



Şekil 3.6.1. Lotus Etkisi ile Kendini Temizleyen Yüzey Mekanizması (Zhang, Feng, Wang, Zheng, 2016)

Cephede Titanyum dioksit (TiO_2) kullanımı ile, ışık etkisi altında yüzeyde tutunmuş olan kirletici etkisi veya potansiyeli olan maddekeri su (H_2O) ve karbondioksit (CO_2) moleküllerine parçalama etkili yüzeylere *Fotokatalitik/Süperhidrofilik Yüzey* denmektedir. Mimaride membranlar, cephe elemanları, kirlilik yiyici beton malzemeler vb. kullanım alanları bulunmaktadır.

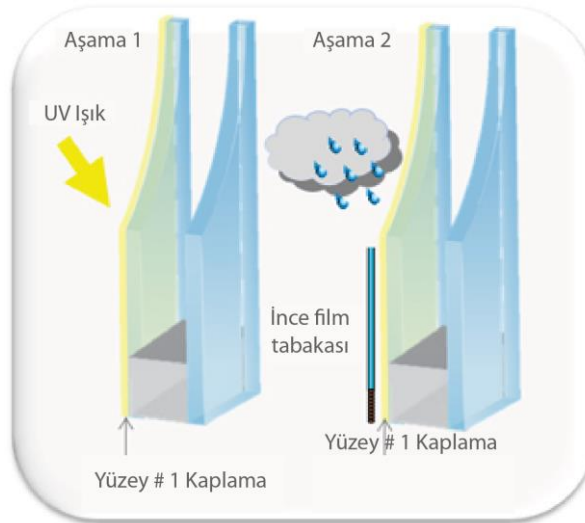


Şekil 3.6.2. Brezilya Stadyumu Fotokatalitik Membran Uygulaması (url 41)



Şekil 3.6.3. Monte Verde Kulesi Fotokatalitik Cephe Panel Uygulaması (Orhon, 2014).

Titanyum dioksitin cephe camlarına kaplanarak kullanılmasından itibaren bu özelliği camlara da kazandırmışlardır. Süreç biraz yavaş ilerlese de havanın güneşli olmadığı durumlarda bile camın üzerine uygulanan ince bir film sayesinde sistem çalışabilmekte ve yüzeyde bulunan kirletici elemanları uzaklaştırarak suyun dahil yüzeyde kalmasına engel olmaktadır.



Şekil 3.6.4. Kendi Kendini Temizleyen Camların Çalışma Mekanizması (url 42)



Şekil 3.6.5. Kirlilik Yiyici Beton Uygulaması Adams-Sangamon Park Projesi, Chicago (Orhon, 2014).

Şekil 3.6.5.'te görüldüğü gibi malzemenin kirletici ögeleri etkisi altına alıp uzaklaştırması veya yüzeyinde barındırmaması gibi özelliği Amerika'da bir çocuk parkında uygulanmıştır. Benzer uygulama kapsamında Hollanda'da yapılan bir çalışmada (PCA, 2012), trafiği yoğun bir bölgede bulunan kaldırımda kullanılmış fotokatalitik beton malzemenin kaplaması ile normal bir beton kaldırım kaplamasının etkinliği karşılaştırılığında fotokatalitik betonlu kaldırımın bölgedeki azot oksit miktarını %25-45 azalttıkları bulunmuştur. Bu tür uygulamaların cephelerde de kullanımı arttırılarak yaşayan, enerji üreten ve çevreye pozitif etki yartatan yapılar oluşturulması mümkündür. Şekil 3.6.6.'da görülen fotokatalitik malzeme özellikli cephe, kendini ve havayı temizleme performansı gösteren bir diğer örnektir.



Şekil 3.6.6. Fotokatalitik Özellikte Cephe Örneği, Manuel Gea Gonzalez Hastanesi, Mexico City (url 43)



Şekil 3.6.7. Cephede Kirlilik Önleyici Tekstil Malzemesi Kullanımı (url 44)

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. ADAPTİF CEPHE SİSTEMLERİNİN ÇEVRESEL PERFORMANSLARINA GÖRE İNCELENMESİ

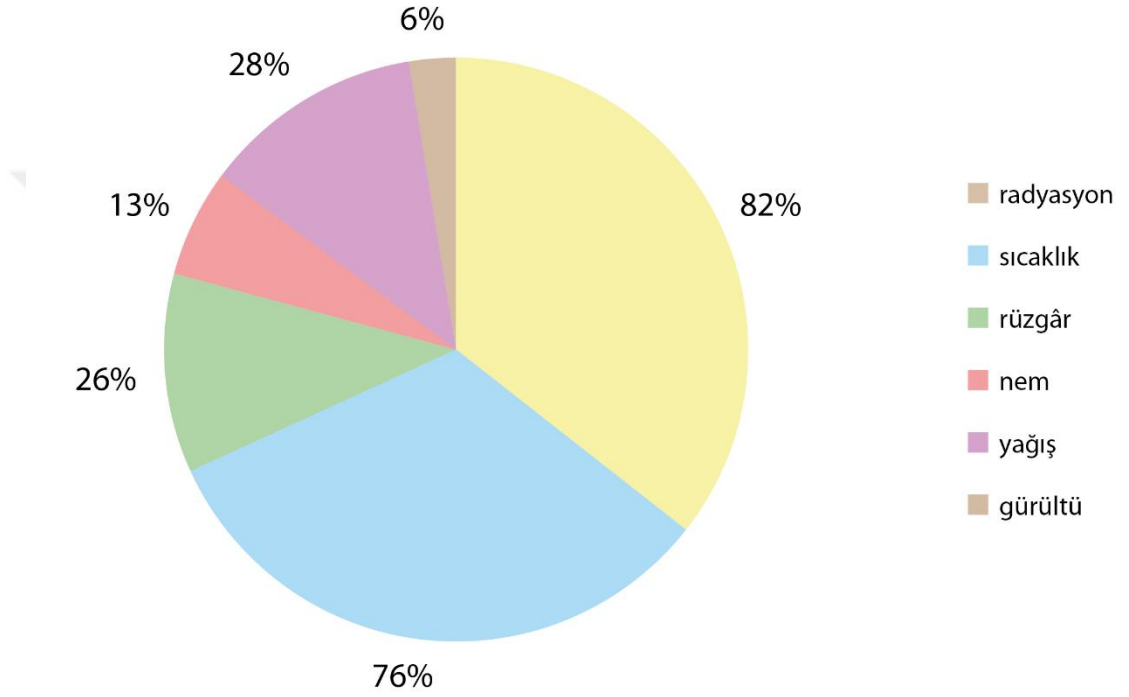
4.1. PERFORMATİF CEPHE MİMARLIĞININ TANIMI

MÖ 1. yüzyılda yaşamış olan Vitruvius, “De Architectura” adlı kitabında başarılı bir mimarlık yapıtı için gerekli üç bileşenden söz eder: “Firmitas, Utilitas, Venustas” yani “sağlamlık, kullanışlılık, estetik”. Rönesans İtalyası’nda bu tanım, sağlamlıkla kullanışlılığın yer değiştirmesiyle, “Comodità, Perpetuità, Bellézza” yani “kullanışlılık, süreklilik-kalıcılık, güzellik” olarak benimsenmiştir. Özetle, tasarım; işlev, sağlamlık ve estetiğin bir uyum içinde buluşarak birbirini kusursuz tamamlamasından oluşan bütünlüktür. Önemli olan, bileşenlerden hiçbirinin eksik ya da aksak olmaması ve beklenen uyumlu birlikteliği sağlamasıdır (Hasol, 2009).

Malkawi (2005) ve Sasaki (2007) üretken süreçleri destekleyen analitik tekniklerin sayısal modellerin potansiyellerini arttırmadaki rolüne değinirken, performansın bu modeller aracılığı ile test edilebilen ve değerlendirilebilen fiziksel ve çevresel hedeflerin bütünü olduğunu söylemektedir (Kazımov, 2020). Bir yapının performansı, yapısal güvenliğe karşı tehdit unsuru oluşturabilecek risklerin azaltılması ile gerçekleşmektedir. Yapı üzerindeki teknik müdahaleler ile performansına etki edilmesi; malzemelerin, yapı bileşenleri ve çeşitli elemanların yapı birimleri içerisinde ve dışarısında işlevsel olarak etkinliği ve yapının bu etkinliği sürdürebilmesi ile gerçekleşebilmektedir. Yapı performansı yapının servis yeteneği ve servis ömrü ile doğrudan ilişkilidir. Bina yüzeylerinin servis ömrünü; cephenin dış ortam koşullarına karşı dayanımı ve kendini ortam koşullarına göre adapte edebilmesi etkilemektedir. Adaptif bir cephenin gösterdiği performans cepheye etki eden statik olguların haricinde çevresel olarak; ışık, ısı, rüzgâr, yağış, nem, gürültü, kirlilik, kimyasallara karşı korunma, güvenlik, yangın, maliyet vb. etkilerin doğru bir şekilde karşılanması ile gerçekleşebilmektedir.

Loonen ve diğ. (2015) tarafından 130 proje üzerinde yapılan çalışmaya göre cephelerin adapte olma ihtiyaçlarına göre çevresel uyaranlar incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlar Şekil 4.1.1.'de görüldüğü gibi cephenin adaptasyon sürecini tetikleyen etmenler konut yapıları baz alınarak yaklaşık olarak, %73 ile solar değişken etkisi, %72 ile sıcaklık-ısı değişkeni etkisi, %25 ile rüzgâr değişkeni etkisi, %19 ile yağış etkisi, %9 ile nem değişkeni etkisi ve %9 ile gürültü etkisi olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.1.1. Cepheye En Çok Etki Eden Dış Faktörlerin Dağılımı (Loonen ve diğ. 2015)

Çevresel faktörlere göre değişebilen performansa dayalı uyarlanabilir yapı kabukları, diğer disiplinlerin mimari ile entegrasyonu sayesinde kullanıcıların yaşam konforunu artırmakta, sürdürülebilirliği sağlamakta, işletme maliyetlerini düşürmekte ve yapı ömrünü uzatmaktadır (Karakoç, 2015). Performatif cepheler zaman içerisinde çevresel değişkenler karşısında davranışlarını tekrarlı ve geri dönüşümlü olarak değiştirebilmekte ve bu sayede sınır koşullarına adapte olabilmektedirler.

4.2. PERFORMATİF CEPHE TASARIM STRATEJİLERİ

Yüksek performanslı yapı yalnızca enerji etkin ve sürdürülebilir bir yapı olmamalı, kullanıcıların konfor koşullarını görsel, işitsel, tinsel, sosyolojik ve psikolojik olarak ele almalıdır. Performatif cephe tasarımı yaparken mimari, mühendislik, sağlık, sosyoloji, biyoloji vb. birçok alan ile çalışılması gerekmektedir. Mühendislik bazlı performans kriterleri uluslararası veya ulusal olarak belirli standardizasyonlar şeklinde yönetmeliklerle (ASHRAE, IEEE, CTBUH, ANSI, EN, Chinese Building Code, Türk Deprem- Yangın Yönetmelikleri vb.) belirlenmektedir. Mimarlıkta ise performansın tanımlanmasında geliştirilmiş pek az tanımlama olmakla birlikte, Uluslararası Mimarlar Birliği'nin (AIA) ifade ettiği ve bina performansı amacını belirleyen tanımlamalar, temel olarak fonksiyon ve çevresel etkiye yöneliktir (Ulukavak, Harputlugil, 2016).

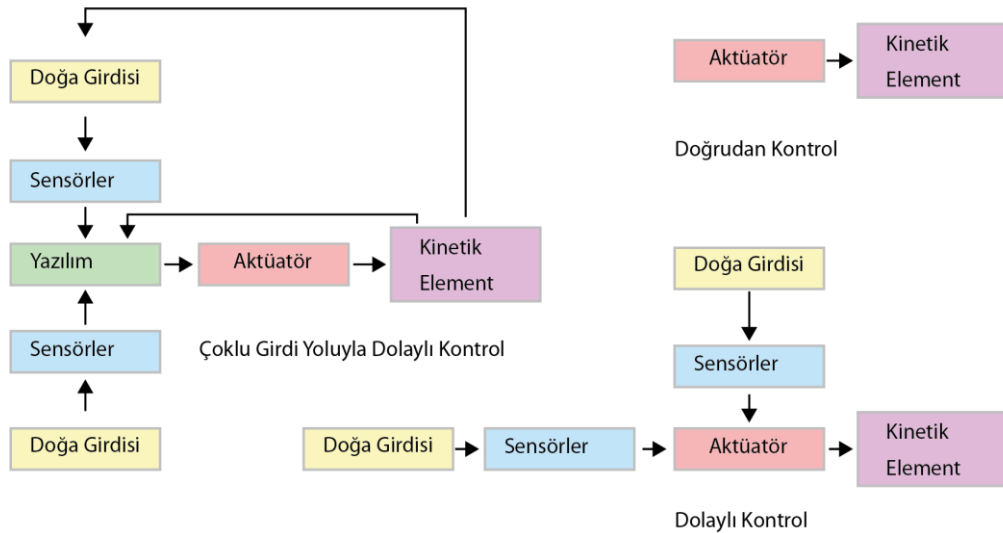
Yapılan literatür çalışmaları sonucunda yüksek performansa sahip cepheler tasarlanırken;

- Güneş ışınlarının olumsuz etkilerine karşı etkin bir koruma sağlaması,
- İklimlendirme sistemleri, aydınlatma vb. sistemlerin etkin kullanılması ile işletme maliyetlerinin azaltılması,
- Cephenin aktif bir hava kontrol elemanı olarak kullanılması,
- İç ortam koşullarının iyileştirilerek kullanıcılara sağlıklı koşullar sunabilmesi,
- Esnek bir yapıda olması gibi özelliklerin sağlanması gerekmektedir.

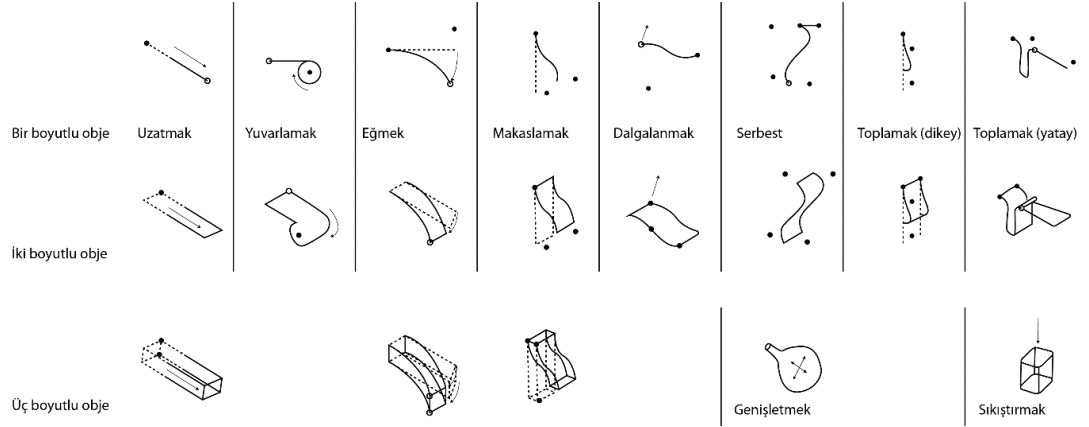
Yapıda kullanılan sistemler ile çevresel sınır koşullarına ve iklimsel veya kullanıcı ihtiyaçları gibi dinamik değişkenlere uyum sağlanarak etkinlik sağlanabilmektedir. Performatif cephelerde kullanılan kontrol sistemleri aktif veya pasif olabilmekte; aktif sistemlerde ise kontrol eden, yönlendiren, komuta eden cihazlar veya cihazlar kümeleri bulunmaktadır. Manuel, sensör veya dedektör araçları veya akıllı internet yazılımları yardımıyla aktif sistemler uygulanmaktadır. Manuel sistemlerde dışarıdan müdahale olmadan veya yardımcı bir sisteme gerek olmadan operatör yardımı ile kapa-aç yöntemi uygulanmakta iken, sensör veya dedektör sistemlerinde çevresel bilgiyi toplayan, algılayan ve depolayan ve çeşitli bilgi

derlemeleri yapan sistemlerdir. Örneğin, yapıda veya çevresinde bulunan güneş radyasyon miktarı, hava kirliliği seviyesi, özel aydınlatma miktarı, gürültü miktarı gibi ögeleri algılayabilmekte olan sistemlerdir. Akıllı mimari kapsamında özelleştirilmiş dahili sistemler uygulanmaktadır. Bunlar, topladığı verileri yorumlayabilen ve belirli aralıklar ile çevresel verilere göre yapıyı hareket ettiren sistemlerdir. Kullanılan sistemlerin internet bağlantısının sağlanmasıyla nesnelere veri yönlendiren ve komut iletebilen teknolojiler sayesinde aktif hareket sağlanabilmekte ve sistemin karar verme mekanizması esnek bir şekilde gerçekleşebilmektedir. Bu şekilde çeşitli güncellemeler yapılabilmekte ve yapıda sabit bir tavrın önüne geçilmektedir. Algoritmik veya bilgisayar tabanlı tasarlanabilen aktif sistemlerde aktüatörler ve kontrolörler (iç ve dış) yardımıyla interaktif bir hareket gerçekleştirilmektedir.

Direkt ve doğrudan kontrol sistemlerinde Şekil 4.2.1.'de görüldüğü gibi çevresel veriler sensörler tarafından algılanır, bir yazılım yardımı ile aktüatörlere komut verilir ve kinetik hareket gerçekleşmiş olur. Direkt kontrol hareketlerinde aktüatörler direkt olarak tepki göstermekte ve kinetik hareket oluşmaktadır. Dolaylı kontrol hareketlerde ise veriler karşısında geri bildirim veren sistemin dolaylı etkileşim gösterdiği durumlarıdır.

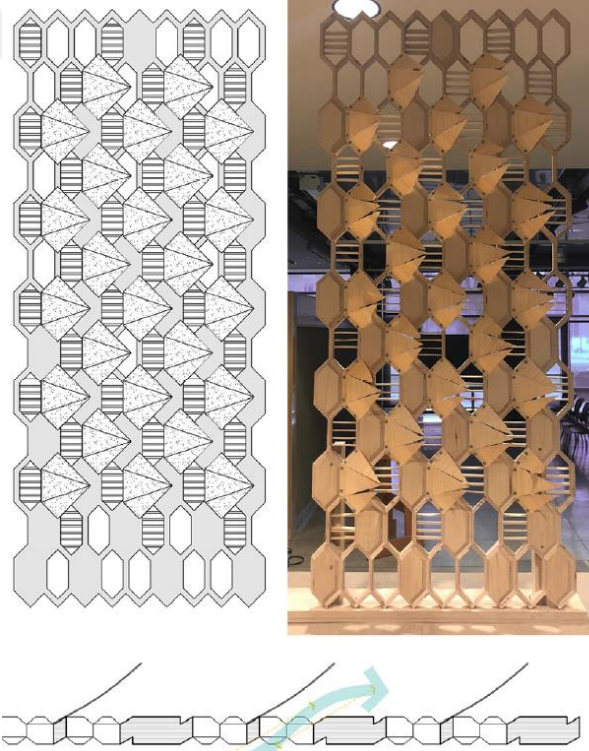


Şekil 4.2.1. Direkt, Doğrudan ve Dolaylı Kontrol Sistemlerinin Çalışma Mekanizması (Elkhayat, 2014)



Şekil 4.2.2. Mimari Elemanların Kinetik Hareket ile Deforme Olma Şekilleri
(Schumacher, Schaeffer, & Vogt, 2012)

Şekil 4.2.2.'de görülen hareketler mimari elemanların performanslarına göre deforme olabilecek durumlarını göstermektedir. Malzeme üzerinde bir, iki veya üç boyutlu deformasyonlar gerçekleşebilmektedir.

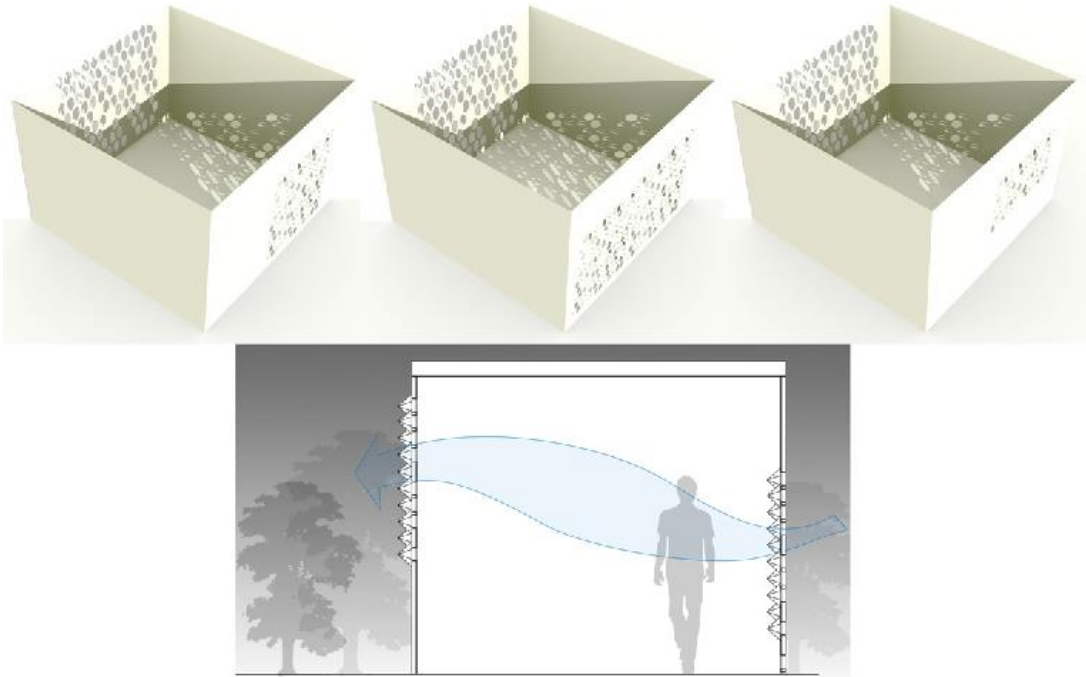


Şekil 4.2.3. Bir Cephe Performansı Araştırması Üzerine Bambu Kaplama Malzemesi ile Oluşturulmuş Prototip (Anis, 2019)



Şekil 4.2.4. Bambu Kaplama ile Oluşturulmuş Cephe Malzemesi Deney Görselleri
(Anis, 2019)

Performatif cepheye örnek olarak 2019 yılında Manal Anis'in yapmış olduğu çalışmada cephe malzemesi olarak kullanılmak üzere bambu malzemenin kaplama olarak kullanılması planlanmıştır. İlk olarak bambu malzemenin nem, sıcaklık ve rüzgâra yönelim performansı incelenmiş, ardından bu değişkenlere göz önünde bulundurularak cepheye Şekil 4.2.5.'teki gibi uyarlandığında, havadaki nem arttıkça bambu malzeme nemi emmeye başlar bağıl nem seviyesi yaklaşık %93 civarına yükseldiğinde 40-50 derecelik bir açı ile hareket göstermeye başlamaktadır. Malzeme üzerine uygulanan selüloz filmler sayesinde bambu kaplamanın neme maruz kalan kuru tarafındaki nem seviyesi farkını arttırmakta ve hareketin etkisini arttırmaktadır. Bu açılma hareketi ile yapı içerisine güneydoğu yönünden gelen serin hava akımı alınmaktadır. Doğal bir malzeme olan bambunun higroskopik özelliğinin kullanılması ile cepheye yapılan bu çalışma sonucunda çevresel koşullara geri bildirim vermek için yapının enerji harcamasına ihtiyaç olmadığı, gösterdiği performans sonucunda yapı içerisinde doğal havalandırmaya imkân sağlayan kaplama malzemesinin doğru şekilde ve doğru açı ile yerleştirilmesi sonucunda yapının uyum sağlama performansını arttırması öngörülmüştür.



Şekil 4.2.5. Bambu Kaplama ile Oluşturulmuş Cephe Malzemesi Deney Görselleri
(Anis, 2019)

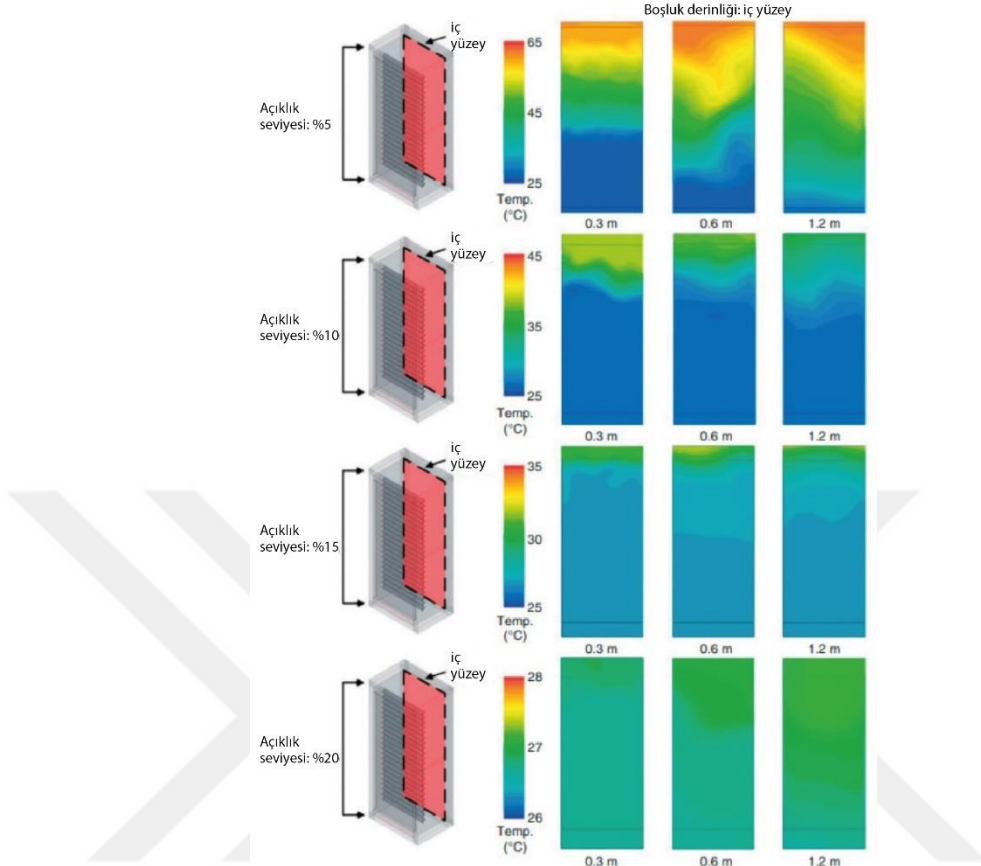
4.3. PERFORMATİF CEPHE MİMARLIĞINDA ÇEVREYE BAĞLI KONFOR PROBLEMLERİ

4.3.1. Isıl Konfor

ASHRAE 55'e göre ısı konfor "ısı ortamdan memnuniyeti ifade eden zihin durumu"dur. Dünya çapında iç mekân ve sistemlerin tasarımında ISO 7730 gibi dikkate alınması ve test edilmesi gereken bir standarttır. İnsan vücudu, aktivite düzeyine göre ısı üretir ve çevresel şartlara göre bu ısıyı dışarı atar. Bu ısıyı üç yol ile kaybetmektedir: radyasyon, konveksiyon ve buharlaşma. Bir ortam çok sıcak veya çok soğuk ise bu bize termal rahatsızlık hissi verir ve bunun sonucu olarak konsantre bozukluğu, odaklanamama ve çalışma motivasyonumuzda olumsuz etkiler bırakmaktadır.

Isıl konforun sağlanması için çevresel ve kişisel birtakım etkenler vardır. Bunlar; ortamda bulunan bağıl nem miktarı, mekâna giren havanın hızı, havanın sıcaklığı, yapının ısıma sıcaklığı, bireylerin metabolizma hızı ve kıyafet izolasyonu vb. Ortamdaki bireylerin üzerinden çevreye doğru olan difüzyon ile terin buharlaşması sonucu vücuttan kaybedilen ısı miktarı havanın nemiyle etkilenen çevresel bir değişkendir.

Geliştirilmiş ısı yalıtım sistemleri ile yapı içerisinde kullanıcıların termal konfor ihtiyacını karşılamak için cephe yüzeyinde veya strüktüründe çeşitli işlemler yapılmaktadır. Bunlardan en bilinen uygulama çift cidarlı cephelerdir. Yapıya ek bir katman yapılarak çevresel etkilere maruz kalma oranı düşürülmektedir. İki katman arasında kalan hava güneşten gelen radyasyon enerjisinden dolayı ısındıkça yükselir ve yüzeydeki boşluklardan tahliye edilir ve yerine temiz hava alınır. İki katman arasındaki bu enerji akışı doğal havalandırma kullanımını teşvik ettiğinden dolayı oldukça verimlidir. Katmanlar arasında kalan boşluk miktarı, iki katman arasına yerleştirilmiş, enerji verimini etkileyen, unsurlar ile cephe performansı değişkenlik gösterebilmektedir. Örneğin Şekil 4.3.1.1. 'de iki katman arasında kullanılan gölgelendirme elemanının boşluklu yapısı değiştikçe iç mekâna nüfuz eden enerji miktarı yapılan simülasyon deneyi ile açıklanmaktadır. Şekil 4.3.1.2.'de ise cephe üzerindeki çift cidar sistemini kullanarak; havalandırma ünitesi, bitki ögesi, panellerin arasında oluşturulmuş balkon ve pencere ile görsel zenginlik sağlanmıştır. Aynı zamanda gölgelendirme elemanları olarak kullanılan bu öğeler yüksek performanslı cam ile iç mekâna geçen ısı miktarı kontrol etmektedirler.



Şekil 4.3.1.1. Düşey Açıklık Miktarına Bağlı Cephe Sıcaklık Dağılımı Deney Sonuçları (Vasileva, Nemova, Vatin, Fediuk, & Karelina, 2022)



Şekil 4.3.1.2. V on Shenton Binası Çift Katmanlı Cephe Sistemi, Singapur, UN Studio (url 45)

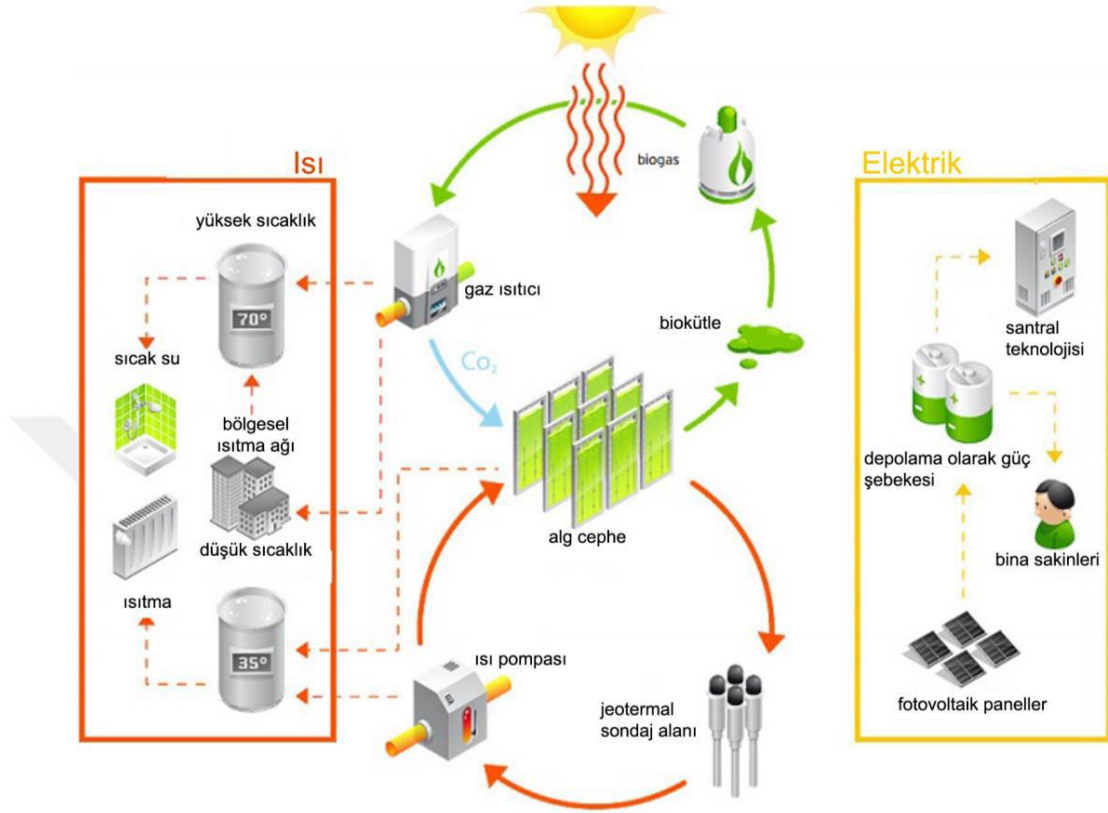


Şekil 4.3.1.3. Bina Entegre Fotovoltaik Panel Uygulaması (url 46)

Güneşten gelen solar radyasyon etkisi yapı içerisinde termal seviyenin artmasına neden olmaktadır. Bu sorunu kontrol altına almak için uygulanan çift cidarlı cephe sistemlerinde yapının enerji etkinliğini arttırmak için Şekil 4.3.1.3.'teki örnekte olduğu gibi BIPV adı verilen binaya entegre fotovoltaik panel uygulamaları yapılmaktadır. Güneş kontrol elemanı olarak aktif hareketi sağlanabilen bu paneller ısı konforu sağlamakta yardımcı olmakta ve binaya enerji üretmektedir.

Yapının ısı karşısında kendini çevresel koşullara adapte ederek termal konforun oluşmasını sağlayan birçok sistem bulunmaktadır. Cephe yüzeyinin canlı bir cilt gibi kurgulanması, çevreye adaptasyon eğilimini arttırmaktadır.

Yapı kabuğunda binada en çok enerji kaybına sebep olan açıklıklardaki elemanlardır. Pencerelerde bulunan camların malzeme özellikleri sıcaklık seviyesine göre kendini koşullara uyarlayabilecek yapıda olması ile uyarlanabilir cephelerin performansı değişmektedir. Adaptif cephelerde faz değiştiren ve şekil hafızalı malzeme kullanımı ile gerçekleşen hareket yapının performansını arttırmaktadır.

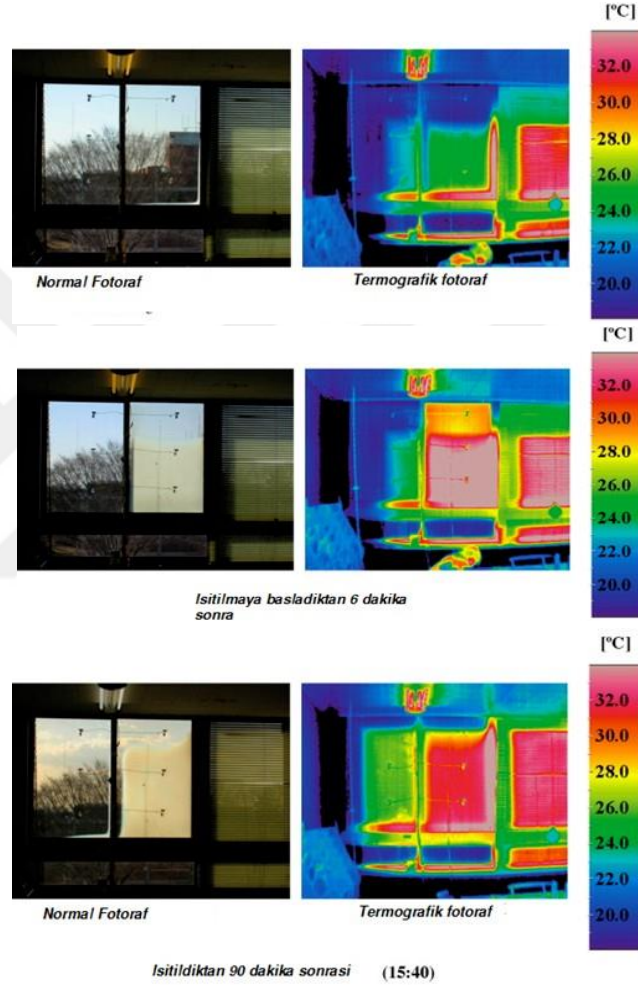


Şekil 4.3.1.4. Bio-Reaktör Cephe Sistem Şeması (url 47)

Yapılan bir araştırmaya göre, cephede termotropik çift camlı pencereler uygulandığında, son derece rahatsız edici iç mekân termal çevre koşullarının, batıya bakan odalarda çift camlı pencerelere ve renkli çift camlı pencerelere kıyasla sırasıyla %70 ve %53 oranında azaltılabileceğini göstermektedir. Konforlu iç mekân termal çevre koşulları %14,5 ve %2,4 oranında artırılabilir (Yao, Zhu, 2012). Doğu ve güney cephelerde ışık geçirgenliğinden dolayı çok katmanlı cam kullanımı, batı cephesinde kullanılmasından çok daha verimli bir performans elde edilmesini sağlamaktadır.

Camın geçirgenlik yapısının ısı miktarına göre değiştiği termokromik camlar, tabakalarının arasına yerleştirilen jel katmanı ile sıcaklığın seviyelerine göre moleküler yapısını değiştirerek dışarıdan bir etki olmadan kendi performansı ile camın ışık geçirgenliğini değiştirirken, malzemenin ısıyı özümseme seviyelerini yükselterek radyasyona bağlı aşırı ısınmaların kontrol edilmesine yardımcı olmaktadır. Şekil

4.3.1.5.'de camlara uygulanmış olan termokromik malzemenin ısınması ile gün ışığının geçirgenliği 6 dakika sonra azalmıştır. Kullanılan cam şeffaf haldeyken yaklaşık 24°C iken ışık geçirgenliği azaldığı seviyelerde yüzey sıcaklığı yaklaşık 30°C'ye kadar çıkmıştır.



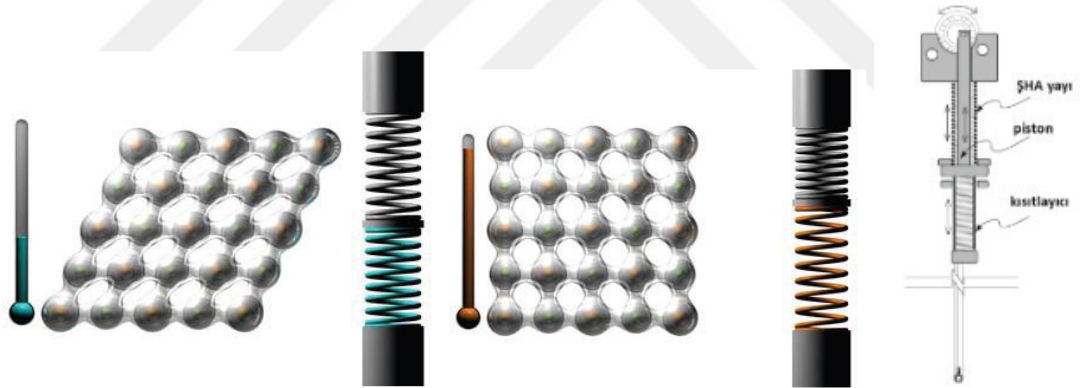
Şekil 4.3.1.5. Isıya Duyarlı Camın Isıtılmadan Önce ve Sonra Normal ve Termografik Görünümleri (Kazanasmaz, Diler, Kampüsü, Urla, 2011)

İç ortam sıcaklık değişimine göre kendini uyarlayarak termal konfor sağlanmasına yardımcı olan çalışma, M. Decker ve P. Yeadon tarafından şekil hafızalı alaşımlar Şekil 4.3.1.4.'teki gibi uygulanmıştır. “Akıllı Ekran” anlamına gelen SmartScreen isimli bu çalışmada, iç ortam sıcaklığı değiştikçe etkinleşen sistem, kullanılan R-Faz ŞHA (Şekil Hafızalı Alaşım) yayı ile sıcaklığa karşı hem reseptör hem de makine işlevi göstermektedir. Kullanılan yayın sıcaklığa tolerasyon aralığı 21-

260°C'dir. Bu aralığıdaki sınırlar geçildiği durumda yayın bağlı olduğu sınırlayıcı ögeler ile Şekil 4.3.1.5.'teki gibi engellenmektedir. Bunun sonucunda cephe yüzeyinde uygulanmış kaplamanın boşluklu yapısı değişmekte ve böylece iç mekâna alınan solar enerji miktarının dengelenmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 4.3.1.6. Smartscreen Sisteminde R-Faz ŞHA, Sıcaklık Değişiminin Etkisi ve Sınırlayıcılar (Decker, Yeadon, 2008)



Şekil 4.3.1.7. Smartscreen Sisteminde R-Faz ŞHA, Sıcaklık Değişiminin Etkisi ve Sınırlayıcılar (Decker, Yeadon, 2008)

4.3.2. İç Hava Kalitesi

Yaşamın sürdürülebilmesi için gerekli olan havanın yapı içerisindeki devinimini sağlamak, yapı içerisinde bulunan enerjiyi korumak, karbon emisyonunu azaltmak ve yapının konfor düzeyini artırmak, kullanıcı sağlığı ve yaşam kalitesi açısından oldukça önemlidir. İç ortam hava kalitesinin yüksek olması, en az ölçüde bakım gerektirmesi, daha sağlıklı bir havalandırma şekli olması dolayısıyla doğal havalandırma gereklidir. Özellikle büyük hacimli yapılarda yılın her zamanında aynı koşullar sağlanamayacağından yapılara ek olarak aktif sistemler ilave edilmelidir.

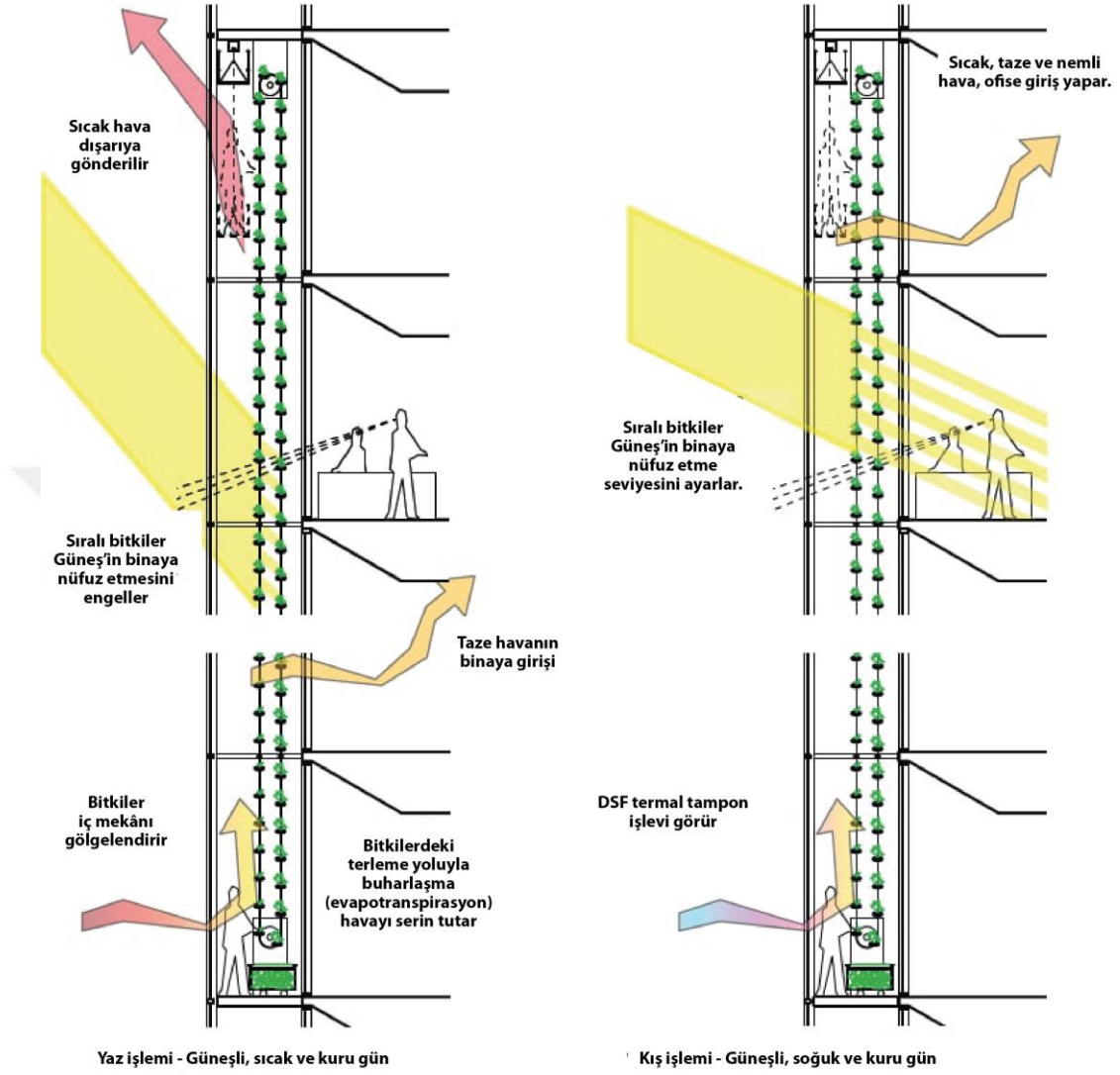
Yapı sektöründe enerji verimliliği ve sürdürülebilir bir tasarım sağlamak amaçlı olarak kullanılan doğal havalandırma sistemlerinde, yapıların içerisinde ısı konfor koşullarını sağlamak için tüketilmesi gereken enerji mekanik (aktif) sistemlere göre daha ekonomik, daha az enerji harcayan ve maliyeti daha az bir sistemdir. Mekanik sistemlerde yaşanan yeterli temiz hava alınamama durumlarında oluşabilecek, zamanla ortamda CO₂ gazının artması sonucunda sistemin performansında veya ortamda bulunan insanların dikkat dağınıklığından dolayı çalışma performansında azalma gibi problemler, doğal havalandırmanın kullanılması birçok açıdan daha kazançlı olabilmektedir. Yapılar tasarlanırken iklimlendirme sistemleri ihmal edilip zamanla yapı adeta bir güneş fırınına dönüşmeden bunu tasarım aşamasında belirli ekler veya bölümlenmeler yapılarak yapı içerisinde makul bir ekolojik ortam oluşturulabilir. Ancak doğal havalandırmanın gerçekleştirilmesi IEQ (Indoor Environmental Quality) adı verilen iç mekân hava kalitesini direkt olarak sağlamamaktadır.

Mekâna giren havanın hızı, iki yüzey arasındaki ısı taşınımı kat sayısını etkilediği için, insan ve çevresi arasında ısı aktarım oranını etkileyen bir çevresel değişkendir. Ortamdaki havanın sıcaklığı yine insan ve çevresi arasında konveksiyon yolu ile gerçekleşen ısı alışverişi miktarını etkileyen bir değişkendir. İnsan ve çevre arasında ışıınım (radyasyon) yolu ile gerçekleşebilecek ısı transferi düzeyini belirleyen ortalama ışıma sıcaklığı; yüzeydeki malzemelerin sıcaklığına, mekandaki insanların konumlarına ve duruş biçimlerine bağlıdır. Ayrıca kişisel parametrelere bağlı olarak insanın aktivite düzeyi, yaptığı ısı alışveriş miktarını etkilediğinden iklimsel konfor için önemli bir parametredir. Giyilen kıyafet türlerinin ısıyı tutma direncine bağlı

olarak insan ve çevresi arasında ısı aktarım miktarını etkileyen kişisel değişkenlerden biridir.

Havalandırılan ortamın her noktasında hava kalitesi aynı düzeyde değildir. Doğal havalandırma uygulanan bir mekânda iç ortamdaki havanın akış hızı, bu mekandaki havanın hareketi ve sıcaklığın etkisiyle ortamda bulunan kişilerin vücutlarında istemedikleri bölgesel üşüme hissidir. Isıl konfor ortamı oluşturulmak istenen bir mekânda iklimlendirme yapılırken konut mekanları için iç ortam hava akış hızı, kış ayları için 8 m/dk ile 10 m/dk aralığında, yaz ayları için ise 13 m/dk ile 27 m/dk aralığında olması uygundur (TSE, 1997; TSE, 2002).

Şekil 4.3.2.1.'de çift cidar arasına yerleştirilmiş bitki ögesi tabakası ile 'cephe çiftçiliği' adı verilen uygulama görülmektedir. Projede VIG denilen (Vertical Integrated Greenhouse) yapıya dikey doğrultuda uygulanmış entegre sera sistemi kışın incelendiğinde binanın camlı yüzeyinde yalıtkan ısı bir etkiye sahipken, yaz aylarında ise yapının içini gölgeleyen ve havalandırma sistemine dahil olan bir sistemdir.



Şekil 4.3.2.1. Cephede Sera Uygulaması ve HVAC Sistemi Arasındaki İlişki (url 30)

Yapı içerisinde veya cephedeki boşluklarda bulunan bitki öğeleri hava kalitesini etkilemekte ve hücre çeperleri üzerindeki basıncı optimize edilecek biyolojik etki oluşturmaktadır.

4.3.3. Görsel Konfor

Mimari tasarımda oldukça önemli olan ışık faktörü ortamda kullanıcı gereksinimlerinin sağlanabilmesi ve yapının iyi bir performans gösterebilmesi için en çok dikkat edilmesi gereken parametrelerden biridir. Yapıların ön tasarım aşamalarında gün ışığı seviyelerinin tasarım süreçlerine dahil edilmesi ile yapıda uzun vadede oluşabilecek maliyet ve konfor kayıplarının önüne geçilebileceği ve bütünleşik bir tasarım imkânı ile konforlu yapılar oluşmasına yardımcı olacaktır. Yapay ışık üzerind yapılan uzun araştırmalar sonucunda gün ışığının insan sağlığı açısından daha verimli olduğu ve gün ışığını alan binaların mekansal kalitelerini arttıran bir olgudur. Enerji kazanımı ve ısısal yükte azalma: Ticari yapıların enerji tüketiminin yaklaşık %30'u aydınlatma enerjisi olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle günışığı ile aydınlatmanın oranı arttıkça, elektrik ile aydınlatma maliyetleri ve enerji giderleri düşmektedir (S. Hayter, Torcellini, 1999).

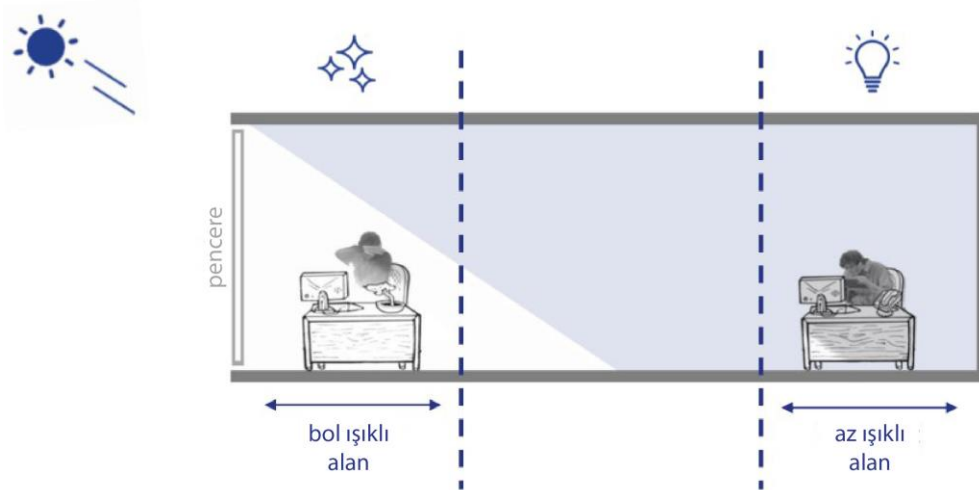
Günlük yaşamda insanlar ışıktan doğrudan etkilenmektedirler. Bu etki şekli fiziksel olmakla beraber psikolojik etkiler de yaratmaktadır. Işık performansı verimlilik açısından fonksiyonel, enerji verimliliği ve insan sağlığı olarak etkilere sebep olmaktadır. Aydınlatma düzeyleri hesaplanarak doğru verilerle tasarlanmış yapılarda kullanıcılar üzerinde çeşitli etkiler görülmektedir. Örneğin, ticari mekânlarda günışığı, satışları arttırmakta, konutlarda günışığına sürekli maruz kalan mekânlarda insanlar daha rahat uyumakta, hastanelerde pencereye yakın olan hastalarda uzak olanlara göre iyileşme oranı artmaktadır (Garris, 2004).

Günışığı aydınlık düzeyi değerleri ölçülürken birim alana düşen ABD'nin, aydınlatma konusunda tanınmış teknik ve eğitim otoritesi olan IES (Illuminating Engineering Society) standartlarına göre kullanıcıların yaş ortalamalarına bağlı olarak ofis binalarında 300 lux ile 500 lux arasında değişen aydınlık düzeyi değerleri öngörülmektedir. 55 yaşın üstünde kullanıcılar için 500 lux olarak belirlenen aydınlık düzeyi değeri, 55 yaşın altındaki kullanıcılar için 300 lux olarak belirlenmiştir (Arpacıoğlu, 2010).

BREAM 2016 raporlarına göre görsel konfor oluşması için dikkat edilmesi gereken kriterler;

- Gün Işığının Dağılımı
- Parlama/Kamaşma
- Kontrast Seviyeleridir.

Sağlıklı bir görsel konfor ortamı için, yapay veya kontrollü doğal aydınlatmanın sağlanması ve yeterli seviyede ve parlamamanın olmadığı koşulların oluşturulması gerekmektedir. İdeal aydınlatma düzeyi için yapısal olarak cephede bulunan, ışık alabilecek açıklıkların boyutları ve formu, mekânın hacmi ve derinliği gibi veriler görsel konfor miktarını doğrudan etkilemektedir. Şekil 4.3.3.1.'de görüldüğü gibi yapılan günışığı analizlerinde yapı derinliği arttıkça yetersiz ışık sonucunda görsel konfor oranı düştüğü gözlenmektedir. İlk konumda bulunan kullanıcı için de ışık kontrolü yapılmadığından kamaşma, parlama gibi durumlar minimize edilmediğinde konforlu bir görüş ortamı oluşamayacaktır.



Şekil 4.3.3.1. Yapı Derinliğine Göre Işık Alma Durumu

İç mekân planlamaları sırasında yapılan analizlerde doğal aydınlatma türleri ve iç mekâna etkileri, yapay ışık kullanıldığında ışık yükleri ve ışık yönlendirme elemanlarının aydınlatma performanslarını incelemek amaçlanmaktadır.

4.3.4. İşitsel Konfor

Yapılarda farklı yollarla oluşan titreşimlerin iletimi sonucunda oluşabilecek gürültünün önüne geçilebilmesi ve ses enerjisi miktarının rahatsızlık vermeyecek aralıkta tutulması önemlidir. Ses seviyesini yalnızca duyma aralığını ayarlamak değil, mekanların kullanım amaçlarına göre etkin akustik değerlerinin analizi için de önemli bir faktördür. Bu nedenle, yaşadığımız ortama etki eden dış gürültü koşullarını kontrol altına alabilmek ve yapı kabuğunu oluşturan yapı elemanlarının doğru uygulanmasını sağlamak da uygulamada büyük önem taşımaktadır. Bir mekânda ses düzeyinin aniden yükselmesi veya sesin aniden sönümlenmesi, insan üzerinde fizyolojik ve psikolojik açıdan olumsuz etkiler yaratmaktadır. Uzun süre gürültülü mekânlarda bulunan kişilerde fizyolojik ve psikolojik açıdan olumsuz etkiler görülmektedir (Akyüz, Manav, 2020).

Yapıyı çevreleyen bina kabuğunun dış ortam koşullarına karşı konfor ortamı sağlaması beklenmektedir. Günümüzde artan gürültü düzeyi binaların iç mekân akustik problemlerini de beraberinde getirmiştir. Dolayısıyla gürültü ve akustik performansı geliştirmek için yapının kent ile etkileşim halinde olan ve iç mekân ile ara kesit oluşturan cephe sistemleri ile çevresel seslere duyarlı yapılar oluşturulması önem kazanmaktadır. Ses verilerinin analiz edilmesi ve buna karşılık olarak yapının interaktif tepkiler vermesi ile çalışan adaptif cephe sistemlerinde ses basıncının hareket enerjisine dönüştürülmesi, gürültü bariyerlerinin uygulanması, çevresel ses seviyelerinin sensörler ile Arduino, Insul gibi yazılımlar yardımı ile bilgisayar ortamında farklı komutlara dönüştürülmesi gibi yöntemler ile gerçekleştirilebilmektedir.

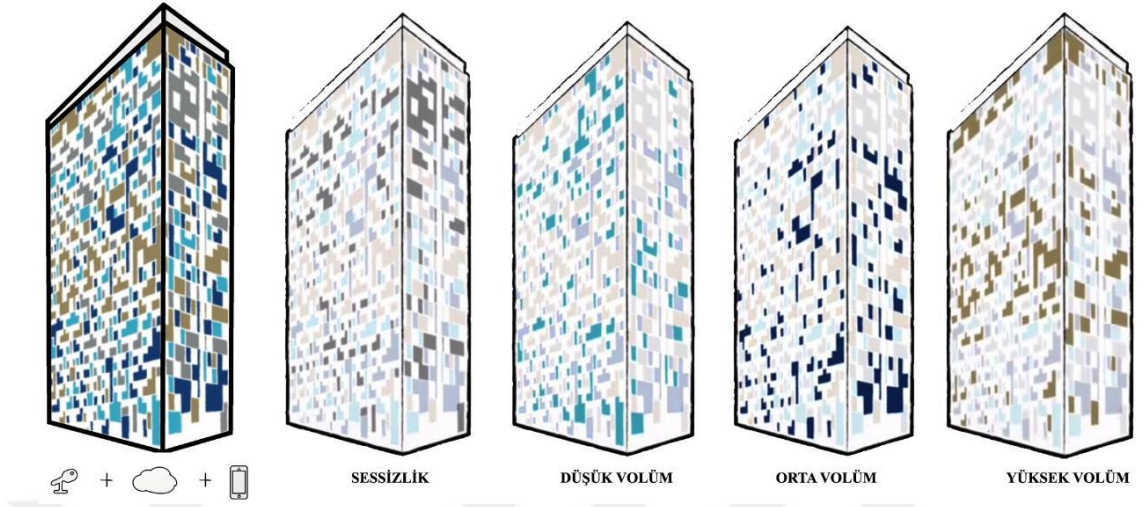
Yapılarda desibel ile ifade edilen R_w indeksi, ses yalıtımında ses azaltma faktörü olarak, yapının akustik performansının ölçülmesinde belirtilen değerdir. Bir mekânın R_w indeksi yüksek olan yapının akustik yalıtım seviyesi yüksek demektir. Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) tarafından 1996 yılında yayımlanan raporda 5560 dB gürültü rahatsız edici, 60-65 dB gürültü belirgin rahatsız edici ve 65 dB ve üzeri ise davranış biçiminde engellemeler ve gürültü kaynaklı zararlı semptomlara sebebiyet verici rahatsızlık şeklinde tanımlanmaktadır (Çandır, 2013).

Yüzeyinde ses geçiş oranı analizi yapılan cephelerde, kullanılan malzeme yalıtımı etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Yapıya uygulanan ses yalıtımının yeri projeye göre değişkenlik gösterebilmektedir. Dışardan, içerden ve malzemeler arası ses yalıtımı veya kendiliğinden ses yalıtımlı cephe uygulamaları bulunmaktadır.

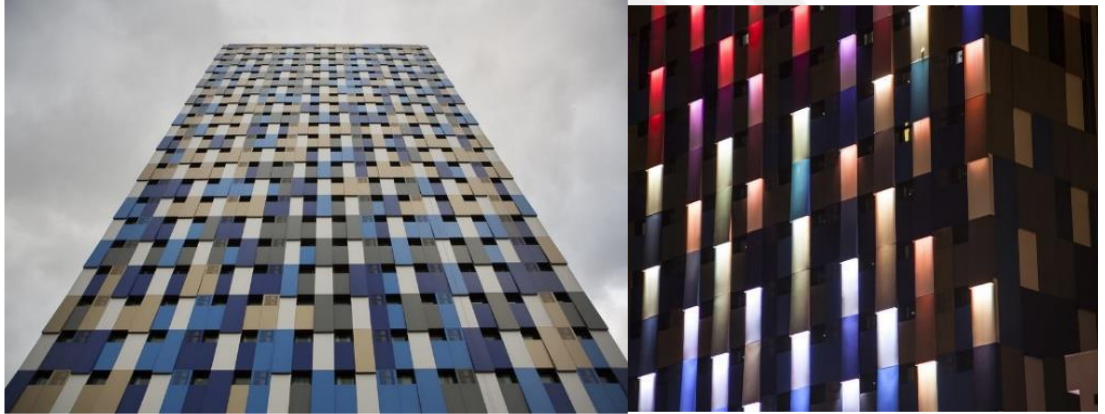
Guto Requena'nın 2015'te yapmış olduğu çalışmada "Luminous Creature" (ışılıtlı yaratık) ismini verdiği cephe yüzeyine uygulanan metal paneller ile çevredeki farklı uyarıcılara göre tepki verebilen bir sistem tasarlamıştır. Şekil 4.3.4.1.'de görüldüğü gibi gün içerisindeki çevresel ses verilerinin kesintisiz olarak ölçümlerinin yapılıp Grasshopper programında modeli oluşturulan dijital model üzerinden simülasyonlar yapılmıştır. Belirli ses aralıkları belirlenmiş (sessizlik, düşük seviye, orta seviye ve yüksek seviye volüm) ve bu aralıklarda cephede bulunan metal panellerin aplikasyon yardımı ile hareket ve aydınlatma kontrolü sağlanmaktadır. Bu aralıklarda renk değiştiren pikseli paneller çevresi ile ses üzerinden interaktif bir ilişki kurmaktadır. Yüksek ses ortamında Şekil 4.3.4.3.'te görüldüğü gibi sarı renk, orta derecede lacivert renk, düşük seviyede açık mavi ve gri renk ise en az seviyedeki ses ortamını temsil etmektedir.



Şekil 4.3.4.1. Bina Etrafına Yerleştirilen Ses Sensörleri ile 24 Saat Yapılan Çevre Ses Kaydının Grafik Anlatımı, Hotel WZ Jardins, Brazil, 2015 (Requena, 2015)



Şekil 4.3.4.2. Metal Panel Renkleri ve Ses Seviyesi Temsilleri, Hotel WZ Jardins, Brazil, 2015 (Requena, 2015).



Şekil 4.3.4.3. Metal Panel Renkleri ve Ses Seviyelerine Göre Aydınlatma Düzeni, Hotel WZ Jardins, Brazil, 2015 (Requena, 2015).

5. ADAPTİF CEPHE UYGULAMA ÖRNEKLERİNİN İNCELENMESİ

Bu bölümde uyarlanabilir cephe sistemleri örneklerine yer verilecektir. Tezin önceki bölümlerinde yapılan tanımlamalar ve sınıflandırmalara göre kendi içerisinde bir veya birden çok sistem barındıran projeler incelenecektir. Akıllı malzemelerle oluşturulmuş uyarlanabilir sistemler; doğadan ilham alınan biomimetrik sistemler, kinetik sistemler, interaktif sistemler, yer değiştirebilen elemanlar, tepki veren sistemler, şekil-faz değiştiren elemanlar ile oluşturulan sistemler vb. şekilde incelenebilmektedir. Aşağıda yer verilecek farklı kullanım amaçlarına sahip örnekler hakkında genel bilgi verilecek olup, kullanılan sistemlerin teknik özellikleri incelenecektir.

5.1. AL-BAHR KULELERİ

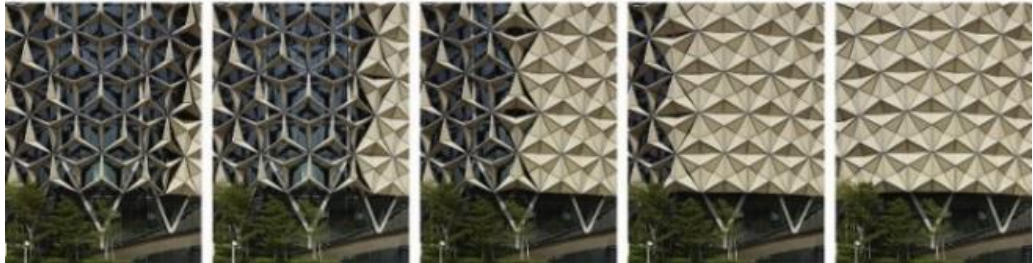
Adaptif cephelerin en belirgin örneklerinden olan, Aedas Architects tarafından 2012 yılında tasarlanan Al Bahar Towers yapısı için hem tepkimeli mimarlık hem de adaptif mimarlık örneği oluşturduğunu söyleyebiliriz (Şekil 5.1.1). Yapının cephesindeki elemanlar, güneş ışınlarının geliş açısına ve yoğunluğuna göre açılıp kapanarak yapı içerisindeki ısı ve ışık yoğunluğunu kontrol eder ve belirlenen koşullara adapte etmeye çalışır. 29 katlı iki kulenin cam cephelerinin önünde hareket edebilen gölgeleme elemanları bulunmaktadır. Kulelerin kuzeye bakan cephesi hariç tüm yüzeyi saran bu elemanlar, güneş ışınlarına göre kendini uyarlamaktadır. Çevresel koşullara yanıt veren bu parametrik yapıdaki elemanlar güneş karşısında Şekil 5.1.3.'teki gibi açılıp kapanma hareketi yapmak için programlanmışlardır. Ana bir bilgisayar ortamına bağlı sensörlerden gelen veriler ile çevresel olgulara göre hareketini gerçekleştirmektedir. Gün ışığı azaldığında paneller kapanmaktadır.



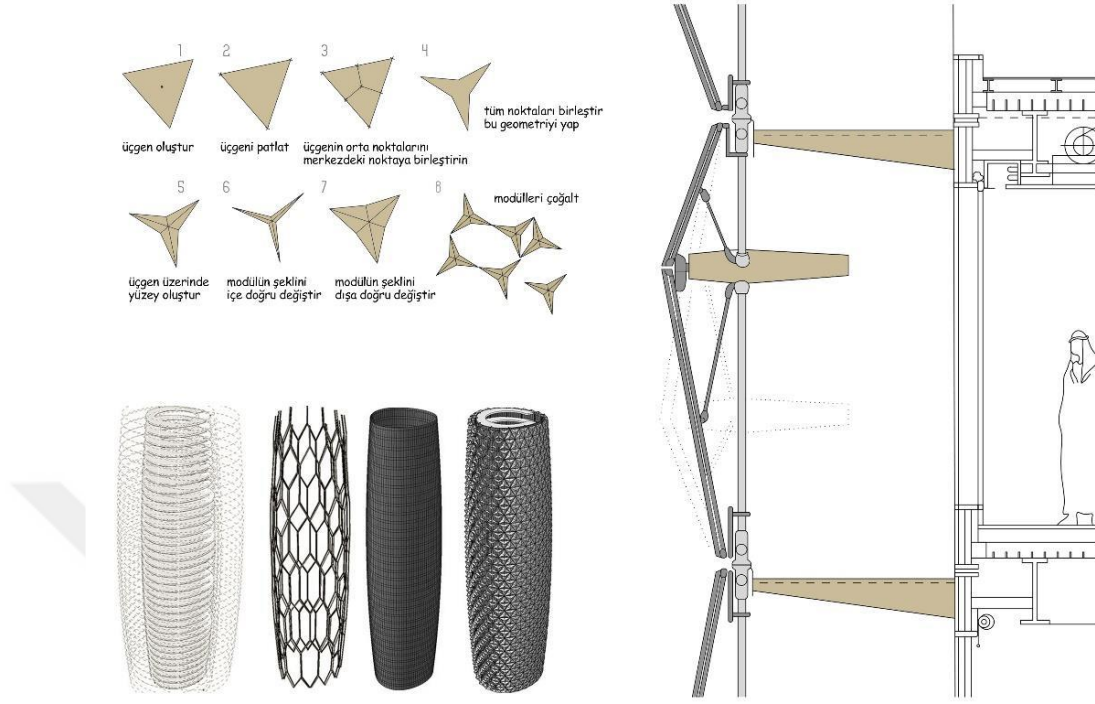
Şekil 5.1.1. Al Bahar Kuleleri, Aedas Mimarlık (url 2)



Şekil 5.1.2. Al Bahar Kuleleri, Aedas Mimarlık (url 2)



Şekil 5.1.3. Al Bahar Kuleleri, Aedas Mimarlık (url 2)



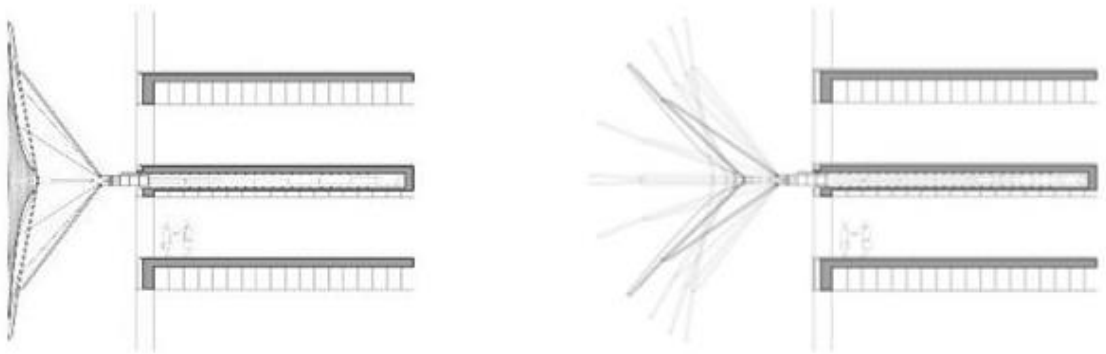
Şekil 5.1.4. Al Bahar Kuleleri, Aedas Mimarlık (url 48)

5.2. ORTA DOĞU MEDYA KULELERİ PROJESİ

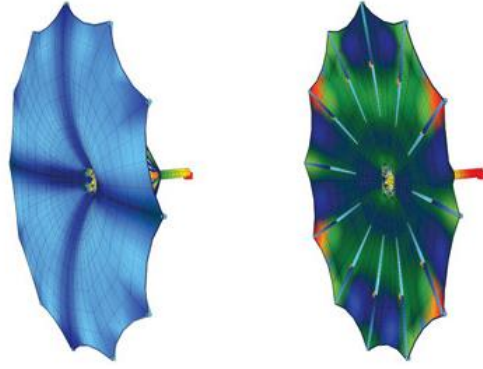
New York'ta bulunan REX mimarlık ofisinin tasarladığı Orta Doğu Medya Kuleleri projesi ile, Şekil 5.2.1.'de görülen sistem ile, aşırı güneş enerjisi karşısında minimal yapıda olan hidrolik hareket yapan elemanlar kullanılmıştır. Katlar arasına Şekil 5.2.4.'teki gibi gömülme şeklinde yerleştirilmiş şemsiyeyi andıran 'Masharabiya' isimli elemanlar, kısa bir süre içerisinde çiçek açma hareketine benzer bir hareket gerçekleştirerek cephenin tamamını gölgeleme görevi üstlenmektedir. 15m çapı olan sistem ile güneş enerjisine karşı koruma sağlayan adaptif bir yaklaşım gerçekleştirilmiştir. Dışarıya doğru dinamik bir biçimde oluşan açılma hareketi, Şekil 5.2.3.'teki gibi sensörler tarafından algılanmakta olan hidrolik aktüatörler üzerine etki eden enerji miktarının analiz edilmesi ile üzerine uygulanan kuvvetin basınç etkisi ile Şekil 5.2.2.'de görüldüğü gibi mekanik harekete dönüştürülmesi sonucunda gerçekleşmektedir.



Şekil 5.2.1. Orta Doğu Medya Kuleleri (url 49)



Şekil 5.2.2. Orta Doğu Medya Kuleleri (url 49)



Şekil 5.2.3. Orta Doğu Medya Kuleleri (url 49)



Şekil 5.2.4. Orta Doğu Medya Kuleleri (url 49)

5.3. ARAP DÜNYA ENSTİTÜSÜ

Jean Nouvel'in 1981-1987 yılları arasında inşa edilen Paris'te bulunan Arap Dünya Enstitüsü; müze, kütüphane, ofisler gibi çok fonksiyonlu bir kültür merkezi olarak işlevini sürdürmektedir. Çubuk sistem ile inşa edilmiş giydirme cepheyi planlarken ilk olarak yapının konumu ve yönelişinin getirdiği bağlamsal veriler parametrik olarak dikkate alınmıştır.



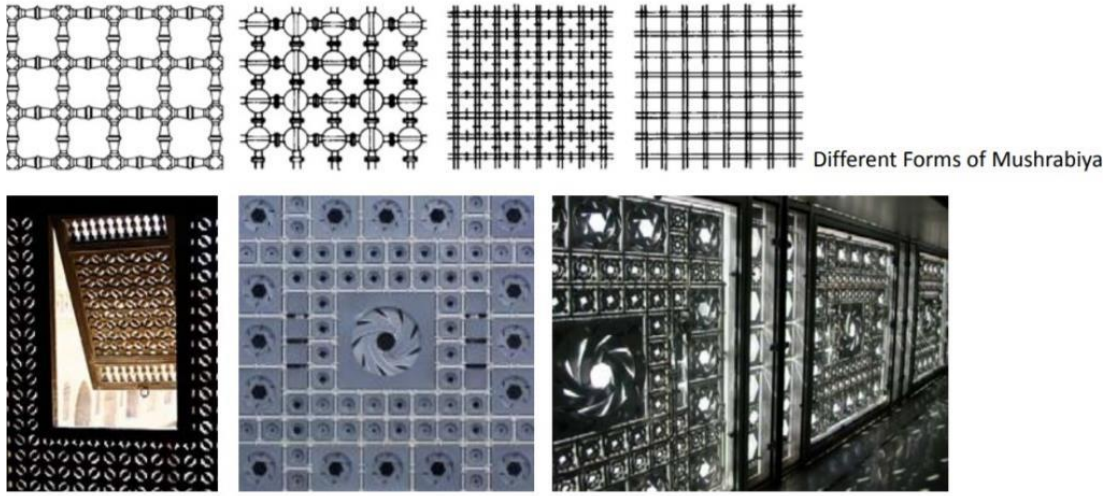
Şekil 5.3.1. Arap Dünya Enstitüsü, Jean Nouvel, Paris (url 50)



Şekil 5.3.2. Arap Dünya Enstitüsü, Jean Nouvel, Paris (url 51)

Geleneksel Arap mimarisindeki geometrik şekillerin tekrarından ilham alınarak oluşturulan modern cephede iki cam arasına yerleştirilmiş perfore metalden üretilmiş parçalar ile hareketli bir yüzey oluşturulmuştur. Temel görevi iç mekânda konforlu bir ortam oluşturmak olan bu sistemin çalışma mekanizması cephede kullanılan 2,9 m x 2,9 m ölçülerinde merkezi bilgisayar kontrolüne bağlı yaklaşık 27 bin adet lens ile gerçekleştirilmektedir. Binayı solar enerjinin olumsuz etkilerinden korumak amacıyla hareket eden bu sistem cephede mekanik bir hareket gerçekleştirmektedir.

Şekil 5.3.3.'te görüldüğü gibi belirli bir güneş faktörü değeri aşıldığında birbirine bağlı şekilde yerleştirilmiş ileticiler ile komut verildiğinde lensler hareket eder ve ışık geçirgenliği kontrol edilmiş olur. Jean Nouvel'in deneysel olarak tasarladığı ve uyguladığı projelerden biridir.



Şekil 5.3.3. Arap Dünya Enstitüsü, Jean Nouvel, Paris (url 50)



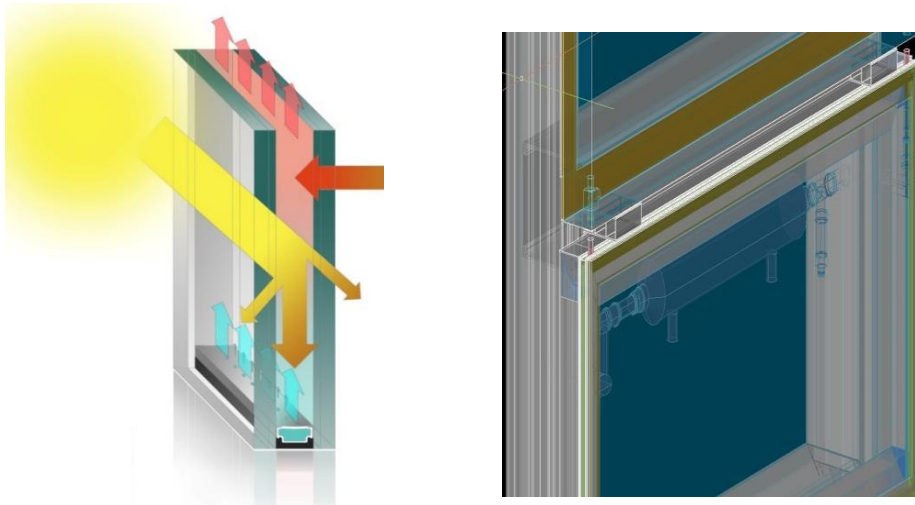
Şekil 5.3.4. Arap Dünya Enstitüsü Cephe Mekanik Detayı, Jean Nouvel, Paris (url 5)

5.4. INDEWAG PAVİLYONU

Sofya'da bulunan Bulgaristan Bilim Akademisi kampüsünde sergilenmek amacı ile yapılmış olan InDeWag Pavilyonu, akışkan akışlı cam teknolojisi (FFG) kullanılmış adaptif cephe uygulamalarından biridir. Neredeyse Sıfır Enerjili Bina (ZEB) olması planlanan yapıda, çevresel enerji gereksinimleri minimuma indirilmesi hedeflenmiştir. Bu yapılar, yenilenebilir enerji kaynaklarını verimli şekilde kullanıp yapım ve işletme süreçlerinde sürdürülebilir çözümler üreten yapılardır.



Şekil 5.4.1. InDeWag Pavilyonu Cephe Uygulama Detayları (url 52)



Şekil 5.4.2. InDeWag Pavilyonu Cephe Uygulaması Dış Görünüşü (url 52)

Kare planlı, 7m x 7m boyutlarında cam küp şeklindeki yapıda, Doğu, Batı ve Güney cephelerinde uygulanmış olan modüler Akışkan Akışlı Camlama Elemanlarına (FFG) üniteleri bulunmaktadır. InDeWaG'ın amacı, geliştirilen bu cam üniteler ile değişken radyant ısıtma ve soğutma seviyelerine bağlı oluşan enerji tüketimini azaltmak ve gün ışığından maksimum yararlanarak iç konfor koşullarını sağlamaktır. Yapı üretim maliyetlerini oldukça düşüren bu sistem kullanıldığında inşaat ve kurulum maliyetlerini %15 azaltmak amaçlanmıştır.

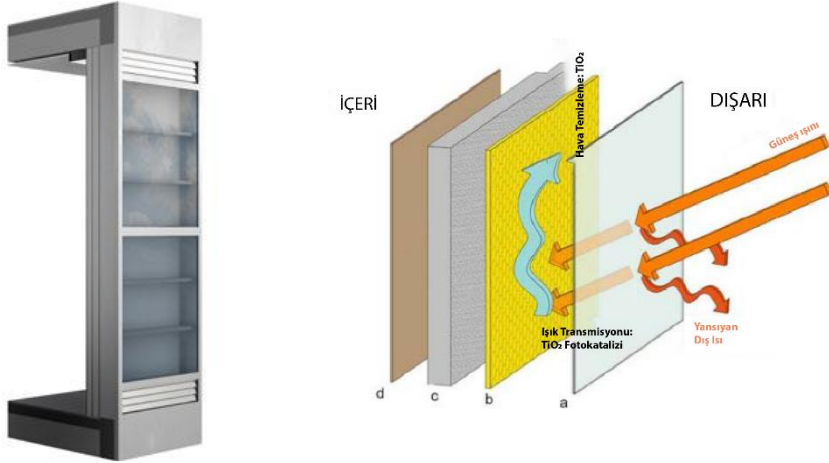
Üretilen cam üniteleri Şekil 5.4.2.'de kesit üzerinde görüldüğü üzere 3 katmanlı cam ünitesinde güneş ışınlarının yakalanarak mevsimsel olarak yapının iklimlendirilmesinde kullanılmak üzere sirkülasyonu sağlanan sıvının motor yardımı ile hareketinin sağlandığı ve sıvının yapı içerisinde devriminin gerçekleştirildiği görülmektedir. Pencerenin içerisinde hareket eden suyun sirkülasyonu ile cephe ısıtma veya soğutma görevi görebilmektedir. Aynı zamanda binanın çatısına eklenen 6 kWp'lık fotovoltaik güneş panelleri ile üretilen elektrik enerjisi yapının enerji ihtiyacı karşılanmaktadır.

5.5. SELFIE CEPHE UYGULAMASI

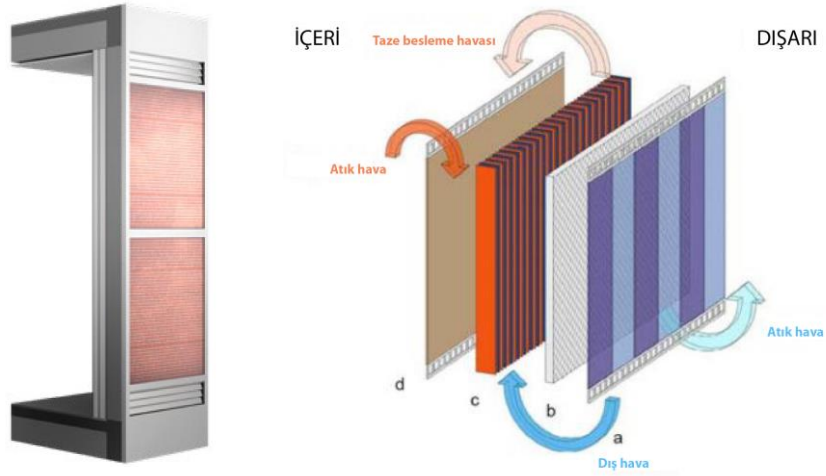
Abita Araştırma Merkezi tarafından Floransa'da 2017'de arge çalışmaları yapıp uygulanan SELFIE (Smart and Efficient Layers for Innovative Envelope) cephe uygulaması, iç mekânda termal konforun ve iç hava kalitesinin sürekli olarak devam etmesini amaçlamaktadır. Adaptif cephe sistemleri için bir örnek uygulama durumunda olan bu çalışma, içerdiği prototipler ile çevresel koşullara göre iç ve dış mekân arasındaki enerji alışverişini dengeleme görevi görmektedir.



Şekil 5.5.1. Selfie Cephe Uygulaması Dış Görünüşü (Romano, Gallo, 2018)



Şekil 5.5.2. Prototip 1 Detayı (Romano, Gallo, 2018)



Şekil 5.5.3. Prototip 2 Detayı (Romano, Gallo, 2018)

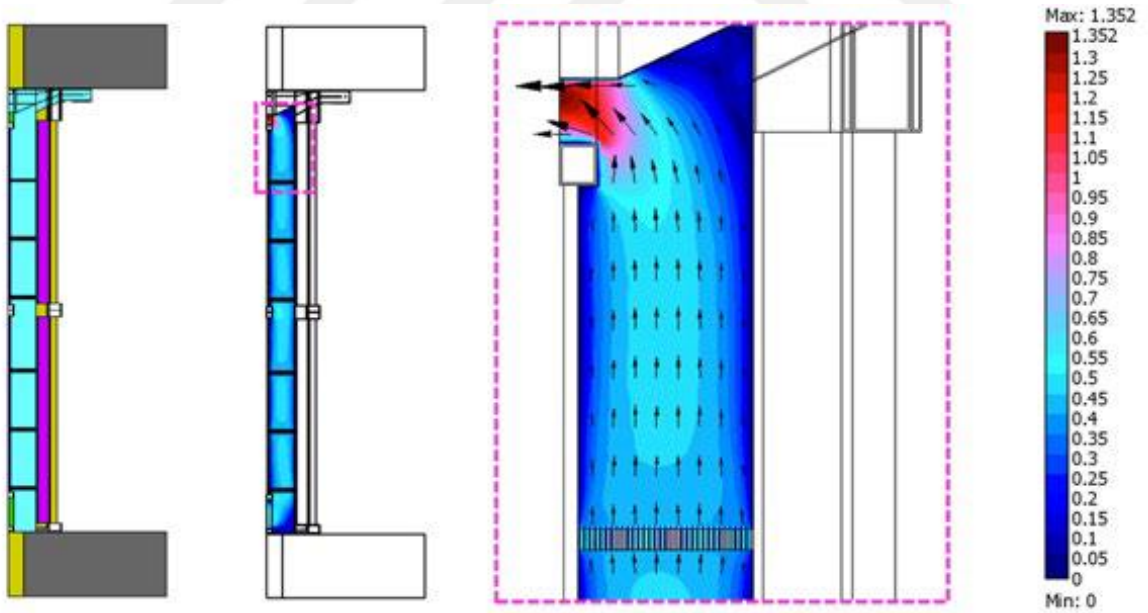


Şekil 5.5.4 Prototip 3 Detayı (Romano, Gallo, 2018)

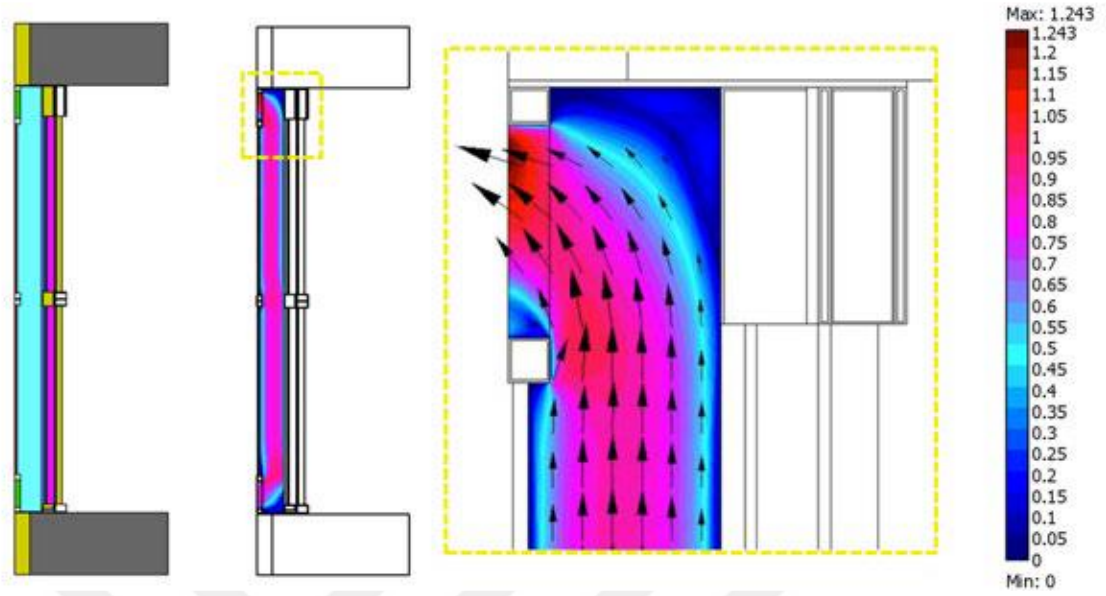
Selfie Cephe uygulaması 3 prototip şeklinde tasarlanmıştır ve her birinin performansı farklıdır. Yapılan araştırmada, Selfie 1 prototipi Şekil 5.5.4.'te görüldüğü gibi, dıştan içe doğru; PVB ve IR yansıtıcı kaplamalara sahip cam tabaka, hava boşluğu, havanın filtrelenmesini sağlayan TiO_2 kaplama, Faz Değişim Malzemesi (PDM) dolgulı cam, kapatma paneli katmanlarından oluşur (Claridge, Edwards, 2012).

Selfie 2 prototipi Şekil 5.5.5.'te görüldüğü gibi, sırası ile; ızgara şeklinde fotovoltaik panel, faz değıştiren malzeme içerkli yalıtım paneli, boşluk, ısıyı dönüştüren katman ve dış kapatma paneli şeklinde oluşur. Selfie 3 prototipi Şekil 5.5.6.'te görüldüğü gibi, sırası ile; PVB ve IR yansıtıcı kaplama özellikli cam tabaka, hava boşluğu ve gölgeleme cihazı, çift cam katmanlarından oluşur (Romano, Gallo, 2018).

Şekil 5.5.7. ve Şekil 5.5.8.'de görülen diyagramlarda Prototip 1 ve 2'nin hava akış analizi gösterilmiştir. Oluşturulan modeller üzerinden yapılan analizde modül prototiplerinin geometrik-fonksiyonel değışimleri (havalandırma çıkışları, katmanlar arası boşluk, malzeme özelliğı vb.) sonucu enerji performansları değışiklik göstermektedir. Havalandırma simülasyonu yapılan prototip 1 ve 2'de havanın hızı ısının transferi için dikkat edilmesi gereken en önemli parametrelerden biri olarak belirlenmiştir.

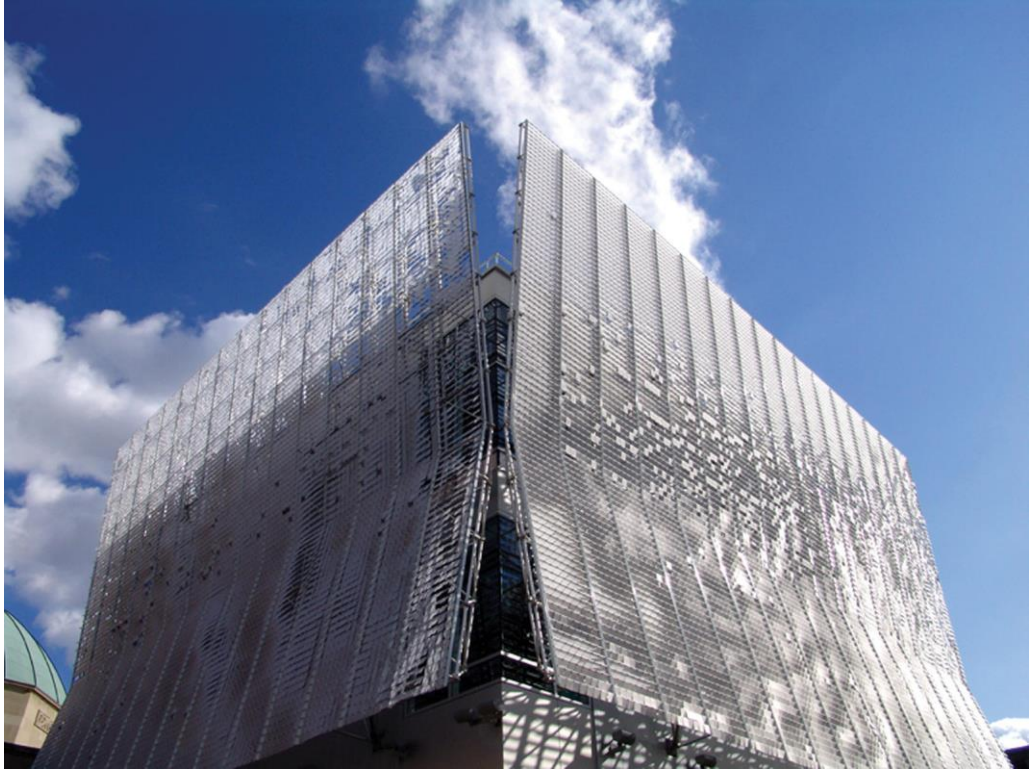


Şekil 5.5.5. Prototip 2 Havalandırma Deneyi (Romano, Gallo, 2018)



Şekil 5.5.6. Prototip 3 Havalandırma Deneyi (Romano, Gallo, 2018)

5.6. ARTICULATED CLOUD, PİTTSBURG ÇOCUK MÜZESİ



Şekil 5.6.1. Pittsburgh Çocuk Müzesi Cephe Görünüşü (url 53)

Mimarlar Hank Koning and Julie Eizenberg ve heykel sanatçısı Ned Kahn iş birliği ile 2004 yılında tasarlanmış olan Articulated Cloud projesi çocuk müzesi olarak işlev göstermektedir. Cephede rüzgârın hareket ettirdiği yaklaşık 43 bin adet yarı saydam polikarbon malzemeden oluşturulmuş birimler ile rüzgârın yüzeydeki etkisini görünür kılmak amaçlanmıştır (Şekil 5.6.2.). Kullanılan malzemenin optik özelliklerinden dolayı farklı hava koşullarında ve aydınlatmalarda biçimsel olarak farklı görünmektedir. Güneş kontrol elemanı olarak da işlev gösteren bu birimler ile sistem, cephede pasif bir örtü görevi görmektedir.



Şekil 5.6.2. Pittsburg Çocuk Müzesi Cephe Malzeme Detay Görünüşü (url 53)

5.7. GREEN PİX – SIFIR ENERJİ MEDYA DUVARI

Simone Giostra & Partners Mimarlık tarafından 2008 Pekin Olimpiyatları için Xicui Eğlence Kompleksi'nin cephesine uygulanan bu tasarım dijital bir duvar görevi görmektedir. Şekil 5.7.2.'de görüldüğü gibi cepheyi oluşturan cam panellere entegrasyonu yapılan fotovoltaik paneller ile gün içerisindeki solar enerjinin depolanıp farklı enerjilere dönüştürülmekte, örneğin hava karardıktan sonra dev bir LED ekrana dönüştürülerek aydınlatmada kullanılmaktadır.



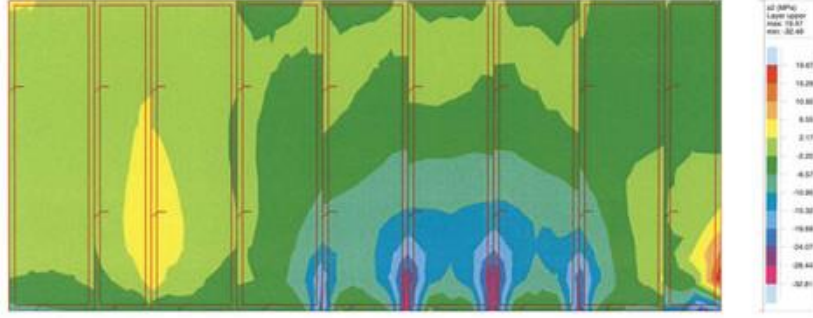
Şekil 5.7.1. Green Pix Cephe Görünüşü (url 54)



Şekil 5.7.2. Green Pix Cephe Detay Görünüşü (url 54)

Oluşturulan yüzey çevresel ortam koşullarıyla etkileşime geçerken aynı zamanda kentle, çevredeki kullanıcılar ile de etkileşime geçmekte ve yapıyı ilgi çekici kılmaktadır. Şekil 5.7.3.’te noktasal algılayıcıların uyarılara karşı oluşturduğu tepkisel örüntü görülmektedir.

original diagram

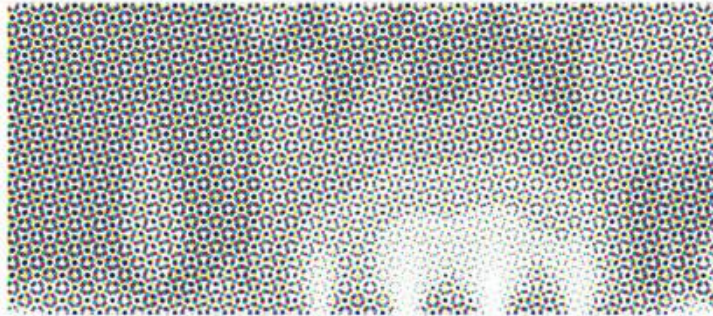


traced vector regions



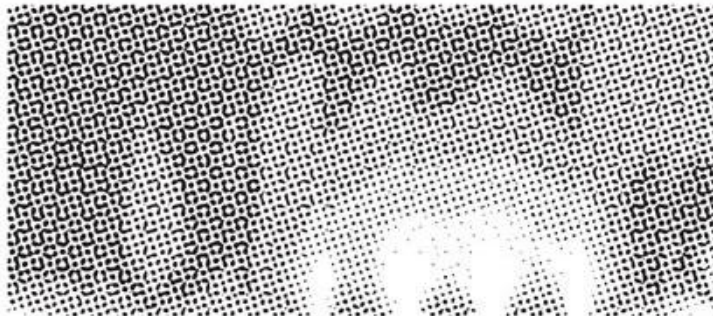
filter / pixelate / color halftone

16pt : default



effect / path / outline stroke / default

170 threshold : 2px blur



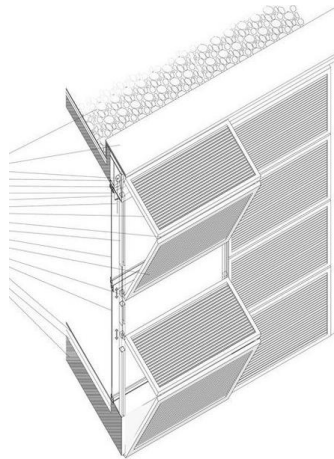
Şekil 5.7.3. Green Pix Cephe Detay Görünüşü (url 54)

5.8. KIEFER TECHNIC SHOWROOM



Şekil 5.8.1. Kiefer Teknik Showroom Cephe Görüntüsü (url 55)

Avusturya Bad Gleichenberg'de bulunan Giselbrecht & Partners tarafından 2007'de tamamlanan Kiefer Teknik Showroom karma strüktüre sahip bir ofis yapısıdır. Binanın cephesinde bulunan mekanik hareketli paneller gün ışığının iç mekâna girmesi istendiği durumlarda açılıp kapanma hareketi ile günışığına karşı duyarlı bir yaklaşım sergilemektedir. Gün ışığı miktarı ve şiddeti günlük veya mevsimsel olarak değiştiği için kendi iç iklimini kontrol altına almayı amaçlayan bu sistem ile cephedeki panel hareketleri farklı varyasyonlar oluşturarak cephe tasarımında deneysel bir yaklaşım sunmaktadır.



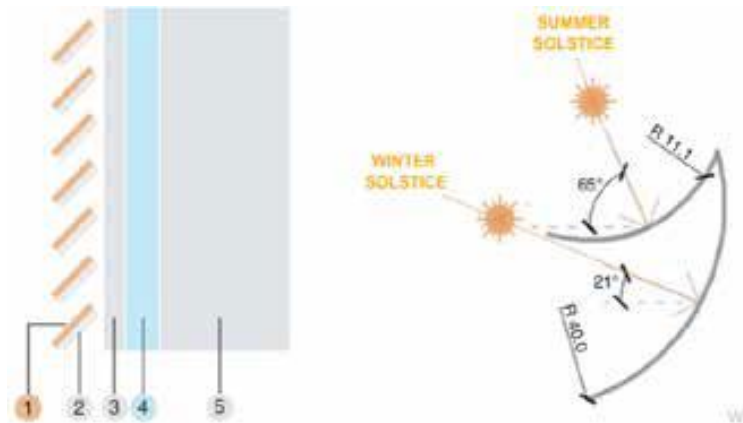
Şekil 5.8.2. Kiefer Teknik Showroom Cephe Görüntüsü (url 55)

5.9. BİNA ENTEGRE FOTOVOLTAİK CEPHE (BIPV) UYGULAMASI



Şekil 5.9.1. Bina Entegre Fotovoltaik Panel Uygulaması

Enrico Sergio Mazzucchelli, Luisa Doniacovo tarafından 2016’da Milan, İtalya’da geliştirilen binaya entegre edilmiş fotovoltaik panelli cephe sistemi ile pasif bir şekilde çevresel ortamdaki ışık ve nem değerlerindeki değişikliğe göre eğimini değiştirerek yönelen bir uygulama yapılmıştır. Ahşap paneller üzerine yerleştirilen ince film tabakası şeklindeki BIPV üniteleri Şekil 5.9.2.’de görüldüğü gibi mevsimsel değişikliklere bağlı olarak açısını değiştirebilmektedir. Bu sayede cephede daha verimli bir enerji üretme performansı elde edilmektedir. Malzemenin kendi özelliğinin sağladığı bir adaptasyon gerçekleşmesi sebebiyle de ekolojik ve maliyeti düşük bir uygulama biçimidir.



Şekil 5.9.2. Bina Entegre Fotovoltaik Panel Uygulaması Mevsimsel Çalışma Prensibi

5.10. KFW GENEL MERKEZ BİNASI



Şekil 5.10.1. KFW Genel Merkez Binası Cephe Görüntüsü (url 56)

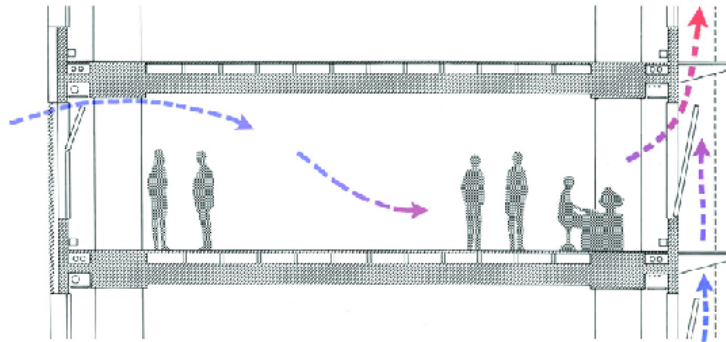
Sauerbruch Hutton Architekten tarafından 2010 yılında Frankfurt'ta inşa edilen KFW Genel Merkez Binası, çift cidarlı bir cephede kullanılan motorlu jaluzi sisteminin uygulanması ile güneşiğe karşı adaptasyon özelliği göstermektedir. Cam tabakaları arasına yerleştirilen bir panjur sistemi ile güneşe bağlı parlama ve aşırı ısınma problemlerinin minimize edilmesi amaçlanmaktadır. Aynı zamanda havalandırma sistemi için de cepheden rüzgâr basıncını kullanmak amacı ile dar havalandırma kanatları oluşturulmuş, farklı yönlerden gelecek rüzgâr etkisine karşı ayrı çalışılmıştır. Örneğin, yaz aylarında güneybatı ve kuzeydoğudaki havalandırma boşlukları aktifleştirilirken, daha serin olan mevsimsel zamanlarda bu kanallar kapatılıp havanın yapı içerisine girmeden önce ikinci bir katmanda ısıtılması işlemi uygulanmaktadır. Oluşturulan basınç bölgesi, hava akışı 6 m/s 'yi geçmeyecek şekilde ayarlanmıştır. Doğal havalandırma uygulanan cephe sisteminde kullanılan üniteler enerji kaybını azaltmaya ve çevresel koşulları yapı içerisindeki konfor koşullarına uyarlamada pasif bir etki göstermektedir.

5.11. GSW HEADQUARTERS BİNASI



Şekil 5.11.1. GSW Headquarters Binası Cephe Görünüşü (url 57)

Bir emlak şirketi olan GSW Headquarters, 1989’da Berlin Duvarı yıkıldıktan sonra inşa edilmiş ve o dönemde bölgede yapılmış ilk gökdelen olmuştur. Çift cidarlı olarak tasarlanan yapıda Batı cephesine uygulanmış olan pasif kontrol sistemleri uygulanmıştır. Cephede kullanılan renkli gün ışığı kontrolü elemanları yapıya bir kimlik kazandırmakla beraber, yapı kabuğunun enerji alışverişinin pasif kontrolünü sağlamayı amaçlamaktadır. Ofis katlarında değişen plan konfigürasyonlarına göre oluşturulan sistemde çapraz havalandırma stratejisi Şekil 5.11.2.’de görüldüğü üzere cephede üst kısımdaki açıklıktan ses yalıtım bariyerleri ile alınır ve karşı taraftan tahliye edilir. Yılın büyük bir kısmında uygulanabilen bu sistem ile yapıda ısıl konfor için harcanan enerjinin azaltılması hedeflenmiştir.



Şekil 5.11.2. GSW Headquarters Pasif Havalandırma Sistemi (url 57)

5.12. BİYOREAKTÖR EVİ

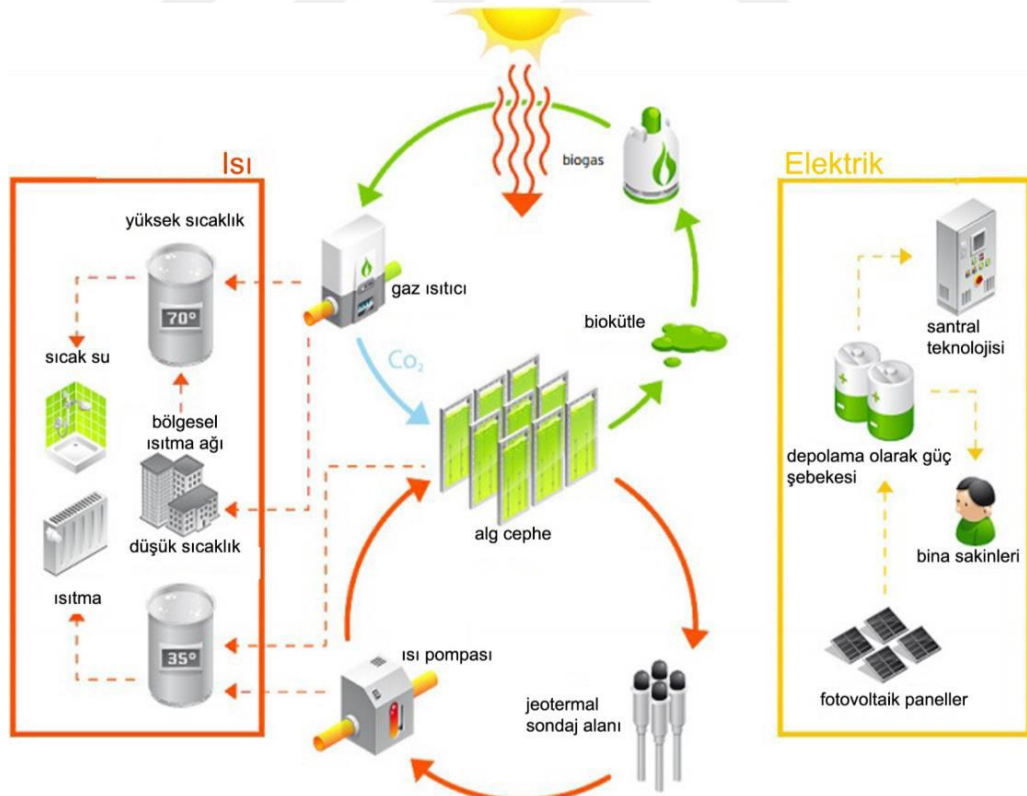


Şekil 5.12.1. Biyoreaktör Evi Cephe Görünüşü (url 58)

Hamburg’da ARUP tarafından 2013’te uygulanan Biyoreaktör Evi projesi, güney-batı ve güneydoğu cephelerinde 200m²’lik bir alanda yapıya entegre bir şekilde uygulanan, fotobiyoreaktörler gibi canlı organizmalar kullanılarak oluşturulması ile dikkat çekici bir projedir. Cephedeki panellerin içerisinde bulunan sıvıda alg mikroorganizmaları büyümekte ve bu büyüme sonucunda biyokütleye dönüşmekte ve sonrasında bu biyokütle yakılarak enerji elde edilmektedir. Yapı kabuğunda güneş ışınlarına karşı dinamik bir gölgeleme görevi gören bu paneller aynı zamanda akustik ve ısı yalıtımı konusunda da verimli sonuçlar göstermektedir. Geleneksel güneş piline kıyasla %15 daha fazla elektrik ve güneş kolektörüne kıyasla %65 daha fazla ısı üretmektedir (url 59). Minimum bakım gerektiren bu paneller çift taraflı argon gazı ile çevrelendiği için yapının enerji kaybını önlemektedir. Panellere belirli süre aralıklarında sıkıştırılmış hava verilir ve hava kabarcıkları oluşturulur (Şekil 5.12.2.). Bu sayede sıvının içerisindeki alglerin CO2 tutma seviyeleri arttırılmış olmaktadır. Her mevsim koşulunda uygulanabilen bu sistem ile cephenin uyarlı performans göstermesi organik ve aktif bir sistem ile karşılanmaktadır.



Şekil 5.12.2. Biyoreaktör Evi Cephe Paneli Detayı (url 58)



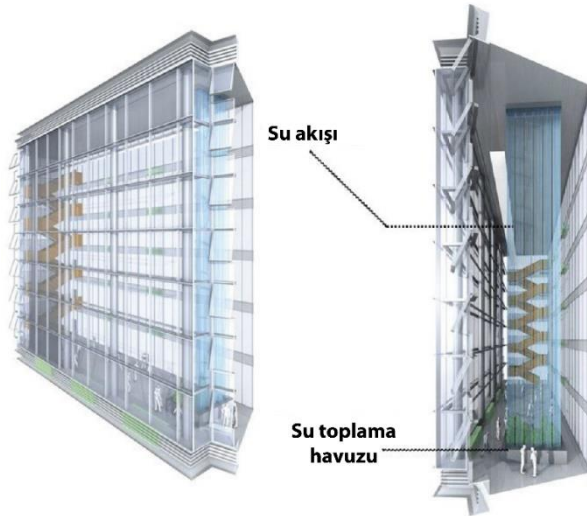
Şekil 5.12.3. Biyoreaktör Evi Çalışma Mekanizması (url 58)

5.13. BİO-SKİN CEPHE

Tokyo’da 2012 yılında uygulanan Dünya’nın ilk soğutma özellikli cephesi olarak görülen Sony City Osaki yapısının doğu cephesine uygulanan Bioskin cephe sistemi ile dış yüzeyi kaplayan, içerisinden suyun aktığı Şekil 5.13.2.’de görülen yüzeyi sırlı olmayan gözenekli seramik borular düzenlenmiştir. Yağmur suyunun kullanıldığı sistemde geleneksel Japon tekniklerinden esinlenilerek yüksek oranda su tutma kapasitesi malzemeler kullanılmıştır. Yağmur suyunun toplanarak yeraltı depolama sistemlerine iletilmesi ve sonrasında pompa yardımı ile cephedeki borulardan dolaştırılması ile gözenekli borulardan buharlaşır ve araştırmalara göre bu buharlaşma sonucunda havanın sıcaklık derecesini 2 derece düşürdüğü görülmektedir. Cephede oluşturduğu çift katman görevi ile binayı gölgeleme, havalandırma ve yalıtma gibi özellikleri sağlamaktadır.



Şekil 5.13.1. Bioskin Cephe Uygulaması (Kuwabara ve diğ, 2009)



Şekil 5.13.2. BioSkin Çalışma Mekanizması Şeması (Kuwabara ve diğ, 2009)

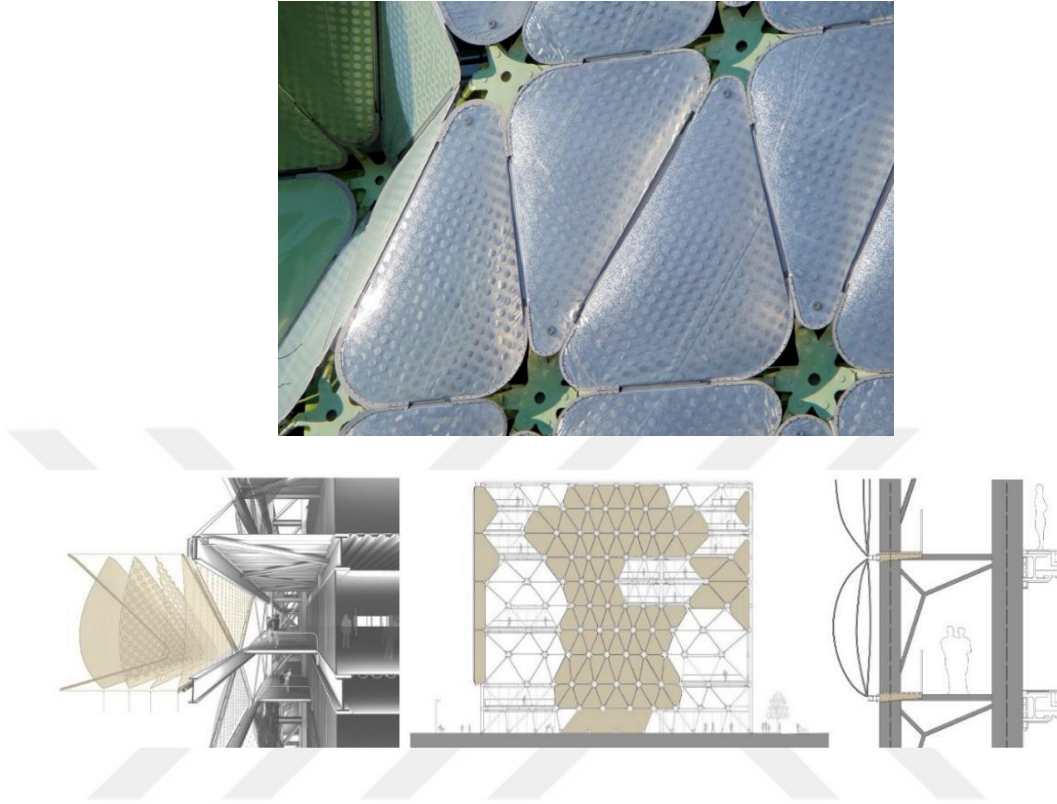
5.14. MEDİA-TIC BİNASI

Adaptif cephe örneklerinden biri olan Media-TIC Binası, Barcelona’da bulunan bilgi ve iletişim teknolojileri merkezidir. Bir üretim merkezi olan bu yapı, yeni fikirlerin üretildiği ve uygulandığı bir yapıdır. Bu durum yapının cephesine de yansımış; teknoloji ve inovasyonun malzeme ile kurgulanması ile temelde ETFE adı verilen eko-verimli polimer yapıda bir malzeme ile enerji etkin bir cephe durumundadır. Yapının dış yüzeyinde ikincil bir katman olarak konumlanmış pnömatik bir sistemdir. ETFE kaplamalar gün içerisinde güç ışığını yaklaşık 6 saat boyunca absorbe etmektedir. 3 kat uygulanan ETFE, bu süre içerisinde sıcaklık arttıkça katmanlar arasındaki partiküller yoğunlaşmakta ve şişmektedir. Böylece yapı kabuğunda bir hava odacığı oluşturmaktadır. Şişme etkisiyle cephede opak bir görüntü oluşmaktadır. Cam kullanımına göre gün ışığı karşısında daha verimli ve daha az maliyetlidir. Uyarlanabilir cepheler üzerinde karakteristik bir özellik kazandırmaktadır.



Şekil 5.14.1. Media-TIC Cephe Görünüşü (url 17)

Şekil 5.14.2. Media-TIC Cephe Malzemesi, ETFE Katmanları (url 17)



Şekil 5.14.3. Media-TIC Cephe Sistemi Diyagramları (url 17)

5.15. SOLPIX CEPHESİ



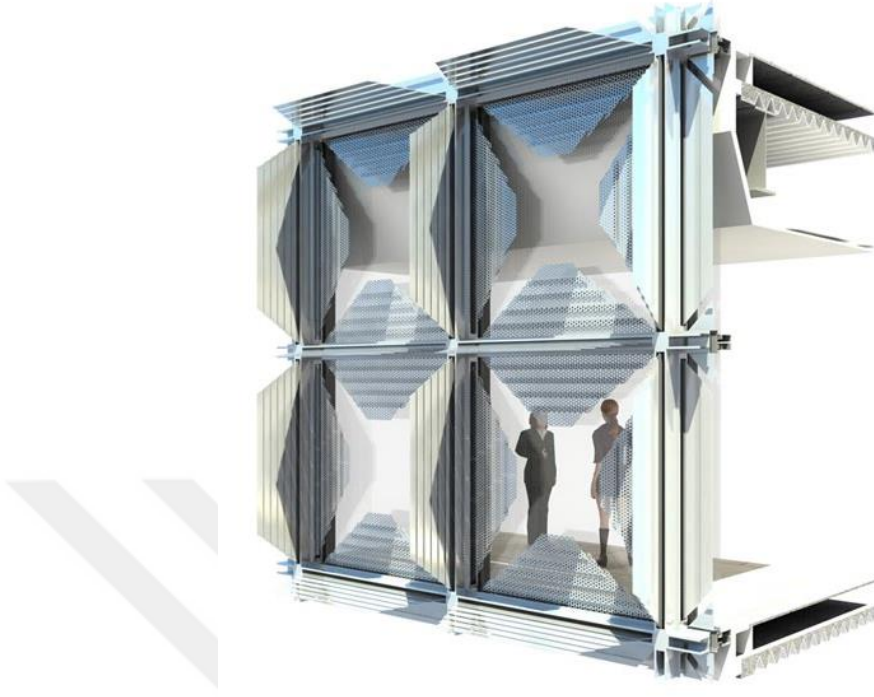
Şekil 5.15.1. SolPix Cephe Detay Görüntüleri (url 60)

SolPix LED (Simone Giostra & Partners) tarafından 2010'da New York'ta tasarlanan müze yapısı, yapı kabuğunun enerji performansını düzenlerken aynı zamanda yapının çevre ile etkileşim kurma biçimini geliştirmek amacı ile oluşturulmuştur.

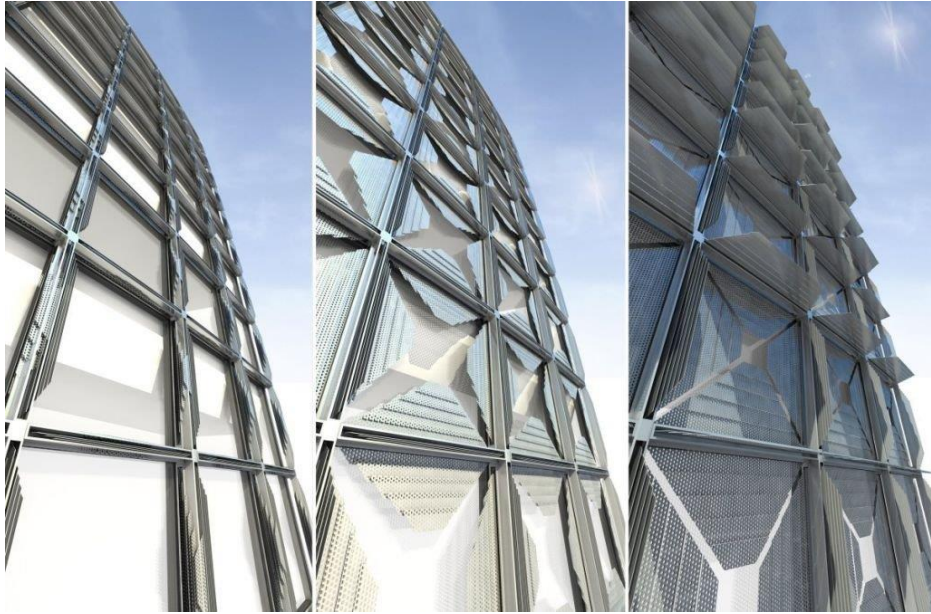
Uygulandığı cephede bulunan cam uygulanmış alanı bir çeşit cilt'e dönüştürmekte ve gün ışığını üzerindeki mikrodenetleyiciler ile toplayıp cam ekrana güç sağlamak için kullanmaktadır. Yapının çevresiyle kurduğu ilişkiyi arttıran bu sistem aynı zamanda yapı performansını da iyileştirmektedir. Şekil 5.15.1.'de görülen LED ekranı bir medya duvarı olarak kullanılmaktadır. Güni ışığından kazanılan enerji ile faaliyet göstermektedir.

5.16. HELIO TRACE MİMARLIK MERKEZİ BİNASI

Owings and Merrill LLP tarafından 2010 yılında New York'ta çalışılan Helio Trace Mimarlık Merkezi projesi, konsept olarak güneşin hareketlerini gün ve yıl olarak takip edip cephede ve iç mekânda görsel konfor için optimum sonuçları sunmaktır. Yapıda parlamanın ve aşırı ısınmanın önüne geçmek amacıyla çalıştırılan mekanik sistem, yapıya yıllık yaklaşık %81 daha az enerji kaybettirmektedir. Cephede kullanılan hareketli levhalar 3 aşamalı olarak hareket ederek iç mekâna kontrollü ışık alınmasına yardımcı olmaktadır. 5 saniye içerisinde hareketini tamamlayan levhalar yapıya enerji etkin bir kimlik kazandırmaktadır.



Şekil 5.16.1. Helio Trace Mimarlık Merkezi Cephe Sistemi Görünüşü (url 61)



Şekil 5.16.2. Helio Trace Mimarlık Merkezi Cephe Sistemi Hareket Şekilleri (url 61)

Çizelge 5.1. Adaptif Cephe Örnekleri Karşılaştırma Tablosu

PROJELER	ENERJİ ÜRETEN	ÇİFT KABUK	AKILLI MALZEME	ÇEVRESEL ETKİLERE KARŞI ADAPTİFLİK						ADAPTASYON ÇEŞİDİ
				İŞIK	ISI	RÜZGAR	YAĞIŞ	GÜRÜLTÜ	KİRLİLİK	
Al-Bahr Kuleleri										Hidrolik Açılıp Kapanma
Orta Doğu Medya Kuleleri Projesi										Hidrolik Açılıp Kapanma
Arap Dünya Enstitüsü										Aktüatör
InDeWag Pavilyonu										Mekanik / Motorlu Sistem
SELFIE Cephe Uygulaması										Akıllı Malzeme
Articulated Cloud, Pittsburg Çocuk Müzesi										Pasif Yönlendirme
Green Pix – Sıfır Enerji Medya Duvarı										BIPV
Kiefer Technic Showroom										Kayma / Katlanma
Bina Entegre Fotovoltaik Cephe (BIPV) Uygulaması										BIPV
KFW Genel Merkez Binası										Motor / Basınç Etkisi
GSW Headquarters Binası										Pasif Etki
Biyoreaktör Evi										Bio-enerji
Bio-Skin Cephe										Pasif İletim
Media-TIC Binası										ETFE / Pnömatik Hareket
SolPix Cephesi										BIPV
Helio Trace Mimarlık Merkezi Binası										Mekanik / Motorlu Sistem

SONUÇ

Günümüzde inşaat sektöründe her geçen gün yenilikçi yapı malzemelerine talep artmakta ve sürdürülebilir çözümler üretilmesine dair yeni adımlar atılmaktadır. Malzeme ile biçimlenmekte olan bu sektörde, kentlerin daha yaşanılabilir olması, enerji ihtiyaçlarının karşılanması, kullanıcı konforlarının sağlanması ve çevresel kaynaklara duyarlı yapılar olması amacıyla sürdürülebilir-enerji etkin yapılar özelinde çalışmalar yaygınlık kazanmış durumdadır.

Tez çalışması kapsamında öncelikle cephe sistemleri, cephe tasarımına etki eden faktörler ve adaptif mimarlığın tanımı yapılarak adaptif-uyarlanabilir cephe sistemlerinin avantajları ve çalışma prensiplerinden bahsedilmiştir. Geleceğin kaynaklarını tüketmeden bugünün yaşamsal kalitesini sağlamada günü performatif bir

biçimde karşılamayı amaçlayan cephe sistemlerinin performanslarını etkileyen parametreler üzerinde durduktan sonra kullanıcıların konforlarının bu performans kriterlerine bağlı olarak nasıl etkiler gösterdiğinden bahsedilmiştir. Ardından literatür taraması yapılarak adaptif cephe örnekleri incelenmiştir.

Yakın zamanlara kadar çevresel koşulların iklim krizi etkisinde değişmesiyle sürdürülebilir yapıların kendini bu değişen koşullara adapte edebilmesi noktasal algılayıcı sensörler, aktüatörler, enerji dönüştürücü yüksek teknolojiye karmaşık otomatik mekanizmalara sahip olarak tanımlanıyordu. Malzeme duyarlılığına dayalı uyarlanabilir cephe tasarımının düşük teknolojiye ve teknolojisiz pasif stratejileri henüz emekleme aşamasındaydı. Pasif stratejiler, yolcu konforunu korurken enerji ve malzeme kullanımını en aza indirir.

Gelişmiş sistemlerin geleceği oldukça açıktır. Son zamanlarda adaptif mimarlık kapsamında yapılan 3 boyutlu baskı teknikleri, akıllı malzemeler veya biyolojik organizmaların yapı malzemelerine entegrasyonu vb. çalışmalar, uygulama alanlarını ve adaptasyon biçimlerini çeşitlendirmektedir. Mekanik sistemlerin yanında doğal sistemlerin kullanılması adaptif cephelerin performansını etkilemekte ve yapı işletim maliyetlerini düşürmektedir. Adaptif cephe mimarlığı yaklaşımı prensipleri ile, çevresindeki enerjiyi tüketen statik bir yapıdan, çevresel koşullara karşı kendini adapte edebilen, doğadan ilham alan, tepki veren dinamik bir sisteme dönüşmektedir. Sistemleri uyarlayabilmek için gereken enerji miktarını da kendi içerisinde doğal kaynaklardan üretilmesive bakım hizmetlerinin karmaşıklığı adaptif cephelerin performansını etkileyen en önemli faktördür. Biyomimikri kullanılarak yapı kabuğunu doğal bir cilt yüzeyi etkisi yapabilmesi olarak yorumlanabilmektedir.

Adaptif konstrüksiyon sistemleri malzemelerin akıllı özellikleri ile geleneksel yapı teknolojilerini harmanlayarak bu teknolojilere ek işlevler entegre edilmesi ile oluşturulmaktadır. Bu tezde, farklı amaçlarla oluşturulmuş çeşitli adaptif cephe sistemleri ve bu sistemleri uygulamayı gerektiren çevresel koşulların zorlukları incelenmiştir.

İncelenen 16 adet adaptif cephe örneğinden 14'ünde cepheye yapılan müdahalede bileşenler dış kısma yerleştirilmiş, kalanlar ise yapı ile bütünleşik panel

vb. şekilde tasarlanmıştır. 16 örnekten 14 tanesi mekanik bir müdahale tipiyle çalıştırılıyorken, 3 tanesi harici kontrollü makro düzeyde çalıştırılmaktadır. Media-TIC binası hem termal hem de ışıkla ilgili performanslarda uyarlanabilirliğe sahip, pnömatik kaplamaya sahip birkaç örnekten biridir.

İncelenen örneklere göre, yapıların en çok enerji kaybının açıklıklar olduğu da göz önünde bulundurulduğunda, genellikle binanın dışında cam kısmının performans özelliklerinin üzerinde çalışıldığı görülmektedir. Bu tip cephe sistemlerinde gün ışığının direkt olarak iletimi azaltılmış olmakla birlikte istenmeyen güneş kazanımları önlenmiş olmaktadır. Dolayısıyla yapının iklimlendirme için harcadığı enerji miktarı ciddi oranda azalmaktadır. Fakat yapı performansı düşünüldüğünde özellikle soğuk veya ılıman bölgelerde bu tip sistemlerin adapte olma aralıkları düşmektedir.

Adaptif cephelerde kullanıcı konforunun sağlanması tüm fonksiyonel değerlerin sabit değerlerde tutulması anlamına gelmemektedir. Çevresel koşulların değişimleri durumlarında olumsuz etkilerin yapı içerisinde minimum hissedilmesi amaçlanmaktadır.

KAYNAKÇA

Abdou, A., Abd Elgawad, I., Eldin, N. N., (2016). Biomimetic Potentials For Building Envelope Adaptation İn Egypt. *Procedia Environmental Sciences*, 34, p: 375-386.

Abdelmohsen, S., Massoud, P., El-Dabaa, R., Ibrahim, A., & Mokbel, T., (2018). A Computational Method for Tracking the Hygroscopic Motion of Wood to Develop Adaptive Architectural Skins, p: 253-262.

Addington, M., & Schodek, D. L., (2005). Smart materials and new technologies for the architecture and design professions. Architectural.

Aelenei, D., Aelenei, L., & Vieira, C. P. (2016). Adaptive Façade: concept, applications, research questions. *Energy Procedia*, 91, p: 269-275.

Akdağ N., Aknesil A. ve Yüksel Z., (2016). Yalıtım, Gürültü Denetimi, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yayın No: MMO/664, ISBN: 978-605-01-0899-6, İstanbul.

Akyüz, D. G., & Manav, B. (2020). A Research on Space Perception And Acoustical Comfort. *IDA: International Design and Art Journal*, 2(1), p: 17-30.

Anis, M. (2019). Designing an adaptive building envelope for warm-humid climate with bamboo veneer as a hygroscopically active material. In ARCC Conference Repository.

Anonim, (1998). Türkiye'nin Çevre Sorunları, Türkiye Çevre Vakfı Yayın No: 131, Ankara.

Arslantatar, A. H., (2006). Metal Çerçevesi Giydirmeye Cephelerin Enerji Etkinliği Açısından İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze.

Aronin, J. E., (1953). Climate and Architecture. Newyork: Reinhold Publishing, New York.

Arpacioğlu, Ü. (2010). Günlüğü Öncelikli Fiziksel Çevre Tasarım Destek Modeli. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.

Atawula, A., (2016). *Bioinspired Kinetic Architecture And Adaptive Component Design Proposal*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

Attia, S., Lioure, R., & Declaude, Q., (2020). Future Trends And Main Concepts Of Adaptive Facade Systems. *Energy Science & Engineering*, 8(9), p: 3255-3272.

Aydoğan, Ö. Ç. D., (2018). Ses Verileri Etkileşimli Dinamik Adaptif Bir Cephe Önerisi Sound Shield, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

Balanlı, A. ve Darçın, P., (2012). “Yapılarda Doğal Havalandırmanın Sağlanmasına Yönelik İlkeler”, Tesisat Mühendisliği Dergisi, sayı:128, s: 33-42.

Bar-Cohen, Y., (2011). *Biomimetics: Nature-Based Innovation*. CRC press, Boca Raton.

Berkin, G., & Özcan, U., (2016). Space, Material and Interstice. Presented at the International Conference on New Trends in Architecture and Interior Design 2016, ZAGREP.

BRE, (2006). “The quantification and evaluation of the benefits of self-cleaning glass”, Building Research Establishment (BRE), Research Report.

Cellura, M., Guarino, F., Longo, S., & Mistretta, M., (2014). Energy life-cycle approach in Net zero energy buildings balance: Operation and embodied energy of an Italian case study. *Energy and Buildings*, 72, p: 371-381.

Changlani, A. (2020). FACA-DE-LIT: Facade Optimisation For Visual Comfort By Controlled Daylight Distribution In High Rise Office Buildings.

Claridge, N., & Edwards, L., (2012). GREEN ROOF TECHNOLOGY–RESEARCH, DESIGN AND IMPLEMENTATION.

Çandır, M., (2013). "Gürültünün Teknik Özellikleri ve Etkileri" [http://www. Risk medakademi. com.tr/?option=content&pcontent=1&task=view&id= 46&Itemid=52](http://www.Riskmedakademi.com.tr/?option=content&pcontent=1&task=view&id=46&Itemid=52)

Decker, M., Yeadon, P. (2008). “SmartScreen: Controlling Solar Heat Gain with Shape Memory Systems”, *Boston Society of Architects Design Research Grants*.

Demers, C., Potvin, A., & Giguère-Duval, H., (2013). Inhabiting adaptive architecture: environmental delight in adaptable spaces. In Proceedings of the International Conference on Adaptation and Movement in Architecture (ICAMA), 11-12 October.

Dewidar, Y., Mohamed, N., Ashour, Y., Dewidar, K. M., Mohamed, N. M., & Ashour, Y. S. (2013). Living skins: A new concept of self active building envelope regulating systems. In *Advancing the green agenda; technology, practices and policies conference–BUID* (pp. 1-8).

Edupuganti, S. R., (2013). Dynamic Shading: An Analysis, Master's thesis, University of Washington.

Eggermont, M., (2007). Biomimetics as Problem-Solving, Creativity and Innovation Tool. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*.

Elkhayat, Y. O. (2014). Interactive movement in kinetic architecture. *JES. Journal of Engineering Sciences*, 42(3), p: 816-845.

Ergin, Ö., & Girgin, Z. C., (2020). Uyarlanabilir Cephe Sistemlerinde Şekil Hafızalı Alaşımlar ve Uygulamaları. *AURUM Journal of Engineering Systems and Architecture*, 3(2), s: 169-181.

Erkol, E., & Sayın, S., (2021). Akıllı Cam Cephe Sistemleri ve Teknolojileri. *Online Journal of Art and Design*, 9(1), s: 2.

Erturan, B., (2010). Akıllı Cephe Tasarım İlkeleri ve Uygulama Örneklerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisan Tezi, İstanbul, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.*

Gallo, P., & Romano, R. (2018). The SELFIE facade system. From Smart Buildings to Smart grid. *TECHNE-Journal of Technology for Architecture and Environment*, pp: 166-172.

Garris, L., (2004). The deliberation of daylighting. *Buildings Magazine.*

Guarino, F., Dermardiros, V., Chen, Y., Rao, J., Athienitis, A., Cellura, M., & Mistretta, M., (2015). PCM thermal energy storage in buildings: experimental study and applications. *Energy Procedia*, 70, p: 219-228.

Guzowski, M., (2000). *Daylighting for sustainable design.* Mc Graw Hill.

Gündoğdu, E., (2020). Cephe Sistemlerinin Enerji Etkinliği Üzerine Biyomimetik Bir Değerlendirme, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Necmettin Erbakan Üniversitesi.

Grynning, S., Lolli, N., Wågø, S. I., & Risholt, B. D., (2017). Solar shading in low energy office buildings-design strategy and user perception.

Hamilton, L., (2019). Moisture Management and Façade Design, Building Enclosure.

Hasol D., (2009). Mimarlık Cep Sözlüğü, Baskı 1, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları.

Hausladen G., Saldanha M., Liedl P., (2006). Climate Skin, Birkhauser, Basel, Boston, Berlin

Hraska, J., (2018). Adaptive solar shading of building. *International Review of Applied Sciences and Engineering*. s, 9(2), p: 107–113. doi: 10.1556/1848.2018.9.2.5

İleritürk, İ., (2016). *Mimarlık Eğitiminde Doğa ile İlişki Bağlamında Biyomimikri.* Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

Jahed, N., (2018). *Performance based façades: retrofit strategies for energy efficiency and comfort in existing office buildings* /Master's thesis, Middle East Technical University/.

Yao, J., & Zhu, N. (2012). Evaluation of indoor thermal environmental, energy and daylighting performance of thermotropic windows. *Building and Environment*, 49, p: 283-290.

Karakoç, E. (2015). *Performansa Dayalı Adaptif Bina Kabuğu Tasarımı*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. İstanbul.

Karasu, B., Sarıcaoğlu, B., (2018). ‘Cam Yüzey Kaplama Teknolojileri’, El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi (ECJSE), Cilt 5(2), s: 475-500.

Kars H., (2021). Biyomimikri Destekli İnteraktif Cephe Bileşen Tasarım Önerisi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Kazanasmaz, T., Diler, Y., Kampüsü, G., & Urla, İ., (2011). Gelişmiş cam teknolojileri ile enerji etkinliğin değerlendirilmesi. *İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Bölümü*, <http://docplayer.biz.tr/3954312-Gelismis-cam-teknolojileri-ile-enerji-etkinligin-degerlendirmesi.Html> (Erişim Tarihi: 27.04.2022).

Kazımov, T., & Arslan Selçuk, S. E. M. R. A. (2020). Yüksek Yapılar ve Performatif Mimarlık: Burj Khalifa ve Shanghai Tower Örneklerinin Aerodinamik Tasarımı Üzerine Bir Değerlendirme.

Knaack, U., Klein, T., Bilow, M. ve Auer, T., (2007). *Facades: Principles of Construction*. Birkhäuser, Basel.

Kolokotsa, D., Rovas, D., Kosmatopoulos, E., and Kalaitzakis, K. (2011). A Roadmap Towards Intelligent Net Zero- and Positive-Energy Buildings. *Solar Energy*, 85(12), p: 3067–3084.

Konuklu, Y., & Paksoy, Ö. H., (2011). Faz değiştiren maddeler ile binalarda enerji verimliliği. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.

Kuwabara, B., Auer, T., Gouldsborough, T., Akerstream, T., & Klym, G. (2009). Manitoba Hydro Place: integrated design process exemplar.

Küçüközdemir, G., (2003). ‘Güneş Etkisine Bağlı Yapı Kabuğu ve Malzeme Seçim Kriterleri’, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kükdamar, İ., (2018). Cephelerde Fotobiyoreaktör Kullanımının Binaların Sürdürülebilirliğine Etkisi. *Tesisat Mühendisliği*, 2018(166), s: 34-48.

Lee, E., Selkowitz, S., Bazjanac, V., Inkarojrit, V., & Kohler, C. (2002). High-Performance Commercial Building Façades, University of California.

Lehman, M. L., (2016). Adaptive Sensory Environments: An Introduction. Taylor & Francis.

Loonen, R. C. G. M., Rico-Martinez, J. M., Favoino, F., Brzezicki, M., Ménézo, C., La Ferla, G., & Aelenei, L., (2015). Design for façade adaptability–Towards a unified and systematic characterization. In *Proc. 10th Energy Forum-Advanced Building Skins, Bern, Switzerland* (p.p. 1274-84).

Madileen M. (2007). “Illustrated Kinetics: A Study in Active Architecture Applied to a Sports Complex within Marabastad.”, Pretoria: Pretoria Üniversitesi, 2007, p: 55-62.

Mann, D., Conall, Ó.C. (2005). Using TRIZ in Architecture: First Steps. *The TRIZ Journal*.

Maragkoudaki, A., (2013). ‘No-Mech Kinetic Responsive Architecture: Kinetic Responsive Architecture with No Mechanical Parts.’, 9th International Conference on Intelligent Environments, p: 145-150.

Ramzy, N., & Fayed, H., (2011). Kinetic Systems in Architecture: New Approach For Environmental Control Systems And Context-Sensitive Buildings. *Sustainable Cities and Society*, 1(3), p: 170-177.

Okumuş, E., (2020). Sürdürülebilir Mimarlık Kapsamında Akıllı Cephe Sistemlerinin İncelenmesi. *Academic Perspective Procedia*, 3(1), s: 267-281. DOI: 10.33793/acperpro.03.01.54

Orbay, A., (2019). Binalarda Cephe Sistemlerinin İncelenmesi ve Performans Kriterlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hasan Kalyoncu Üniversitesi.

Orhon, A. V. (2014). Kendini Temizleyen Cephe Sistemleri, 7. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu, s: 3-4.

Orhon, A.V., (2012). ‘Akıllı Malzemelerin Mimarlıkta Kullanımı’, Ege Mimarlık, Aralık, 82, s: 18-21.

Panayiotou, G. P., Kalogirou, S. A., & Tassou, S. A., (2016). Evaluation of the application of Phase Change Materials (PCM) on the envelope of a typical dwelling in the Mediterranean region. *Renewable Energy*, 97, p: 24-32.

Pauli, G. A. (2010). The blue economy: 10 years, 100 innovations, 100 million jobs. Paradigm publications.

PCA, (2012). “Self-Cleaning Concrete: Building a Better (Cleaner) World in the 21st Century”, PCA – Portland Cement Association.

Requena, G. (2015). Estúdio Guto Requena, Light Creatures. Interactive Facade- Public Art, São Paulo, Brazil, 2015. <https://gutorequena.com/light-creature/> Erişim Tarihi: 17.12.2017

Romano, R., Aelenei, L., Aelenei, D., & Mazzucchelli, E. S., (2018). What is an adaptive façade? Analysis of Recent Terms and definitions from an international perspective. *Journal of Facade Design and Engineering*, 6(3), p: 65-76.

S. Hayter, Torcellini P.A., J. R. (1999). Optimizing building and HVAC systems. ASHRAE Journal.

Sasaki, M., (2007). Morphogenesis of Flux Structure, *Architectural Association*, London.

Sev. A., (2009). “Sürdürülebilir Mimarlık”, Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.

Schittich, C., (2006). "In Detail $\pm$ Building Skins". Germany: Birkhauser

Schumacher, M., Schaeffer, O., & Vogt, M. M. (2012). *Move: architecture in motion-dynamic components and elements*. Walter de Gruyter.

Sorgu, A. G., ve Selçuk, S. A., (2007). Mimarlık Tasarımı Paradigmasında Biomimesis'in Etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Faköltesi Dergisi*, 22(2), s: 451-459.

Sterk, T.E., (2003). Using Actuated Tensegrity Structures to Produce a Responsive Architecture, *Acadia22 / Connecting Crossroads Of Digital Discourse*, p: 85-93.

Şahin, N. İ., & Manioğlu, G. (2011). Binalarda yağmur suyunun kullanılması. *Tesisat Mühendisliğı Dergisi*, 125, s: 21-32.

Tatar, E., (2013). Sürdürülebilir mimarlık kapsamında çalışma mekanlarında gün ışığı kullanımı için bir öneri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(1), s: 147-162.

Türk, Z. B., (2018). *Sürdürülebilir Mimarlık İçin Doğadan Öğrenilen Yaklaşımlar: Doğa Esinli Fikirlerin Bina Kabuğuna Etkisi*. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Ankara.

Özcan, U., & Berkin, G. (2010). Isıtma, Havalandırma, İklimlendirme Sistemlerinin Sürdürülebilir Mimariye Etkisi. *YAPI*, (340), s: 118–120.

Özcan, U., & Erol, İ. (2018). A Sustainable Material / Polli Brick. Presented at the 2nd ISMSIT (International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies), p: 114-117, Ankara, Türkiye.

Özcan, U., & Külünkoğlu İslamoğlu, A. K. (2019). Solar Energy Use in Architectural Design. Presented at the International Civil Engineering Architecture Conference, Trabzon, Turkey.

Özğüven, N., (1986). Endüstriyel Gürültü Kontrolü, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayın No: 118, Ankara.

Uğurlu, İ. (2021). *Stadyum Yapılarında Hareketli Cephe ve Örtü Malzemelerinin Mimari Biçim Oluşumu Üzerindeki Etkileri* (Master's thesis, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).

Saroglou, T., Theodosiou, T., Givoni, B., & Meir, I. A. (2020). Studies on the optimum double-skin curtain wall design for high-rise buildings in the Mediterranean climate. *Energy and Buildings*, p: 208.

Schumacher, M., Schaeffer, O., & Vogt, M. M. (2012). *Move: architecture in motion-dynamic components and elements*. Walter de Gruyter.

STO, (2005). “StoLotusan Color”, STO AG., Technical Data Sheet: 3206/INT.EN.

Topal, A. S., & Arpacioğlu, Ü. (2020). Mimarlıkta akıllı malzeme. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 5(2), s: 241-254.

Vasileva, I. L., Nemova, D. V., Vatin, N. I., Fediuk, R. S., & Karelina, M. I. (2022). Climate-Adaptive Façades with an Air Chamber. *Buildings*, 12(3), p: 366.

Venturi, R., (1991). Mimarlıkta Karmaşıklık ve Çelişki, Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları, İstanbul (çev. S.M. Özaloğlu).

Yiannoudes, S. (2016). *Architecture and Adaptation: From Cybernetics to Tangible Computing*. Routledge.

Youssef M.M. (2017). ‘Kinetic behavior, the dynamic potential through architecture and design.’, *International Journal of Computational Methods and Experimental Measurements*, 5, 2017, p: 607-610.

Zhang, M., Feng, S., Wang, L., & Zheng, Y. (2016). Lotus effect in wetting and self-cleaning. *Biotribology*, 5, p: 31-43.

İnternet Kaynakları

Url-1:<<https://www.theguardian.com/cities/2016/jul/06/40-year-hangover-1976-olympic-games-broke-montreal-canada>>, (Erişim Tarihi: 08.12.2021).

Url-2: <<https://www.archdaily.com/270592/al-bahar-towers-responsive-facade-aedas>> (Erişim Tarihi 22.12.2021).

Url-3: <https://www.archdaily.com/510226/light-matters-mashrabiyas-translating-tradition-into-dynamic-facades?ad_medium=gallery> (Erişim Tarihi 5.01.2022)

Url-4: Eyfel Kulesi. <<https://www.wired.com/2015/03/empzeal-eiffel-tower/>> (Erişim Tarihi: 06.01.2022).

Url-5: Uyluk Kemiği. <<http://blog.eternalvigilance.me/2015/08/made-in-his-image-bone-an-engineering-marvel-by-randy-j-guliuza-p-e-m-d-institute-for-creation-research/>> (Erişim Tarihi: 06.01.2022).

Url-6: <<http://usamekaya.com.tr/biyomimikri-dogadan-ilham-al/>> (Erişim Tarihi 06.01.2022).

Url-7: <<https://elajosalvaje.com/2010/09/24/hyposurface/>>> (Erişim Tarihi 03.02.2022).

Url-8: <<http://www.asif-khan.com/project/sochi-winter-olympics-2014/>> (Erişim Tarihi 08.02.2022)

Url-9:<<https://www.unstudio.com/en/page/11768/lane-189#:~:text=Lane%20189%2C%20located%20in%20the,%2C%20eating%2C%20gathering%20and%20resting%20,%20%20Eri%2C%20Tarihi%202024.02.2022>> (Erişim Tarihi 08.02.2022).

Url-10:<<https://www.dezeen.com/2015/06/03/unstudio-singapore-university-campus-buildings-dp-architects-sutd/>> (Erişim Tarihi 12.03.2022)

Url-11: <<https://www.ribaj.com/intelligence/rapid-response-unit>> (Erişim Tarihi 14.03.2022).

Url-12:<https://www.archdaily.com/215280/bloom-dosu-studio-architecture?ad_medium=gallery> (Erişim Tarihi 14.03.2022)

Url-13:<<https://www.archdaily.com/101578/moving-homeostatic-facade-preventing-solar-heat-gain>> (Erişim Tarihi 14.03.2022).

Url-14:<www.hoberman.com, Hoberman Associates, Company Profile & Selected Works> (Erişim Tarihi 20.03.2022).

Url-15:<<https://wyss.harvard.edu/news/ingber-ecological-urbanism/>> (Erişim tarihi 24.03.2022).

Url-16:<<https://nedkahn.com/portfolio/wind-veil>> (Erişim Tarihi 7.04.2022).

Url-17:<<https://www.archdaily.com/49150/media-tic-enric-ruiz-geli>> (Erişim Tarihi 07.04.2022).

Url-18:<<http://www.rubitherm.com>> (Erişim Tarihi 07.04.2022).

Url-19:

<https://www.cloudchem.com.cn/?gclid=EAIaIQobChMI_Ofc78Tb6QIVy5RCh2LiQTuEAAAYASAAEg%20JHFvD_BwE> (Erişim Tarihi 08.04.2022).

Url-20:<<https://specifier.com.au/human-skin-inspires-doris-kim-sungs-thermo-bimetals/>> (Erişim Tarihi 08.04.2022).

Url-21:<<https://fcbstudios.com/work/view/new-environmental-office-bre>> (Erişim Tarihi 08.04.2022).

Url-22:<<https://yuliyasinke.com/Phase-Change-Material-for-facades>> (Erişim Tarihi, 12.04.2022).

Url-23:<<http://www.liftarchitects.com/air-flower>> (Erişim Tarihi, 12.04.2022).

Url-24: <<https://www.oled-info.com/oled-technology>> (Erişim Tarihi, 12.04.2022).

Url-25: <<https://aoarchitect.us/2015/08/oled/>> (Erişim Tarihi, 13.04.2022).

Url-26:<<https://inhabitat.com/carbon-dioxide-sensing-living-glass/>> (Erişim Tarihi, 13.04.2022).

Url-27:<https://www.architectmagazine.com/technology/products/six-responsive-products-that-have-a-mind-of-their-ownalmost_o> (Erişim Tarihi, 13.04.2022).

Url-28:<<https://inhabitgroup.com/project/new-world-centre-h2-podium/>> (Erişim Tarihi, 13.04.2022).

Url-29:<<https://www.archilovers.com/projects/160853/symbio2.html>> (Erişim Tarihi, 13.04.2022).

Url-30: <<http://www.oneprize.org/semifinalistspdf/1170a.pdf>> (Erişim Tarihi, 13.04.2022).

Url-31: <<https://gbdmagazine.com/closed-cavity-facades/>> (Erişim Tarihi, 15.04.2022).

Url-32:<<https://www.warkawater.org/design-is-not-how-things-looks-but-how-things-work/>> (Erişim Tarihi, 16.04.2022).

Url-33: <<https://keil-fixing.de/en/system/ventilated-rainscreen>> (Erişim Tarihi, 18.04.2022).

Url-34:<<http://www.moreinspiration.com/article/1640/soundproof-window?q=soundproof>> (Erişim Tarihi, 18.04.2022).

Url-35:<<https://www.palram.com/solution/acoustic-barriers-construction-architecture/>> (Erişim Tarihi, 20.04.2022).

Url-36: <<https://jakob.co.uk/gallery/solution/green-walls/>> (Erişim Tarihi, 20.04.2022).

Url-37:<<https://www.archiexpo.com/prod/josef-gartner/product-58213-992751.html>> (Erişim Tarihi, 21.04.2022).

Url-38: <<https://studioroosegaarde.net/project/dune>> (Erişim Tarihi, 21.04.2022).

Url-39:<<https://arquitecturaviva.com/works/viviendas-en-la-rue-des-suisse-paris-4>> (Erişim Tarihi, 21.04.2022).

Url-40: <<https://materialdistrict.com/>> (Erişim Tarihi, 22.04.2022).

Url-41:<<https://www.redaelli.com/news-multimedia/news/redaelli-makes-triplete-2014-fifa-world-cup-brasil>> (Erişim Tarihi, 22.04.2022).

Url-42:<<https://www.pilkington.com/en/global/products/product-categories/self-cleaning#>> (Erişim Tarihi, 23.04.2022).

Url-43:<<https://inhabitat.com/mexico-citys-manuel-gea-gonzalez-hospital-has-an-ornate-double-skin-that-filters-air-pollution/>> (Erişim Tarihi, 23.04.2022).

Url-44:<<https://tg-uk.com/arch-design/architecture-what-can-a-textile-facades/>> (Erişim Tarihi, 24.04.2022).

Url-45:<<https://www.archilovers.com/projects/78814/v-on-shenton.html>> (Erişim Tarihi, 25.04.2022).

Url-46:<<https://www.solarpowerworldonline.com/2014/12/quick-run-bipv/>> (Erişim Tarihi, 25.04.2022).

Url-47:<<https://www.architonic.com/en/project/arup-biq-house/5101636>> (Erişim Tarihi, 28.04.2022).

Url-48:<<https://www.iaacblog.com/programs/responsive-facade-dynamic-animation/>> (Erişim Tarihi, 11.05.2022).

Url-49:<https://www.archdaily.com/497572/rex-designs-conjoined-reactive-media-towers-in-middle-east?ad_medium=gallery> (Erişim Tarihi, 11.05.2022).

Url-50:<<https://www.archdaily.com/162101/ad-classics-institut-du-monde-arabe-jean-nouvel>> (Erişim Tarihi, 14.05.2022).

Url-51: <<http://www.mimdap.org/?p=181821>> (Erişim Tarihi, 14.05.2022).

Url-52: <<https://cordis.europa.eu/project/id/680441/reporting>> (Erişim Tarihi, 14.05.2022).

Url-53: <<https://www.arch2o.com/articulated-cloud-ned-kahn/>> (Erişim Tarihi, 16.05.2022).

Url-54:<https://www.archdaily.com/245/greenpix-zero-energy-media-wall?ad_medium=gallery> (Erişim Tarihi, 16.05.2022).

Url-55: <https://www.archdaily.com/89270/kiefer-technic-showroom-ernst-giselbrecht-partner?ad_medium=gallery> (Erişim Tarihi, 17.05.2022).

Url-56: <<https://www.sauerbruchhutton.de/en/project/kfw>> (Erişim Tarihi, 17.05.2022).

Url-57: <<https://en.wikiarquitectura.com/building/gsw-headquarters/>> (Erişim Tarihi, 17.05.2022).

Url-58: <<https://www.architonic.com/en/project/arup-biq-house/5101636>> (Erişim Tarihi, 17.05.2022).

Url-59: <<https://www.tebe.berlin/breathing-skins/>> (Erişim Tarihi, 17.05.2022).

Url-60: <<https://greendiary.com/solpix-combines-media-wall-with-solar-blind.html>> (Erişim Tarihi, 17.05.2022).

Url-61: <<https://sites.google.com/site/somethinbrewnyc/heliotrace>> (Erişim Tarihi, 18.05.2022).