

**T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK OFİS YAPILARINDA KULLANILAN
AKILLI CEPHE TEKNOLOJİLERİNİN
İNCELENMESİ**



**SİMAY AYDINÇ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**GEBZE
2023**

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK OFİS YAPILARINDA
KULLANILAN
AKILLI CEPHE TEKNOLOJİLERİNİN
İNCELENMESİ

SİMAY AYDINÇ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ FERHAT PAKDAMAR
II. DANIŞMANI
DR. FAZİLET TUĞRUL OKBAZ

GEBZE

2023

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**INVESTIGATION OF SMART FACADE
TECHNOLOGIES USED IN HIGH RISE
OFFICE BUILDINGS**

SİMAY AYDINÇ

**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE**

**THESIS SUPERVISOR
ASST. PROF. DR. FERHAT PAKDAMAR
II. THESIS SUPERVISOR
DR. FAZİLET TUĞRUL OKBAZ**

GEBZE

2023



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 02/02/2023 tarih ve 2023/09 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 10/02/2023 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Simay AYDINÇ'ın tez çalışması Mimarlık Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI)

: Dr. Öğr. Üyesi Ferhat PAKDAMAR

ÜYE

(EŞ DANIŞMANI)

: Öğr. Gör. Dr. Fazilet TUĞRUL OKBAZ

ÜYE

: Doç. Dr. Cahide AYDIN İPEKÇİ

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi Elif ÖZER YÜKSEL

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi Sinem KÜLTÜR

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

ÖZET

19. Yüzyılın başlarında nüfus artışı ve gelişen teknoloji ile ihtiyaçlar değişmiş ve yeni yapı tipolojisi olan ‘yüksek yapılar’ ortaya çıkmıştır. Yüksek yapı tipolojisinin ortaya çıktığı dönemin başlarında iç ortam konfor koşulları, çevresel kriterler dikkate alınmadan gerçekleştirilmiştir. Ancak 1970’li yıllarda yaşanan enerji krizi sonucu enerjinin sürdürülebilirliği konusunun gündeme gelmesi yüksek yapıları da etkilemiştir. Sanayi devrimi sonucu gelişmeye başlayan malzemeler ile yüksek yapılarda yapı kabuğunun önemli bir kısmını oluşturan cephe sistemleri bu gelişmeden en fazla etkilenen yapı elemanlarından biri olmuştur. Yapı cephelerinde başlayan değişim sonucu artık çevresel etkilere, iklim sınır koşullarına ve kullanıcı isteklerine uygun değişen yapı kabukları geliştirilmeye başlanmıştır. Akıllı cephe sistemleri olarak adlandırılan bu cepheler en az enerji ile en yüksek iç konforu sağlamaya çalışan, bina içi ile dış ortam arasında aktif ve duyarlı bir aracı olarak kurgulanmaktadır. İlerleyen süreç içerisinde cepheye entegre edilen kontrol/algılama teknolojileri ve aygıtlarındaki gelişmeler sayesinde cephe; sadece yapıdaki konfor koşullarını performatif yoldan sağlamaya çalışan bir eleman değil aynı zamanda farklı fonksiyonlara hizmet eden bir eleman olarak da düzenlenmeye başlanmıştır. Birbirine entegre olabilen farklı teknolojiler nedeniyle akıllı cephe tanımı daha karmaşık hale gelmiş ve net bir tanım yapılmasını güçleştirmiştir.

Bu çalışma kapsamında yüksek yapılarda kullanılan akıllı cepheler incelenmiş, literatürde mevcut olan farklı tanımlamalar ve sınıflandırmalara yeni bir bakış açısı getirilerek bir sınıflandırma önerilmiştir. Sınıflandırma önerisinden sonra Türkiye’den 10 ve dünyadan 10 olmak üzere 20 yapı incelenmiş ve cephe sistemleri sınıflandırılmıştır. Bu sistemler tablolaştırılmış ve Türkiye’de ve dünyada yapı cephelerinde en çok kullanılan sistemin pasif teknolojiler olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yüksek Yapılar, Akıllı Cepheler, Cephe Teknolojileri

SUMMARY

In the early 19th century, high-rise buildings emerged due to population growth and technological advancements. Initially, indoor comfort was prioritized over environmental concerns. However, the 1970s energy crisis led to a focus on energy sustainability, which affected high-rise buildings. Materials developed during the industrial revolution led to new technologies for building facades. Facade systems in high-rise buildings have been greatly impacted by these changes, resulting in building shells that adjust to environmental effects, climate conditions, and user preferences. Smart facade systems serve as a mediator between the interior and exterior environments, aiming to maximize comfort while minimizing energy usage. These systems incorporate control and sensing technologies, allowing them to perform multiple functions beyond comfort provision. The integration of various technologies has made the definition of smart facades more complex and difficult to define clearly.

In this study, smart facades used in high-rise buildings are analyzed and a classification is proposed by bringing a new perspective to the different definitions and classifications available in the literature. After the classification proposal, 20 buildings, 10 from Turkey and 10 from the world, were examined and facade systems were classified. These systems were tabulated and it was determined that passive technologies are the most commonly used system in building facades in Turkey and in the world.

Keywords: High-Rise Building, Smart Facades, Facade Technologies

TEŞEKKÜR

Tez çalışma süresi boyunca hoşgörüsü, kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile desteklerini esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ferhat PAKDAMAR'a ve bu süreçte her türlü yol gösteren, bilgi birikimiyle farklı açılardan bakmamı sağlayan, olumlu tavırlarıyla beni cesaretlendiren eş danışman hocam Öğr. Gör. Dr. Fazilet TUĞRUL OKBAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tüm süreç boyunca sevgilerini ve manevi desteğini her zaman arkamda hissettiğim, sabır ve anlayışlarıyla yanımda olan değerli annem Nihal AYDINÇ, babam Mustafa AYDINÇ ve kardeşim Beyza AYDINÇ'e teşekkür ederim.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca yanımda olan, çalışma boyunca beni motive eden ve moral veren değerli meslektaşım ve sevgili arkadaşım Fatma ÖZGÜÇ'e, sevgilerini ve desteklerini her zaman hissettiğim değerli arkadaşlarım Boran MURT, Elif MUMCU, İsmail Ege YALVAÇ, Mustafa Mert SEVİM, Elif PALA, Rahime ARLANOĞLU ve Pınar DELİCELİ'ye teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLOLAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı	2
1.2. Tezin Kapsamı ve Yöntemi	2
1.3. Bu Konuda Yapılmış Diğer Çalışmalar	3
2. YÜKSEK YAPILAR VE AKILLI CEPHE SİSTEMLERİ	4
2.1. Yüksek Yapılar	4
2.1.1. Yüksek Yapıların Tanımı	4
2.1.2. Yüksek Ofis Yapılarında Cephe Sistemlerinin Kısa Tarihsel Gelişimi	6
2.2. Akıllı Cephe Sistemleri	12
2.2.1. Akıllı Cephelerin Tanımı	12
2.2.2. Akıllı Cephelerin Kısa Tarihsel Gelişimi	19
3. AKILLI CEPHELERİN SINIFLANDIRILMASI	22
3.1. Akıllı Cephelerin Kullanılan Teknoloji Üzerinden Sınıflandırılması	30
3.1.1. Akıllı Cephelerde Kullanılan Mekanik Teknoloji	31
3.1.2. Akıllı Cephelerde Kullanılan Elektro-Mekanik Teknoloji	31
3.1.3. Akıllı Cephelerde Kullanılan Pasif Teknoloji	32
3.1.4. Akıllı Cephelerde Kullanılan Bilgi Teknolojisi	32
3.1.5. Akıllı Cephelerde Kullanılan Entegre Teknoloji	33
3.2. Akıllı Cephelerin Malzemeler Üzerinden Sınıflandırılması	34
3.2.1. Tip 1 - Özellik Değiştiren Malzemeler	35
3.2.2. Tip 2 - Enerji Değiştiren Malzemeler	37

4. AKILLI CEPHE İLE KURGULANAN YÜKSEK OFİS YAPILARININ İNCELENMESİ	40
4.1. Türkiye’deki Örneklerin İncelenmesi	43
4.1.1. Nidakule Göztepe	44
4.1.2. Allianz Kule	46
4.1.3. İstanbul Kulesi 205	50
4.1.4. Maslak No:1 Kulesi	54
4.1.5. Soyak Kristal Kule	57
4.1.6. Skyland Ofis Kulesi	59
4.1.7. Zorlu Levent 199	61
4.1.8. Vakıfbank Genel Müdürlük Kulesi	64
4.1.9. Palladium Kulesi	67
4.1.10. AND Kozyatağı	69
4.2. Dünyadaki Örneklerin İncelenmesi	71
4.2.1. Torre Reforma Binası	72
4.2.2. Al Bahar Kuleleri	77
4.2.3. 1 Bligh Sokağı Binası	82
4.2.4. Pearl River Kulesi	87
4.2.5. NBF Osaki Binası	90
4.2.6. The Leadenhall Binası	94
4.2.7. Salesforce Kulesi	97
4.2.8. Doha Kulesi	100
4.2.9. PIF Kulesi	103
4.2.10. One World Trade Center Binası	107
4.3. İncelenen Yapıların Karşılaştırılması	109
5. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	116
KAYNAKLAR	118
ÖZGEÇMİŞ	130
EKLER	131

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Açıklamalar

Kısaltmalar

ASHRAE	:	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
Ar-Ge	:	Araştırma Geliştirme
BIM	:	Bina Bilgi Modellemesi
CABS	:	Climate Adaptive Building Shells
CTBUH	:	Council on Tall Building and Urban Habitat
HVAC	:	Heating, Ventilation and Air Conditioning
LEED	:	Leadership Energy Environmental Design
M	:	Metre
pH	:	Potansiyel Hidrojen
PP	:	Poliproplan
PVDF	:	Polivinilinden florür
PZT	:	Kurşun Zikronat Titanat
yy	:	Yüzyıl

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>	
2.1:	Bağlama göre yükseklik.	5
2.2:	Yapı oranları.	5
2.3:	Yüksek yapı teknolojileri.	6
2.4:	Home Insurance Binasının yapımında çelik strüktür.	7
2.5:	Old Colony Binası.	8
2.6:	Larkin Binası.	8
2.7:	The Equatible Binası.	9
2.8:	Seagrem Binası.	10
2.9:	Commerzbank Binası.	10
2.10:	a. Shanghai Kulesi dış görünüş, b.Shangai Kulesi iç görünüş.	11
2.11:	İlk Akıllı Bina 'City Place'.	20
3.1:	Durum dönüşümü olarak değişimin tanımı.	30
4.1:	Nidakule Göztepe.	44
4.2:	Nidakule cephesi.	45
4.3:	Allianz Kule.	46
4.4:	Allianz Kule cephe görünüşleri.	47
4.5:	Allianz Kule cephedeki farklı açılı yüzeyler.	48
4.6:	Allianz Kule cephe ve havalandırma birleşim detayı.	49
4.7:	Allianz Kule kat bahçeleri.	49
4.8:	Allianz Kule cephe tipi led ekran uygulaması.	50
4.9:	İstanbul Kulesi 205.	50
4.10:	İstanbul Kulesi 205 cephesinde kullanılan 3 boyutlu kulakçıklar.	51
4.11:	a. İstanbul Kulesi 205'te kullanılan kaplamalı cam, b. İstanbul Kulesi 205 kaplamalı cam diyagramı.	52
4.12:	İstanbul Kule 205 cephe detayı.	52
4.13:	Damla havalandırma sistemi.	53
4.14:	Maslak No:1 Binası.	54
4.15:	a. Maslak No: 1 kat planı b. Cephe yerleşimi.	55
4.16:	Maslak No: 1 filmlı cephesi.	55
4.17:	a. Maslak No:1 iç mekân görünümü, b. Dış mekân görünümleri.	56

4.18:	a. Maslak No.1 yapı kesiti, b. Cephe kesitleri.	56
4.19:	Soyak Kristal Kule.	57
4.20:	Soyak Kristal Kule cephe formu.	58
4.21:	Soyak Kristal Kule görünüş ve cephe.	58
4.22:	Skyland.	59
4.23:	Zorlu Levent 199.	61
4.24:	Zorlu Levent 199 yapı cephesi.	62
4.25:	Zorlu Levent 199 alüminyum güneşlikler.	63
4.26:	Vakıfbank Genel Müdürlük Kulesi.	64
4.27:	Vakıfbank Genel Müdürlük Kulesi bina dış cephesi.	65
4.28:	Vakıfbank Genel Müdürlük Kulesi planı.	65
4.29:	Vakıfbank Genel Müdürlük kesit ve silüetleri.	66
4.30:	Palladium Kulesi.	67
4.31:	Palladium kat planı.	68
4.32:	AND Kozyatağı.	69
4.33:	Torre Reforma Binası'nın farklı açılardan görünüşleri.	72
4.34:	Torre Reforma Binası bina lobiye eklenen tarihi yapı.	73
4.35:	Torre Reforma açık hava lobisi.	73
4.36:	Torre Reforma'ya ait vaziyet ve kat planı.	74
4.37:	Torre Reforma cam cephede bulunan sabit gölgelikler.	74
4.38:	Yapının iki yüzeyini kaplayan betonarme delikli cephe.	75
4.39:	a. Torre Reforma betonarme cephe detayı, b. Cam cephe detayları.	76
4.40:	Torre Reforma bina havalandırma diyagramı.	76
4.41:	Torre Reforma iç avlular.	77
4.42:	Al Bahar Kuleleri.	77
4.43:	'Maşrabiye' adı verilen gölgelikler.	79
4.44:	'Maşrabiye'lerin çalışma prensibi.	80
4.45:	Maşrabiye'lerin modellemesi.	80
4.46:	Al Bahar Kuleleri cephe kesiti.	81
4.47:	1 Bligh Sokağı Binası.	82
4.48:	1 Bligh Sokağı Bina planı.	83
4.49:	1 Bligh Sokağı Binası giydirme cephe güneş ışınları durumu.	84
4.50:	1 Bligh Sokağı Bina kesiti ve atriyum.	84
4.51:	1 Bligh Sokağı Binası otomatik panjurlar.	85

4.52:	1 Bligh Sokağı Binası'nda çatıda bulunan güneş kolektörleri.	85
4.53:	1 Bligh Sokağı Binası giydirme cephe ve soğutma sistemi durumu.	86
4.54:	Pearl River Kulesi.	87
4.55:	Pearl River Kulesi radyant soğutma sistemi.	88
4.56:	Pearl River Kulesi otomatik panjur sistemi.	89
4.57:	NBF Osaki Binası.	90
4.58:	BioSkin için balkon korkuluklarında kullanılan seramik borular.	91
4.59:	Yapıda kullanılan yağmur suyunun döngü diyagramı.	92
4.60:	Sistem ve yapıda kullanılan seramik boruların kesiti.	92
4.61:	Binanın termal kameralardan tespit edilen görüntüsü.	93
4.62:	The Leadenhall Binası.	94
4.63:	The Leadenhall Binası tasarım aşamaları.	95
4.64:	The Leadenhall Binası kat planları.	95
4.65:	The Leadenhall Binası'na ait güneş analizi.	96
4.66:	Salesforce Kulesi.	97
4.67:	Salesforce Kulesi son katta bulunan led ekranlar.	98
4.68:	Salesforce Binası'nda cephede bulunan metal güneşlikler.	99
4.69:	Salesforce Binası'nda bulunan havalandırma sistemi.	99
4.70:	Doha Kulesi.	100
4.71:	Doha Kulesi bina kesiti.	101
4.72:	a. Doha Kulesi cephesinde bulunan 'kelebek'ler, b. Dış cepheye ait detaylar.	102
4.73:	PIF Kulesi.	103
4.74:	PIF Kulesi'ne ait bir kat planı.	104
4.75:	PIF Kulesi'ne cephesinde bulunan kanatçık ve podyumlar.	105
4.76:	a. PIF Kulesi'nin boydan kesiti b. PIF Kulesi görünüşü.	106
4.77:	One World Trade Center Binası.	107
4.78:	One World Trade Center Binası cephesi.	108
4.79:	One World Trade Center Binası giriş lobisi.	108
4.80:	Senior Citizens' Apartmanı cephesi.	115

TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>	
2.1:	Yüksek ofis yapılarında cephe yapısı ve teknolojilerindeki değişimler.	11
4.1:	Türkiye genelinde araştırılmak üzere seçilen yüksek yapı künyeleri.	43
4.2:	Nidakule bina künyesi.	45
4.3:	Nidakule Göztepe’de kullanılan cephe teknolojileri.	46
4.4:	Allianz Kule bina künyesi.	47
4.5:	Allianz Kule’de kullanılan cephe teknolojileri.	50
4.6:	İstanbul Kulesi 205 bina künyesi.	51
4.7:	İstanbul Kulesi 205’te kullanılan cephe teknolojileri.	53
4.8:	Maslak No:1 bina künyesi.	54
4.9:	Maslak No:1’de kullanılan cephe teknolojileri.	56
4.10:	Soyak Kristal Kule bina künyesi.	57
4.11:	Soyak Kristal Kule’de kullanılan cephe teknolojileri.	59
4.12:	Skyland bina künyesi.	60
4.13:	Skyland’de kullanılan cephe teknolojileri.	60
4.14:	Zorlu Levent 199 bina künyesi.	61
4.15:	Zorlu Levent 199’da kullanılan cephe teknolojileri.	63
4.16:	Vakıfbank Genel müdürlük bina künyesi.	64
4.17:	Vakıfbank Genel Müdürlük Kulesi’nde kullanılan cephe teknolojileri.	67
4.18:	Palladium bina künyesi.	67
4.19:	Palladium’da kullanılan cephe teknolojileri.	69
4.20:	AND Kozyatağı bina künyesi.	70
4.21:	AND Kozyatağı’nda kullanılan cephe teknolojileri.	70
4.22:	Dünya üzerinde araştırılmak üzere seçilen yüksek yapı künyeleri.	71
4.23:	Torre Reforma bina künyesi.	72
4.24:	Torre Reforma’da kullanılan cephe teknolojileri.	77
4.25:	Al Bahar Kuleleri bina künyesi.	78
4.26:	Al Bahar Kuleleri’nde kullanılan cephe teknolojileri.	81
4.27:	1 Bligh Sokağı bina künyesi.	82
4.28:	1 Bligh Sokağı Binası’nda kullanılan cephe teknolojileri.	86
4.29:	Pearl River Kulesi bina künyesi.	87

4.30:	Pearl river Kulesi'nde kullanılan cephe teknolojileri.	89
4.31:	NBF Osaki bina künyesi.	90
4.32:	NBF Osaki Binası'nda kullanılan cephe teknolojileri.	93
4.33:	The Leadenhall bina künyesi.	94
4.34:	The Leadenhall Binası'nda kullanılan cephe teknolojileri.	97
4.35:	Salesforce kulesi künyesi.	98
4.36:	Salesforce Kulesi'nde kullanılan cephe teknolojileri.	99
4.37:	Doha Kulesi künyesi.	100
4.38:	Doha Kulesi'nde kullanılan cephe teknolojileri.	102
4.39:	PIF Kulesi künyesi.	103
4.40:	PIF Kulesi'nde kullanılan cephe teknolojileri.	106
4.41:	One World Trade Center bina künyesi.	107
4.42:	One World Trade Center binasında kullanılan cephe teknolojileri.	109
4.43:	Türkiye'den seçilen 10 yapının cephe sistemi sınıflandırması.	109
4.44:	Dünyadan seçilen 10 yapının cephe sistemi sınıflandırması.	112

1.GİRİŞ

Teknolojik ve ekonomik gelişmenin bir sonucu olarak ortaya çıkan yüksek yapılar artan nüfusun ihtiyaçlarına cevap veren bir yapı tipolojisidir. 1853 yılında Chicago’da inşa edilen ve Dünya’nın ilk yüksek yapısı olan Home Insurance Binası’ndan sonra bu yapı tipolojisinin uygulanması dünya genelinde hızlı bir gelişme göstermiştir. Endüstri Devrimi paralelinde yaşanan ekonomik gelişmeler ve 19. yy. özel sigortaların ortaya çıkışı ile yüksek yapılar bir dönüşüm içine girmiştir ve ofis yapıları karakter değiştirerek kullanıcıların isteklerine ve konfor koşullarına daha iyi hizmet eden yapılar haline gelmiştir. Yüksek ofis yapıları zaman içerisinde konut bölgesinden ayrılmış, buna bağlı olarak da bu yapıların kullanıcıların temel gereksinimlerini karşılaması için farklı işlevleri barındırması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Dünya genelinde yaşanan enerji krizleri ve beraberinde getirdiği sürdürülebilirlik kavramının mimariye dahil olmasıyla beraber cepheler kullanıcıya konfor sağlarken bunu en az enerji harcayarak en verimli yoldan yapması düşüncesi ortaya çıkmıştır.

1970’li yıllarda ilk kez gündeme gelen akıllı cephe kavramı, kullanıcı, çevre, iklim gibi birçok etmene bağlı olarak değişen, dönüşen, öğrenen ve uyarlanabilen cephe türleridir. Literatürde birden fazla isim ile anılan bu cepheler temelde benzer prensipler üzerinden çalışmaktadırlar. Akıllı cepheleri harekete geçiren aktif ve pasif sistemler çevre uyaranlarına karşılık vererek cephenin değişmesini sağlamaktadır.

Türkiye’de de yüksek yapılar dünya genelinden 100 yıl sonra yapılmaya başlansa da günümüzde dünyada kullanılan teknolojiler takip edilmekte ve uygulanmaya çalışılmaktadır. Ancak dünyada artık sadece kullanıcı konforu ve enerji korunumu prensiplerine bağlı kalmayıp ayrıca reklam, sergi, iletişim aracı gibi farklı özelliklere de sahip akıllı cepheler bulunmaktadır ve gün geçtikçe bu özellikleri giderek artmaktadır.

Akıllı cephe kavramı günümüzde önem kazanan ve çokça işlenen bir konu olsa da halen bu sistemlere ait net bir tanım ve sınıflandırma yapılamamıştır. Bu cephelerin literatürde birden fazla tanımının bulunması ve yapıya uygulama aşamasında konsept farklılıkları barındırması tanım ve sınıflandırmanın gecikmesinde önemli bir etken haline gelmiştir. Bu yüzden günümüzde inşa edilen akıllı cepheye sahip yüksek yapıların anlaşılabilmesi için cephelerinin sınıflandırılması önemli bir problem olarak

ortaya çıkmaktadır. Bu noktada literatürde benzeri yayınların olmadığı, bu konularda eksik olduğu görülmüştür. Ayrıca bahsedilen gelişmeler içerisinde Türkiye'nin dünya üzerindeki konumunu bilmek de önem kazanmaktadır.

1.1. Tezin Amacı

Bu çalışmanın amacı yüksek ofis yapılarında kullanılan akıllı cephe sistemlerinin sınıflandırılması ve Türkiye'den ve dünyadan yüksek yapı örnekleri üzerinden incelenmesidir. Çalışma ile ülkemizdeki yüksek ofis yapılarında akıllı cephe kullanımı hakkında durum değerlendirmesi yapılması ve gelişimi ile ilgili öneriler sunulması hedeflenmektedir.

1.2. Tezin Kapsamı ve Yöntemi

Bu çalışmada ilk olarak yüksek yapı kavramı tanımlanmış ve konu hakkında ulusal ve uluslararası literatür taranarak, yüksek ofis yapılarının tarihsel gelişimi hakkında bilgi verilmiştir. 2. bölümün devamında akıllı cephe teknolojilerinin tanımlamaları yapılmış ve bu cephelerin ortaya çıkışından itibaren gelişimleri incelenmiştir.

Üçüncü bölümde akıllı cephe sistemlerinin bileşenleri terimsel olarak açıklanmış ve akıllı cepheler kullanılan teknoloji ve malzemeler üzerinden sınıflandırılmıştır.

Özgün kısım olan dördüncü kısımda bir önceki bölümde belirlenmiş olan sınıflandırma ile Türkiye ve dünya üzerinden seçilen toplam 20 yapı örneklenmiş ve cephe sistemleri tablolar yardımı sınıflandırılmıştır.

Çalışmanın yöntemi üç aşamada kurgulanmıştır:

İlk aşamasında uluslararası literatür taranarak yüksek ofis yapıları ve akıllı cepheler ile ilgili daha önce yazılmış tez, makale, bildiri ve kitaplar incelenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında akıllı cephelere yeni bir sınıflandırma sistemi önerilmiş ve başlıklar altında kullanılan cephe sistemleri açıklanmıştır.

Çalışmanın son aşamasında Türkiye ve dünyadan yapımı 2010 ve sonrasında tamamlanmış olan veya halen yapımı devam eden toplam 20 adet yüksek ofis yapısı belirlenmiş ve belirlenen yapıların akıllı cephe sistemleri sınıflandırılarak

tablolaştırılmıştır. Sınıflandırılan yapılarda kullanılan sistemlerin karşılaştırılması yapılmıştır.

1.3. Bu Konuda Yapılmış Diğer Çalışmalar

Yüksek ofis yapıları ve onlara ait akıllı cephe teknolojileri incelendiğinde literatürde karşılaşılan önemli kaynaklar şunlardır:

Oldfield, Trabucco ve Wood (2009), yüksek yapıların tarihsel süreç içerisindeki gelişimini, yapıları etkileyen süreçleri 5 döneme ayırarak incelemiştir. Bu dönemleri belirlemede özellikle yapıların enerji kullanım ihtiyaçları ve bunu etkileyen gelişmeler ışığında yapılmıştır.

Akıllı cephe olgusunun literatürde birden çok tanımlaması mevcuttur. Başarır (2019)'da yazdığı tezinde akıllı cephelere ait tanımlamaları başlıklar altında açıklamıştır.

Akıllı cephelerin sınıflandırılma çabalarına geçildiğinde ise ilk olarak Fox ve Yeh (1999), ardından sırasıyla Schnädelbach (2010), Ramzy ve Fayed (2011), Loonen ve arkadaşları (2013) karşımıza çıkmaktadır. Loonen ve arkadaşları 2015 yılında daha önce önerdikleri sisteme eklemelerde bulunarak yeni bir sınıflandırma daha önermişlerdir. Son olarak Kolarevic ve Parlac yine 2015'te akıllı cepheler ile ilgili bir sınıflandırma yapmışlardır.

Çalışma kapsamında ele alınan sınıflandırmanın temelini ise Martin ve Eydgahi (2019) yayınlamış oldukları makale oluşturmaktadır. Makale kapsamında akıllı cephe sistemleri pasif ve aktif sistemler altında 6 başlıkta incelemiştir. Ancak malzeme tabanlı teknolojiler bu başlıklar altından çıkarılarak Addington ve Schodek (2007) yayınlamış oldukları kitap çerçevesinde akıllı cephelerin malzemeler üzerinden sınıflandırılması olarak yeni bir kapsam içerisinde değerlendirilmiştir.

2. YÜKSEK YAPILAR VE AKILLI CEPHE SİSTEMLERİ

Bu bölümde yüksek yapı ve cephe kavramları ile ilgili bilgiler aktarılmıştır. Bu kavramların tanımlamaları yapılarak, yüksek ofis yapılarında cephe sistemlerinin ve akıllı cephelerin tarihsel süreç içerisindeki gelişmeleri ve dönüşümleri ele alınmıştır.

2.1. Yüksek Yapılar

Bu bölümde yüksek yapıların tanımı ve yüksek ofis yapılarında cephe sistemlerinin kısa tarihsel gelişiminden bahsedilmiştir.

2.1.1. Yüksek Yapıların Tanımı

Yüksek yapılar; insanoğlunun göğe yükselme düşüncesinden başlayan, günümüzde artan nüfusa karşılık olarak geliştirilen, yeni teknolojiler sayesinde gittikçe biçimsel ve yükseklik sınırlarının aşıldığı bir yapı tipolojisidir. Yükseklik yapının bulunduğu konuma ve zaman dilimine göre değişkenlik gösterebilen bir kavramdır. Bu nedenle sürekli olarak değişen ve gelişen yüksek yapılara ait tek bir tanım yapılabilmesi mümkün değildir.

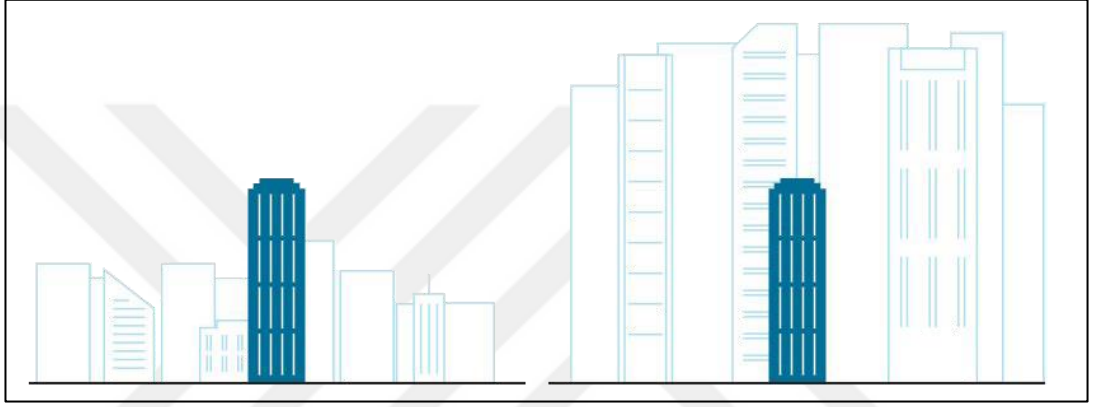
Yapıların hangi yükseklikten veya kat adedinden sonra yüksek yapı olarak adlandırılacağına dair ortak bir fikir bulunmamaktadır. Yüksek Binalar ve Kentsel Yaşam Konseyi (Council on Tall Buildings and Urban Habitat- CTBUH)'ne göre; yapı girişinden itibaren 14 kat veya 50 m yüksekliğinin üzerindeki binalar yüksek yapı olarak kabul edilmektedir. Yükseklik sınırı günümüzde Burj Khalifa ile 828 metreye ulaşmıştır ve inşaatı devam eden Cidde Kulesi ile 1000 metreyi aşması beklenmektedir. Bu yüzden yüksek yapı tanımına ek olarak süper yüksek ve mega yüksek yapı tanımları ortaya çıkmıştır. CTBUH'a göre 50 m- 300 m yükseklik aralığındaki yapılar yüksek yapı, 300 m -600 m aralığındaki yapılar süper yüksek yapı, 600 m ve üzerindeki yapılar mega yüksek yapı olarak tanımlanmıştır [CTBUH, 2022].

Yüksek Binalar ve Kentsel Yaşam Konseyi'nin yayınladığı 'Yüksek Binaların Ölçüm ve Tanımlamasına İlişkin Değerlendirme Ölçütleri' başlıklı çalışmada bir yapının yüksekliğinin 3 ana kritere bağlı olduğu ve yapının yüksek yapı olarak

tanımlanabilmesi için bu 3 kriterin baz alınması gerektiği belirtilmiştir [CTBUH, 2022]. Bunlar:

- Bağlama Göre Yükseklik

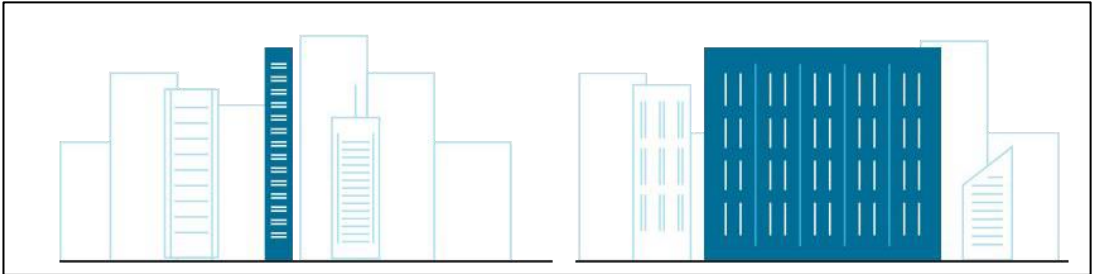
Yüksek yapı yalnızca kendi yüksekliği ile değil aynı zamanda bulunduğu konumla da tanımlanmaktadır (Şekil 2.1)- [CTBUH, 2022]. Örneğin 14 katlı bir yapı banliyölerde yüksek sayılırken New York ve Hong Kong gibi yüksek yapıların sıkça bulunduğu kentlerde yüksek sayılmamaktadır [CTBUH, 2022].



Şekil 2.1: Bağlama göre yükseklik.

- Orana Göre Yükseklik

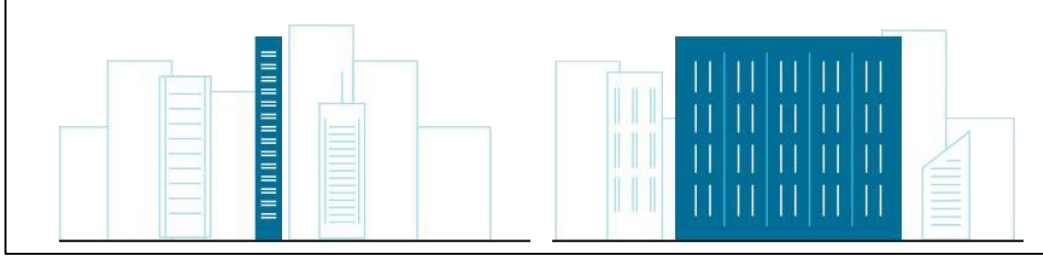
Bir yapının yüksekliği yapının taban alanının yüksekliğine oranlanmasıyla bulunan narinlik oranına da bağlıdır. Aynı yükseklikteki iki yapıdan taban alanı daha az olan yapı diğerine göre daha yüksek olarak algılanabilmektedir (Şekil 2.2)- [CTBUH, 2022].



Şekil 2.2: Yapı oranları.

- Yapım Teknolojilerine Göre Yükseklik

Yüksek yapı, üretiminde ileri düzeyde malzeme, taşıyıcı sistem ve düşey ulaşım teknolojilerinin kullanıldığı yapılardır (Şekil 2.3)- [CTBUH, 2022].



Şekil 2.3: Yüksek yapı teknolojileri.

2.1.2. Yüksek Ofis Yapılarının ve Cephe Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi

Toplumsal değişim sürecinde bilim, teknoloji ve ekonomide yaşanan değişimler, yapılarda da köklü değişikliklere neden olmuştur. Bu değişimin en tipik örneklerinden biri yüksek yapılardır. Yüksek yapılar antik çağlardan beri var olan, farklı kullanım şekillerine sahip yapı tipolojisidir. Günümüzdeki anlamıyla yüksek yapıların 19. yüzyılın sonlarında Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan Chicago ve New York'ta oluşmaya başladığı söylenebilmektedir. 20. yy'ın başlarında Avrupa ve Uzakdoğu'da yaygınlaşmaya başlamıştır.

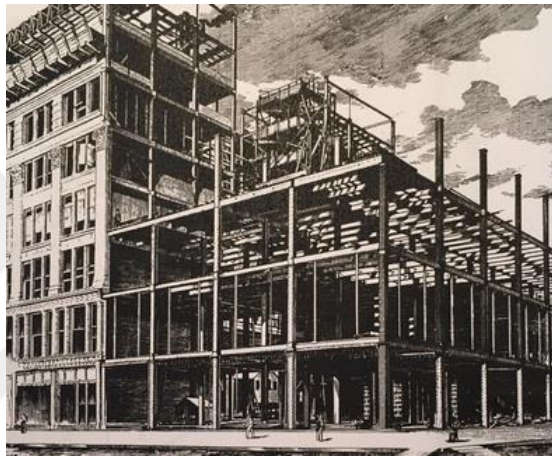
Taşıyıcı sistemin yığma duvarlardan çelik iskelete geçişi, asansör ve hidroforun icadı, betonarme sistem ve malzeme kalitesinin artması, yangına karşı koruma ve havalandırma tasarımındaki gelişmeler yüksek yapıların oluşmasına önemli oranda olanak sağlamıştır [Aytis, 1989].

Avrupa ve Amerika'da etkili olan Endüstri Devrimi ile başlayan ekonomik gelişme özel bankaların ve sigorta şirketlerinin kurulmasını sağlamıştır. 18. yy. sonunda İngiltere'de başlayarak kısa sürede Avrupa ve Amerika'da etkili olan Endüstri Devrimi ile başlayan ekonomik gelişme özel bankaların ve sigorta şirketlerinin kurulmasını sağlamıştır. Bu yeni oluşum ile 19. yüzyılda konut ve işyerleri birbirlerinden ayrılarak, ofis yapıları evrensel bir tipoloji haline gelmiştir [Hascher et al., 2002]. Serbest ofis anlayışı ile ofis yapıları dikey bir gelişme göstermiştir ve bugün çok katlı yapılar içerisinde ağırlıklı olarak yer almaktadır [Kırkan, 2005]. Sosyal,

ekonomik sebepler ve teknolojik gelişmeler ile yükselen yapılar süreç içerisinde ülkelerin, firmaların ve şahısların birer prestij ve güç göstergesi haline gelmiştir [Özek ve Erdoğan, 1992].

Dünyanın ilk yüksek yapısı 1885 yılında Chicago’da ofis işleviyle yapılmış olan ‘Home Life Insurance Building’ binasıdır (Şekil 2.4)- [GodSpeed Publishing Co, 1981] [Günel ve Ilgın, 2010].

Yapının tasarımcısı olan Le Baron Jenney 1885 yılında yapı ile ilgili paylaştığı yazıda yapıda bulunan ofislerin bol miktarda ışık alması için pencereler arasındaki doluluk en aza indirilmiş bir iskelet anlayışı benimsendiğini belirtmiştir.



Şekil 2.4: Home Insurance Binasının yapımında çelik strüktür.

1895 yılında Chicago’da inşa edilen Old Colony Binası’nda (Şekil 2.5)- [Tiger, 2007] plan derinliğinden ötürü yüksek tavanlı ve mümkün olduğunca büyük pencere olarak tasarlanmıştır. Çünkü her ne kadar yapay aydınlatma 19. yy.’ın sonlarında mevcut olsa da derin kat planına sahip ofis yapılarında istenilen kat verimliliği elde edilememiş ve 1940’larda floresan lambanın ortaya çıkışına kadar doğal aydınlatma yapı tasarlanırken üzerinde durulan önemli unsurlardan biri olmuştur [Willis, 1995].



Şekil 2.5: Old Colony Binası.

Ofis yapılarının ortaya çıktığı dönemin başlarında ev ve çalışma alanları birbirlerine yakinken, çalışma yöntemlerindeki değişimler sonucu konut ve iş bölgeleri ayrılmış, bu durum yüksek ofis yapılarının planlanma şeklinde de farklılık yaratmıştır. Frank Lloyd Wright tarafından tasarlanan ve yapımı 1906 yılında tamamlanan Larkin Binası (Şekil 2.6.)- [Puma, 1906] dinlenme, revir, kütüphane gibi farklı işlevli alanları da içeren bir ofis yapısı örneği olmuştur [Dökmeci ve Akkal, 1993].



Şekil 2.6: Larkin Binası.

Ayrıca yapay ısıtma ve soğutma sistemleri de bu dönemde henüz gelişimini tamamlamadığından yapılarda çoğunlukla katı ve kompakt cephe kullanımına rastlanmaktadır. 1915 yılında yapımı tamamlanan Equitable Life Binası'nın (Şekil

2.7)- [Oldfield et al., 2009] cephesi kalın duvarlarla desteklenen kireçtaşı kaplamadan ve delikli pencerelerden oluşmaktadır [Willis, 1995].



Şekil 2.7: The Equitable Binası.

1916 yılında yürürlüğe giren New York İmar Kanunu'na tüm yapıların belirli bir yükseklikten sonra geri çekilmelerle daralmasını ve bu daralmanın zemin kat planının $\frac{1}{4}$ 'üne ulaştığında sona ermesini içeren bir madde eklenmiştir. Düğün pastası olarak adlandırılan bu geri çekilme (set-back) formu o dönemin yapılarının biçimlenişine yön vermiştir. Bu biçimleniş yapıların cephe alanını arttırdığından ısıtma gereksinimlerinde de artışa neden olmuştur. Klimaların yapı içerisinde kullanımın başlanması da bu döneme denk gelmektedir.

1950'lerde yüksek ofis yapılarında ağırlıklı olarak cam ve çelik malzemenin kullanılmaya başladığı görülmektedir. Bu dönemde yapılar yalın ve kutu biçimde inşa edilmiştir. 1958 yılında tamamlanan Seagram Binası bu dönemin öncü yapılarından biridir (Şekil 2.8)- [Ohyama, 2017].



Şekil 2.8: Seagrem Binası.

1970’lerde ofis yapıları daha ince kabuklu ve şeffaf inşa edilmiştir. Ancak bu durum fazlasıyla enerji kayıplarına sebep olarak iç ortam konfor koşullarının sağlanmasını zorlaştırmıştır. 1970’lerden sonra yaşanan enerji krizi ile yeni cam teknolojileri ve pasif enerji sistemlerindeki gelişmeler yüksek ofis yapılarının gelişimini hızlandırmıştır. 1997 yılında çevre bilincindeki yükseliş yüksek performanslı yapıların oluşmasını yol açmıştır. Commerzbank Kulesi (Şekil 2.9)- [Foster+Partners, 2007] bu bağlamda tasarlanan enerji azaltıcı stratejileri ve teknolojileri içeren bir yüksek yapı örneğidir. Yapıda doğal aydınlatma ve havalandırma sağlayan bir atriyum ve mekanik pencereler bulunmaktadır [Aston, 2007].



Şekil 2.9: Commerzbank Binası.

2015 yılında yapımı tamamlanan Shanghai Kulesi sıra dışı formu ve cephesinde kullanılan yenilikçi yaklaşımlar ile son dönem yüksek ofis yapılarından biridir (Şekil 2.10)- [Xia, 2010]. Cephede kullanılan sırlı camlar, kesintisiz cam cephe ve atriyumlar ile güneş ışığı kullanımı en üst düzeyde sağlanmaktadır [Xia, 2010].



Şekil 2.10: a. Shanghai Kulesi dış görünüş, b. Shangai Kulesi iç görünüş.

Aşağıdaki tabloda tarihi süreç içerisinde yapı cephelerinde yaşanan gelişmeler açıklanmıştır (Tablo 2.1).

Tablo 2.1: Yüksek ofis yapılarında cephe yapısı ve teknolojilerindeki değişimler.

<i>Tarih</i>	<i>Cephenin Yapısı ve Malzemeler</i>	<i>Cephedeki Teknolojik Değişmeler</i>
<i>1880-1915</i>	Kalın ve kompakt cepheler	Tamamen pasif teknoloji
<i>1916-1950</i>	Kireçtaşı, delikli pencereli ince cepheler	Pasif ve basit mekanik teknoloji
<i>1951-1970</i>	Cam ve çeliğin kullanıldığı şeffaf cepheler	Çoğunlukla mekanik/elektro-mekanik teknoloji
<i>1971-2000</i>	Boşluk oranı fazla atriyumlu cepheler	Gelişmiş malzeme teknolojileri
<i>2001-...</i>	Değişik formların özgürce kullanıldığı sahip cepheler	Aktif teknoloji

2.2. Akıllı Cephe Sistemleri

Kullanıcı konforu ve çevre bilinci kavramlarının mimaride öne çıkmaya başlamasının paralelinde geliştirilmeye başlanan akıllı cephe sistemleri literatürde birçok farklı özellik gösteren ve farklı adlarla anılabilen bir cephe türüdür. 1970’li yıllardan sonra hızla gelişim gösteren bu cepheler günümüzde yüksek yapılar için minimum enerji kullanımı ile maksimum verim sağlayan vazgeçilmez bir sistem haline gelmiştir.

2.2.1. Akıllı Cephelerin Tanımı

Cephe kavramı mimarlık sözlüğünde “Bir yapının dışa bakan yüzlerinden her biri, özellikle ön yüz” şeklinde tanımlanmıştır [Hasol, 2016]. Daha geniş kapsamlı bir tanımda “Bir iç mekân düzenini dışa karşı sınırlandıran, dıştan ayıran sistemin, o mekân düzeninin cephelerini, cephe kompleksini oluşturur” ifadesi karşımıza çıkmaktadır [Özer, 1983]. Bir başka görüşe göre “Cephe, ancak iç ve dış mekanların ana bağlantısı, sabit ve değişken açılarının görüntüsü, biçim ve işlev gibi temel sorunların yoğunlaştığı bir alandır.” şeklinde tanımlanmaktadır [Sacripanti, 1983]. 1970 yılında akıllı veya tepki veren yapı kabukları, Negrepointe tarafından ortaya atılan “çevresel koşullara yanıt veren mimarlık” kavramı ile oluşmuştur ve 1969’da dördüncü bir tip olarak Banham’ın belirlemiş olduğu konservatif, seçimsel ve yenileyici geleneksel yapı kabuğu tipolojilerine eklenmiştir [Altın ve Orhon, 2014].

Akıllı terimi latince kökenli bir terimdir. Bir şeyler hakkında mantıklı bir şekilde öğrenme, anlama ve düşünme yeteneği olarak tanımlanmaktadır [Web 1, 2022].

Akıllı mimari için oluşturulan ilk konseptler 1970’lerin başında oluşmaya başlamış fakat o dönemde konu ile ilgili belirli bir terminoloji geliştirilememiştir [Kolarevic, 2015]. Günümüzde mimaride kullanılan akıllı terimi için literatürde birçok tanımlama mevcuttur. Wington ve Harris’e (2002) göre akıllı binalar için literatürde 30’den fazla tanım bulunmaktadır. Bu terimler birbirleri yerine kullanılabilirler gibi farklı anlamlar da içermektedir [Başarı, 2019]. Literatürde mevcut olan akıllı cephe tanımlamaları aşağıda açıklanmıştır:

- Adapte/Uyarlanabilir (Adaptive) Cepheler

Adapte/uyarlanabilir mimarinin literatürde birden fazla tanımı bulunmaktadır. Bu tanımlardan ilki Frei Otto tarafından şekil, konum, kullanım veya boyut değiştirebilen bir sistem olarak tanımlanmıştır. Uyarlanabilir mimari ile tasarlanan yapıların taşınması, monte ve inşa edilmesi kolay olmasının yanı sıra yapıda kullanılan malzemelerin uygun kullanımına göre seçilmiş olmalıdır [Möller and Nungesser, 2015].

De Marco Werner (2013), uyarlanabilir mimariyi değişen sosyal işlevlere uyarak kolaylıkla değişebilecek yapılar olarak tanımlamıştır [Werner and De, 2013].

Loonen (2013); uyarlanabilir cephe sistemlerini performans gereklilikleri ve sınır koşullarına yanıt olarak; işlevlerini, özelliklerini veya davranışlarını değiştirebilen sistemler olarak tarif etmiştir [Loonen et al., 2013].

Bu tanımlamalardan yola çıkıldığında adapte/uyarlanabilir mimarlığın temel ilkesi çevresel koşullara duyarlı ve sürdürülebilir bir cephe geometrisi sunan elemanlar tasarlamaktır. Hava hareketlerine, günlük döngülere ve mevsimsel kalıplar içerisinde değişen sınır koşullarına tepki verebilen ve uyum sağlayan bina cepheleri uyarlanabilir cephe sisteminin tanımına girmektedir [Ergin, 2019]. Uyarlanabilir cephenin binanın performansının iyileştirilmesi ve enerjiden tasarruf ettirilmesi amaçlanmaktadır. Bunların yanı sıra konfor koşullarını optimum düzeye çıkarması ve gereken işlevselliği sağlaması gerekmektedir [Loonen et al., 2015; Ferguson et al., 2007].

Uyarlanabilir cephe iç ve dış ortam değişikliklerini algılayarak, belirli bir zaman döngüsü içerisinde tekrar tekrar ve/veya tersine yeterli tepki vermelidir. Başka bir deyişle kontrol edilebilir yalıtım, termal kütle, sıcaklık değişimi, havalandırma, enerji, gün ışığı veya nem kontrolü sağlayabilmelidir [Aelenei et al., 2016].

- Akıllı (Smart/Intelligent) Cepheler

1970'li yıllarda gerçekleşen enerji krizinin sonucunda yapılarda da değişim başlamış, daha az enerji harcayan ve çevreye daha az zarar veren malzemeler geliştirilmeye, yapılar üretilmeye başlanmıştır. Bu gelişmeler sonucunda akıllı cephe sistemleri oluşturulmuştur [Kara, 2017].

Akıllı cephe, minimum enerji tüketimi ile optimum iç konfor sağlayan, dış ortam ile binanın içi arasında aktif ve duyarlı bir aracı olarak tanımlanmaktadır [Wington and Harris, 2002].

Bilgiç (2002), akıllı cepheleri, “Değişen fiziksel etkilere karşı, optimal bir yapıya dönüşebilme yetisi; fonksiyonel, estetik, ekonomik olma gibi mimari değerlendirme kriterlerinin yanında, günümüz mimarlığında sıkça duyduğumuz sürdürülebilirlik ve ekoloji kriterlerine yönelik olarak da yapı tasarımını ağırlıklı olarak etkisi altına alan bir kavram” şeklinde açıklamıştır [Bilgiç, 2002].

Sherbini ve Krawczyk (2004) akıllı cepheleri tepki süresi, adaptasyon ve öğrenme yeteneği gibi belirli yeteneklere sahip sistemler olarak ifade etmişlerdir [Sherbini and Krawczyk, 2004].

Masri (2015), akıllı cepheleri çevresel koşulları algılama yeteneğine sahip, tahmin edilen bir çevresel yapıya bağlı olarak koşullara uygun bir tepkiyi harekete geçiren veya geri bildirim hedefine dayanan değiştirilmiş bir tepkiyi sağlayan bir veya daha fazla aktif sistemden oluşan dinamik bir filtre olarak tanımlamıştır [Başarı, 2019].

Orhon’a (2012) göre akıllı cephe kısaca “çevresel uyarılara yanıt verecek ortam şartlarına uyum gösteren” cepheler olarak tanımlanmaktadır [Orhon, 2012].

Capeluto ve Ochoa (2017)’ya göre akıllı cephe, iç ve dış koşullara göre uyarlanabilirliği oluşturan bireysel tasarım süreci olarak tanımlanmaktadır. Bu sürecin sonunda cephe, tasarlanan uyum stratejilerini sağlayan bileşen ve özelliklere sahip olmaktadır [Capeluto and Ochoa, 2017].

Akıllı cepheler, sensör, kontrol işlemcileri ve aktivatör gibi teknolojiler ile değişen koşulları algılamakta, muhakeme etmekte ve makro veya mikro ölçekte eylemde bulunmaktadır.

Akıllı anlamına gelen ‘smart’ ve ‘intelligent’ terimleri birbirinden farklı anlamlar ifade etmektedir. ‘Smart’ terimi daha çok yüzey ve malzemeye atıfta bulunurken ‘intelligent’ terimi karmaşık yapıyı bir sistemi tarif etmektedir. Aralarında algı, muhakeme ve eylem yeteneği farkı bulunmaktadır. Akıllı (intelligent) cephelerde girdilere göre oluşturulmuş bir algı sistemi mevcut iken, akıllı (smart) cephelerde eylem bazlı malzeme entegrasyonu mevcuttur [Loonen et al., 2013; Velikov and Thün, 2013; Velasco et al., 2015].

Addington ve Schodek (2007), akıllı (intelligent) terimini üç farklı şekilde nitelemektedir. Bunlar; çevresel niteleme (dış ortam, kullanım ortamları), bilişsel niteleme (bilgi sistemleri, uzman sistemleri, yapay zekâ) ve uygulama nitelemesi (işletme ve kontrol yöntemleri) şeklindedir [Addington and Schodek, 2007].

Bu cepheler tüm bina servis bileşenlerinin entegre edilebildiği ve dinamik bileşenler ile uyurlanabilir fikrini desteklemektedir.

Akıllı (smart) cephelerde cephenin değişkenlere cevap vermesi durumu, akıllı malzemelere özgün özelliklere paralel olarak gerçekleşir. Bu malzemeler cephe sistemleri ile veya sonradan cepheye dışarıdan entegre şekilde uygulanabilmektedir. Bu durum cephe formunun biçimsel, fiziksel ve karakteristik özelliklerine yön verebilmektedir [Brugnaro et al., 2014].

- Tepki Veren (Responsive) Cepheler

Tepki veren (Responsive) cepheler: Tepki veren mimari, değişen koşullara tepki olarak şeklini değiştirme yeteneğine sahip bir mimari tür olarak tanımlanmaktadır [d'Estre'e Sterk, 2005]. Tepki veren cephelerde; doğal ve yapay sistemler etkileşime girerek birbirleriyle uyumlu bir biçimde çalışabilmektedir. Negroponte (1975) tepki veren mimarinin tanımını manipülatif ortamla karşılaştırarak vermiştir [Velikov and Thün, 2013]. Bahsedilen manipülatif ortam pasiftir ve hareket edenin aksine hareket ettirilir. Tepki veren ise, çevrenin etkisi altında basit veya karmaşık süreçlerin sonucunda farklı ölçeklerde değişiklik başlatan anlamına gelmektedir [Başarır, 2019]. Ancak Negroponte'nin bu tanımı tepki veren cepheler için kısıtlı kalmaktadır [d'Estre'e Sterk, 2005].

Tepki veren yapı elemanlarının temel özellikleri dinamik hareket, adaptasyon ve farklı fonksiyonları yerine getirme kabiliyeti ile akıllı kontrole dayanan tepki eylemini yerine getirebilme becerisidir. Dinamik hareket ve adaptasyon prensipleri bu elemanların fonksiyonellik, termo – fiziksel özellikler ve niteliklerinin zamanla değişime ihtiyaç duyabileceğini ifade etmektedir. Bu değişim sınır değerler, yapı ve kullanıcı ihtiyaçları bağlamında gerçekleşmektedir. Akıllı kontroller sayesinde enerji tüketimi ve iç ortam konforu garanti altına alınmaktadır.

- Duyarlı Cepheler

Duyarlı cepheler çevresel etkenlere kayıtsız kalamayan ve kullanıcı kontrolü olmaksızın bunu gerçekleştiren cephelerdir. Sensörler, akıllı malzemeler, otomasyon sistemleri bu cephe sistemine dahil olan bileşenlerdendir. Sistem eylemlerini mevcut iklim koşulları ve enerji kullanımına göre düzenler. Çevre koşullarını kontrol etmek için bina cephe elemanlarını fiziksel olarak manipüle etme kabiliyetleri gibi etkileşimli özelliklere sahiptir [Loonen et al., 2013; Upadhyay and Ansari, 2017; Meagher, 2015].

- Kinetik (Kinetic) Cepheler

Kinetik terimi durum değişimi olarak bilinmektedir. Mimarlıkta kinetik kavramı, değişebilen, farklı adaptasyonlar sağlayabilen, bir halden başka bir hale geçebilen dinamik bir yapıyı tanımlamaktadır. Oosterhius (2003) kinetik mimarlığı hareketin biçiminden elde edilen bilgiye sensör ve erişim düzenekleriyle elde edilen kontrolle karşılık verebilen mimarlık olarak ifade etmiştir [Oosterhius, 2003]. Kinetik cephe ise çevresel koşulları ve konuma hızla uyum sağlayabilen sistemler olarak tanımlanmaktadır [Ergin, 2019].

Kinetik cepheler belirli bir hareketin var olduğu bir veya daha fazla bileşenin uyarıldığı ve uyarıldığı teknolojik bir sistemdir. Uyarılma hareket enerjisinin (momentum) dönüşümüne dayanmaktadır [Gosztanyi, 2018]. Kinetik cephe bileşenleri katlanma, kayma, şişme – sönme, dönme uzayıp kısalma vb. hareketler gösteren fiziksel davranışları ile değişen çevresel koşullara adapte olmaktadır.

- Performatif (Performative) Cepheler

Enerji tüketiminin; çevresel, toplumsal ve sosyo-kültürel konular üzerinde oldukça önemli bir rolü vardır. Bu sebeplerden ötürü tasarımcının yapının enerji etkinliği için performans tabanlı bir tasarım yapması kaçınılmazdır. Performansa dayalı bu tasarımlar 1960'ların sonlarında ve 1970'li yılların başlarında ortaya çıkmaya başlamıştır [Maver, 2002].

Performansa dayalı tasarım teknikleri, bina optimizasyonunda önemli bir role sahiptir. Mimaride optimizasyon, özel bir denge durumu, performans veya elde edilebilecek en iyi araç ekonomisi gibi doğada bulunabilen bir uygunluk fonksiyonu olarak temsil edilmektedir [Chalabee, 2013].

Aksamija'ya (2013) göre, yüksek performanslı cephe tasarımı için güneşin konumuna ve enerjisine uygun bina geometrisi ve kütlesi geliştirmek; yapıya doğal havalandırma sağlamak, yalıtım ve gün ışığını verimli kullanarak yapay aydınlatma, mekanik soğutma ve ısıtma yüklerini azaltmak gerekmektedir [Aksamija, 2013].

- Biyomimetik (Biomimetic/bio-Inspired) Cepheler

Biyomimetik doğada bulunan yetenekleri taklit etmek, insan sorunlarına ve ihtiyaçlarına cevap vermek için sayısız olanak sunmak olarak tanımlanmaktadır [Bar-Cohen, 2011]. Biyolojiyi mimari tasarım sürecine entegre etmek, yapıyı çevrenin enerji tüketimine karşı binanın doğuşundan ve doğasından gelen birincil çözümdür.

Doğanın çeşitli koşullar altında sağlamış olduğu adaptasyon yeteneği, bu doğal modellerin verdiği bilgiyi sistematik bir şekilde farklı disiplinlere aktarılması gerekliliğini doğurmuştur. Bu aktarımlar biyonik, biyomimes, biyomimetik, biyognoz, biyomorfizm, biyofili, biyosin, biyomimikri gibi çeşitli isimler altında toplanmaktadır [Vincent et al., 2006].

Biyomimetik terimi sadece malzeme özellikleri, işlevsellik veya oluşum açısından doğanın taklidi değil, optimize edilmiş teknolojilerin uygulaması ile benzer teknolojik sorunlara sahip olan tasarımların anlaşılmasına yardımcı olmak için doğal ilkelerin kavranması şeklinde de tanımlanmaktadır [Pohl and Nachtigall, 2015].

- Aktif (Active) Cepheler

Aktif cepheler, bina iç veya dış ortam koşulları tarafından başlatılan değişime kendiliğinden adapte olabilen dinamik cephelerdir. Bu cepheler enerji tüketimini en aza indirirken, konfor koşullarını sağlayan entegre elemanlara sahip teknolojik sistemler ile desteklenmektedir. Cephenin aktif özellikleri hem otomatik hem de manuel olmalıdır ve karmaşık elektronik bileşenler dahil edilmemelidir [Ochoa and Capeluto, 2008].

- Gelişmiş Cepheler

Gelişmiş cepheler, enerji tüketimini minimumda tutarak daha iyi gün ışığı kullanımı ve termal koşullar sağlamak için kullanılan cephe türleridir [Gadelhak, 2013]. Gelişmiş bir cephe, bir binanın ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gereksinimlerine katkıda bulunmaktadır. Bu sistemler enerji tasarrufu önlemleri ile yapı iç konforunu artırarak, dış hava koşullarına dayanıklı ve verimli bir katman oluşturmaktadır. Bu cepheler enerji verimli cephe sistemleri ile de ilişkilendirilebilmektedir. Aralarındaki temel fark, gelişmiş cephelerin uyarlanabilir yapı elemanları ile bina kontrol sistemi ve hareket sistemi ile entegre halde olmasıdır. [Aelenei et al., 2018; Heusler and Kadija, 2018].

- Değiştirilebilir/Değişken Cepheler

Değişim, bir sistemin zaman içerisinde değişmiş bir duruma geçmesi olarak tanımlanabilir. Gür ve Aygün (2008) kullanıcıların farklı gereksinimlerine ve çevresel etmenlerin dinamik yapısına uyum sağlayan cepheleri değişken cephe sistemleri olarak tanımlamışlardır [Gür ve Aygün, 2008].

Değiştirilebilir terimi uyarlanabilir cepheler için, genelde şeffaf cephelere sahip yapılar için kullanılmaktadır. Akıllı cam teknolojisi ile entegre cepheler dış etkenlere göre opaklık ayarları veya cam sistemlerindeki malzeme yapılarının fiziksel veya kimyasal şekilde değiştirerek uyarlamaya katkı sağlamaktadır [Beevor, 2010].

- Dönüştürülebilir (Changable) Cepheler

Dönüştürülebilir yapılar, sürdürülebilir tasarım kavramını benimseyen bir toplum tarafından geliştirilen ve hızla gelişen ihtiyaçları karşılamak için şekillerini veya fonksiyonlarını değişen koşullara göre uyarlayan yapılardır. Bu yapılar bir son durumda değil, bir geçiş durumunda tasarlanması anlayışıyla desteklenmektedir. Dönüşüm kinematik bir mekanizmayla ya da temel bileşenleri kuru, ters çevrilebilir bağlantılara sahip, tüm bileşenlerin ise yeniden yapılandırılabilir, değiştirilebilir ya da yeniden kullanılabilir olduğu parçalar seti sistemi sağlamaktadır [De Tammernan et al., 2012].

Dönüşüm süreci sıkıştırılmış bir durumdan genişletilmiş bir konfigürasyona ya da tam tersine doğru gider. Dönüşüm aşaması, kontrollü, istikrarlı hareketlerden oluşmalı ve yerine kilitlendikten sonra sağlam ve güvenli bir yapıya sahip olmalıdır.

- Esnek (Flexible) Cepheler

Değişime ya da belirsizliğe tepki göstermek için aktif ve pasif esneklik olmak üzere iki farklı temel yol tanımlanmıştır [Başarı, 2019]. Aktif esneklik, değişerek, reaksiyon vererek ya da uyum sağlayarak değişime tepki verme yeteneğidir. Binalarda aktif esneklik uyarlanabilirlik olarak tanımlanmaktadır. Sistemde yeterli düzeyde tolerans ya da kapasite olduğunda ise değişime tepki göstermeye gerek olmamaktadır. Bu durum pasif esneklik olarak tanımlanır.

Aktif esneklikte yapı katmanı değişiklikleri kendi katmanında barındırır ve bu durum diğer katmanları etkilemez ya da çok az etkiler. Pasif esneklikte yapı katmanı, kendi bünyesinde değişikliğe gerek duymadan diğer yapı katmanlarında değişiklik barındırır. Yapı ya da yapı elemanı düzeyinde uyarlanabilirlik diğer yapı katmanlarına esneklik olmadan sağlanamaz [Blok and Van Herwijnen, 2006].

Kronenburg bir yapının esnek olması için çeşitli işlevlere, kullanımlara ve gereksinimlere daha iyi yanıt vermenin bir yolu olarak uyarlama; şekil, hacim, biçim veya görünümde değişiklik olarak tanımlanan dönüşüm; hareket edebilirlik ve yapının

hem içinde hem dışında uygulanan etkileşim kabiliyetlerine sahip olması gerektiğini savunmaktadır [Koleravic, 2015].

- Etkileşimli (Interactive)/Medyatik Cepheler

Etkileşimli cephe, yapı ve insan arasındaki bağı kurmak için uyarlanır; medya cephe olarak da adlandırılan cephe türüdür. Son yıllarda oldukça fazla kullanılan etkileşimli cepheler dev reklam panolarına, bilgisayar destekli sanat eserlerine, enstalasyonlara ve aktif kamu katılımını teşvik eden birçok işleve atıfta bulunmaktadır.

Etkileşimli bir cephe, uyarlama başlatmak için, insan girdisine göre şekil alabilir veya insan etkeni için bir girdi oluşturabilecek bir uyarlama sağlar. Kinetik, akıllı, akılcı, aktif yeteneklere sahip olabilirler [Loonen et al., 2013; Velikov and Thün, 2013; Tovarovi’c et al., 2017].

2.2.2. Akıllı Cephelerin Kısa Tarihsel Gelişimi

Üçüncü endüstri devriminin yanı sıra bilişim teknolojisi dönemi olarak da anılan devirle başlayan, 1970’lerden sonra hızla artan teknolojik gelişmeler, yeni yaşam biçimlerini de ortaya çıkarmıştır. Yeni yaşam biçimleriyle insanların gereksinimleri de farklılık göstermeye başlamıştır. Diğer taraftan hızlı nüfus artışı, mevcut tabii kaynakların tükenmeye başlaması sebebiyle enerji krizinin başlaması ve enerji maliyetlerinin artışıyla 1980’li yıllarda teknolojik gelişmelerin mimariye getirdiği imkanlar akıllı bina tasarımlarını gündeme getirmiştir. Akıllı bina terimi ilk kez 1980’li yılların başında merkezi Amerika Birleşik Devletleri’nin Washington kentinde bulunan eski Akıllı Bina Kurumu tarafından yapılmış ve kullanılmaya başlanmıştır. Akıllı Bina Kurumu, akıllı bina tanımını “Strüktür, sistemler, servisler ve yönetimin optimizasyonu ve dört temel elemanın arasındaki ilişkileri sayesinde verimli ve maliyet etkin bir ortam sağlayan binadır” şeklinde yapmıştır [So and Chan, 1999].

Teknolojik gelişmelerin getirdiği yeniliklerin mimariye yansımalarıyla tasarlanan ilk akıllı bina, 1981 senesinde Amerika Birleşik Devletleri’nin Connecticut eyaletinde Technologies Corporation tarafından yapımına başlanan ve 1983 yılında tamamlanan City Place” isimli ofis binasıdır (Şekil 2.11)- [CTBUH, 2014].



Şekil 2.11: İlk Akıllı Bina ‘City Place’.

Akıllı Bina Kurumu’nun tanımlamalarında, akıllı binaların sadece teknolojik tarafına değinilmiş, kullanıcı konforundan bahsedilmemiştir. Avrupa’da bulunan ülkeler tarafından yapılan tanımlamalar, Amerika’da bulunan Akıllı Bina Kurumu’nun tanımının aksine daha çok kullanıcıların gereksinimlerine yönelik olmuştur. Akıllı bina kavramının ortaya çıkmasından sonra 1980’li yılların başında ticaret, mekanik sistemler, iletişim ve daha birçok alanda yayınlanan çalışmalarda gelişmiş telekomünikasyon sistemlerinin binaları nasıl daha verimli-akıllı yaptığı ile ilgili pek çok yazı, makale yayınlamaya başlamıştır. Daha sonra çalışmalardaki bu yazı ve makaleler müteahhitlerin ve prestij sahibi kişilerin dikkatini çekmiştir. Mimar Harrison (1998), çevremizde uzun zamandır yer alan akıllı binaları 3 kategoride sınıflandırmıştır. Bunlar:

- Otomatik Binalar (1981-1985)
- Yanıt Veren Binalar (1986-1991)
- Verimli Binalar (1992->) dır.

Harrison’un bu üç kategorisinden yola çıkarak akıllı binaların sınıflandırılması şu şekilde yapılabilmektedir:

- Birinci kuşak akıllı binalar, otomasyon sisteminden yoksun, kullanıcı konforunun sağlanmasında yetersiz, karmaşık alt sistemlerden oluşmaktadır.
- İkinci kuşak akıllı binalar, birinci kuşak binaların içerdiği yetersiz ve karmaşık alt sistemlerin, tek bir ağ sistemiyle birbirine bağlanması ile oluşmaktadır. Bu gelişme sonrasında, alt sistemleri uzaktan kontrol edebilmek, merkezi bir yerden planlayabilmek mümkün olmuştur.
- Üçüncü kuşak akıllı binalar, ilk iki dönemdeki gelişmelere ek olarak, bina ve bina kullanıcıları konusunda öğrenme ve uyum sağlama yeteneğine sahip olan binalardır.

Birinci ve ikinci dönemlerdeki akıllı bina teknolojilerinde bina kontrol sistemlerinin çalışmasının artırılması sağlanmıştır fakat üçüncü dönemdeki teknolojiler gibi öğrenme, ayak uydurma gibi özelliklere yer verilememiştir.

3. AKILLI CEPHELERİN SINIFLANDIRILMASI

1950’li yıllarda akıllı cephe sistemlerinin ilk ortaya çıkışından itibaren bu sistemlerin sınıflandırılması için birçok çalışma yapılmış ancak bina cephelerinde uygulanan teknolojilerin sınıflandırılması için henüz ortak bir terminoloji bulunmadığından net bir sınıflandırma da ortaya çıkmamıştır. Sınıflandırma çabalarından önce bilinmesi gereken bazı terimler bulunmaktadır.

- Sensörler

Hareket, ısı veya kimyasal konsantrasyon değişimleri gibi fiziksel veya kimyasal bir uyarıyı algılayan veya bunlara yanıt veren cihazdır. Bir sensör enerji alışverişini veya enerjinin bir biçimden diğerine dönüşümünü algılamakta ve uyarın alanıyla doğrudan etkileşime girmektedir [Addington and Schodek, 2007]. Yapılarda kullanılan sensör çeşitleri;

- Işık Sensörleri
- Ses Sensörleri
- Termal Sensörler
- Nem Sensörleri
- Dokunmatik Sensörler
- Konum Sensörleri
- Yakınlık Sensörleri
- Hareket Sensörleri
- Kimyasal, Manyetik ve Diğer Temel Sensörler
- Çevre Sensörleri
- Biyo sensörler
- Sürüler (Akıllı Toz) dir.

- Dönüştürücüler

Dönüştürücü enerjiyi bir biçimden diğerine; iletmek, izlemek veya kontrol etmek amacıyla kullanılır.

- Dedektörler

Bir sensör veya sensörden gelen temel sinyali anlaşılır bir forma dönüştüren elektronik düzeneği ifade etmektedir.

- Aktüatörler

Aktüatör terimi bir şeyi hareket ettiren veya kontrol eden bir cihazı ifade etmektedir. En genel anlamda bir aktüatör giriş voltajına yanıt olarak mekanik eylem veya bir hareket üretmektedir.

- Kontrol Sistemleri

Kontrol sistemleri belirli görevleri yerine getirmesi amaçlanan ve yukarıda tanımlanmış olan sensör, dönüştürücü, aktüatör ve dedektörlerin komplike bir şekilde bir arada bulunması ile oluşan sistemlerdir. Kontrol sistemlerinin bir arada bulunuşu:

- Sensörler ve dönüştürücüler
- Sinyal koşullandırıcılar
- Vericiler/dönüştürücüler/alıcılar
- Mantık denetleyicileri
- Ekranlar/kaydediciler/aktüatörler şeklinde olabilmektedir.

Belirtilmiş olan ögeler ve işlevlerin birçoğu, birbirlerine bağlı olan ve genel olarak istenen yanıtı sağlayan ayrı bileşenlerden oluşmaktadır. Sisteme gelen bazı enerji girdileri bir sensör tarafından kolayca algılanıp yorumlanabilirken bazen bu enerji uyarıyı istenen formda olmayabilmektedir. Böyle durumlarda dönüştürücüler gelen enerji girdisini sensörün algılayabileceği enerji formuna dönüştürür. Verici ve alıcı cihazlar ise oluşan çıkış sinyallerini genlik artırışı, istenmeyen gürültü veya başka nedenlerden dolayı filtrelerler. Filtrelenmeye ihtiyaç duyulan çıkış sinyallerine koşullu sinyal denmektedir. Daha gelişmiş olan sistemlerde koşullu sinyaller önce mantıksal bir amaca göre manipüle edilerek aktüatörlere iletilmektedir. Burada devreye mantık denetleyicileri girmektedir. Sistemin nihai olarak talimatlarını mantık denetleyicileri vermektedir. Burada son karar için devreye tasarımcının son ürün olarak istediği hareket veya uyarı girmektedir. Örneğin hareketi algılayan bir kapının harekete karşılık alarm vermesi veya açılması tamamen tasarımcı isteğine kalmaktadır. Sensör ve aktüatör sistemleri bağlamında devreye akıllı malzemeler de girmektedir. Özellik veya enerji değiştirebilen akıllı malzemeler sisteme dahil edildiğinde

eylemlerin çoğunu kendi içinde dahili olarak gerçekleştirmektedir. Bu malzemeler ilerleyen başlıklarda daha detaylı olarak açıklanacaktır.

Akıllı cephelerin sınıflandırması ile ilgili ilk çabalardan biri 1999 yılında Fox ve Yeh tarafından olmuştur. Mimaride akıllı/yanıt veren kinetik tasarımı mekanik ve teknolojik ilkeler bağlamında üç alanda kategorize etmiştir. Bunlar; yapısal inovasyon ve malzeme gelişimi, mimarlıkta genel kinetik tipolojiler ve kontrol mekanizmalarıdır [Fox and Yeh, 1999].

Yapısal inovasyon yapısal bir çözüm için hem gerçekleştirme yollarını hem de araçlarını önemsemektedir. Gerçekleştirme yolları: katlanma, kayma, genişleme ve dönüştürmeyi içermektedir. Araçlar ise: pnömatik, kimyasal, manyetik, doğal ve mekanik olabilmektedir. Malzeme gelişimi, gelişen teknoloji ile kinetik sistemler ile entegre olabilen seramikler, polimerler, jeller, kumaşlar, metalik bileşenler ve kompozitler ile yapıda bütünleştirici çözümler sunmaktadır.

Kinetik tipolojiler 3'e ayrılmaktadır. Gömülü kinetik yapılar; yapıda sabit olarak var olan, birincil işlevi değişen faktörlere yanıt veren mimari sistem veya kontrol mekanizmalarıdır. Yerleştirilebilir kinetik yapılar; geçici olarak yapılara yerleştirilmektedir. Bunlar afet bölgeleri yapıları, gezici sergiler, pavyonlar ve barınaklar olabilmektedir. Dinamik kinetik yapılar; bütüne göre bağımsız hareket etmektedir. Uygulamalar arasında panjurlar, kapılar, bölmeler, tavanlar, duvarlar ve çeşitli modüler bileşenler yer alabilmektedir.

Kontrol mekanizmaları ise 6'ya ayrılmaktadır.

- İç/dahili kontrol; dönme ve kayma iç kontrollerini içerirler. Bu tür sistemler mekanik hareket potansiyeline sahiptir. Ancak doğrudan bir kontrol cihazı veya mekanizmasına sahip değildir.
- Direkt kontrol; direkt olarak elektrik motorları, insan enerjisi veya çevresel koşulların sağladığı biyomekanik enerji tarafından karşılanmaktadır.
- Dolaylı kontrol; bir sensörün geri besleme sistemi aracılığıyla dolaylı olarak çalışır. Kontrol için ilk olarak sensöre dışarıdan bir girdi gelmesi gerekmektedir. Sensörler daha sonra kontrol cihazına mesaj iletir ve kontrol cihazı bir enerji kaynağına açma/kapama talimatı göndererek hareketi oluşturur.

- Tepki veren dolaylı kontrol; dolaylı kontrole benzer bir şekilde çalışır. Ancak çevresel uyaranlar tekil değil, birden fazla olabilmektedir. Bu yüzden kontrol cihazı girdiler arasında karar vererek optimize edilmiş bir cevap oluşturur.
- Yaygın tepki veren dolaylı kontrolde çevresel uyaranlardan birden fazla girdi farklı sensörler tarafından algılanır. Tüm sensörlerin birlikte çalıştığı birçok otonom sensör/motor sistemi mevcuttur. Bu bilgisayar sistemi sensörlerden gelen bildirimini işleyerek farklı aktüatörlere iletir. Durumu optimize edecek birden fazla kinetik sistemi harekete geçirir.
- Sezgisel tepki veren dolaylı kontrolde hareket sezgisel kontrol mekanizmalarına sahip bir sistem tarafından kontrol edilir. Sezgisel olan bu sistem, ortamdaki değişikliği optimize etmek adına deneysel uyarlama yoluyla öğrenilmektedir [Fox and Yeh, 1999].

2010 yılında Schnädelbach akıllı cepheleri motivasyon faktörleri, uyarlanabilir mimarlıkta tasarım stratejileri ve uyarlanabilir binalar ve bileşenler olarak üç başlık altında incelemiştir [Schnädelbach, 2010].

- Motivasyon faktörleri; uyarlanabilir tasarım için motivasyonlar ve itici güçler çok sayıda ve çeşitlidir. Bu faktörler kültürel, toplumsal ve örgütsel olabileceği gibi iletişimsel ve sosyal etkileşimle de ilgili olabilmektedir.
- Uyarlanabilir bina ve bileşenlerinde ilk bileşen olan kullanıcılar, tasarım çabaları kullanıcılara odaklanabilmektedir. İkinci bileşen çevre, uyarlanabilir mimari, dış ortama tepki verecek şekilde tasarlanabilir. Son bileşen nesnelere, yapı içerisinde nesnelere tepki olarak düşünülebilir.
- Uyarlanabilir mimaride tasarım stratejileri; hareketlilik, yeniden kullanılabilirlik, otomasyon-insan müdahalesi, zaman ölçekleri, kullanıcı odağı ve uyaran seviyesidir [Schnädelbach, 2010].

2011 yılında Ramzy ve Fayed iki farklı sınıflandırma sistemi önermişleridir. Bunlardan ilki mimarideki kinetik sistemleri sistem konfigürasyonuna, kontrol tekniklerine ve araçlarına göre sınıflandırmadır. Diğerleri ise kinetik sistemler, kontrol teknikleri, sistem konfigürasyonu, kontrol limiti ve maliyete bağlı olarak sınıflandırmadır [Ramzy and Fayed, 2011].

- Kinetizm; sistemin yarattığı hareket limitinin, alt birimlerden hangisine bağımlı olduğuna göre değişiklik gösterir.
- Kontrol yeknikleri; hareketin nasıl başladığı ile ilgilenir.
- Sistem konfigürasyonu; Fox ve Yeh'in (1999) araştırmaları doğrultusunda belirlenmiş olan gömülü, yerleştirilebilir ve dinamik kinetik yapıları kapsamaktadır.
- Kontrol limiti; sistemin sunduğu çevresel değişikliklerin derecesi, insan konforu ve bina bağlamı ile etkileşimi açısından ne kadar fark yarattığı önem kazanır.
- Maliyet; kinetik cephelerde maliyet sistemin çevresel performansa kıyasla maliyetidir.

2013 yılında Loonen ve arkadaşları yapı kabuklarının iç ve dış arasındaki sınırdaki bulunduğunu ve bir dizi değişken koşula tabii olduğunu bu nedenle bu değişikliklere tepki verme yeteneğine sahip olmaları gerektiğini savunmuştur. Önerdikleri İklim Uyumlu Bina Kabukları (Climate Adaptive Building Shells – CABS) değişen performans gereksinimlerine ve değişken sınır koşullarına yanıt olarak bazı işlevlerine, özelliklerine veya davranışlarına zaman içinde tekrar tekrar ve tersine çevrilebilir bir şekilde değiştirme yeteneğine sahiptir ve bunu genel bina performansını iyileştirmek amacıyla yaparlar. CABS olarak tanımlanan bina cepheleri pasif tasarımın tamamlayıcı yönlerini aktif teknoloji ile birleştirerek, aydınlatma ve alan koşullandırma için enerji talebini azaltan bir potansiyel sunmaktadır. Aynı zamanda iç hava kalitesi ile termal ve görsel konfor seviyelerini de olumlu olarak etkilemektedir [Loonen et al., 2013]. CABS'ler karakteristik özelliklerine göre 5 ana başlıkta incelenmektedir:

- İlham kaynaklarında doğa CABS için en önemli ilham kaynaklarından biri olarak kabul edilmektedir. Uyarlanabilirlik doğada yaygındır ve biyomimikride doğanın zamana göre değişiminin binalara yansması oldukça verimlidir [Gruber, 2008; Poppinga et al., 2010]. CABS konseptlerinden tropizm (bitkilerin belirli çevresel tetikleyiciler sonucunda büyümesi ve gelişmesi), fototropizm (yani ışığa tepki olarak değişme), heliotropizm (yani güneşe tepki olarak değişme) doğadan ilham alınarak oluşturulmuştur [Vermillion, 2002; Schleicher, 2011].

- Fiziksel etkileşim; bina kabukları, bir binanın iç mekanının ve çevresinin arasında ayrım oluşturur ve bu nedenle çeşitli fiziksel etkileşimlerin gerçekleştiği ara yüz olarak işlev görür. Her CABS, bu çoklu fiziksel davranışı, örneğin bloke etme, filtreleme, dönüştürme, toplama, depolama veya çeşitli enerji alanlarından geçme yoluyla karakteristik olarak etkilenir.

- Zaman ölçekleri; çevresel etkiler, alt zaman aralıklarında binanın tüm ömrü boyunca algılanabilen ve tepki verilen zamansal çözümler meydana getirir.

Saniye; bu kısa vadeli dalgalanmalar tipik olarak değişken ve rastgeledir. Örneğin; rüzgâr hızı ve yönündeki değişimler, rüzgâr basıncına dayalı cephe sistemlerinde hareketi mümkün kılar [Imbabi, 2006; Lee et al., 2000].

Dakika; bulutlanma ve gün ışığı kullanılabilirliği, dakika bağlamında karakteristik bir zaman sabitine sahiptir. Bu nedenle enerji talebini azaltmak ve görsel konforu arttırmak için gün ışığından yararlanmayı ve güneş gölgelemeyi optimize etmeyi amaçlayan tüm CABS'lerin şeffaflık dereceleri dakikalar içerisinde değişmektedir.

Saat; güneşin gökyüzündeki açısal hareketi sürekli bir süreçtir. Bununla birlikte, güneşin yolunu izleyen CABS, tipik olarak saat sırasına göre ayarlanır [Adell and Garrido, 2009]. Hem iç hem de dış hava soğukluğundaki dalgalanmalar, uygun şekilde saatlik değerlerde de değişebilmektedir. Sıcaklık uyaranlarına yanıt olarak doğrudan uyum sağlayan CABS'ler de sonuç olarak bu kategoride sınıflandırılır [Leung and Gage, 2008].

Günlük; süreç bina sakinleri mevcudiyeti günlük bir sürece dahildir. Ayrıca bu gündüz – gece döngüleri ortam sıcaklığına ve güneş radyasyonunun mevcudiyeti gibi meteorolojik sınır koşullarında da fark edilir. Bazı CABS'ler bu sabit 24 saatlik modelden yararlanmak için özel olarak tasarlanmıştır.

Mevsimler; boyunca değişen koşullara uyum sağlamak, CABS'in tartışmasız en zarif uygulama alanıdır. Kış, ilkbahar, yaz ve sonbaharın tümü özellikle orta ve yüksek enlemlerde çok farklı sınır koşulları getirir. Bu değişikliklere uyum sağlayabilen binaların önemli performans faydaları sağlaması beklenmektedir. Mevsimsel CABS'in açıklayıcı bir örneği bölgenin termal yüküne ve dışarıdaki sıcaklık farkına bağlı olarak, sınırları boyunca ısı transferini destekleyen duvarlardır [Chun, 2007].

- Adaptasyon ölçekleri; uyarlanabilir davranış ya makro ya da mikro ölçekte özellik/davranış değişikliği göstermektedir.

Makro ölçek; Bina kabuklarındaki ilk uyarlanabilirlik türü genellikle bir tür gözlemlenebilir hareketin mevcut olduğunu gösteren ‘kinetik kabuklar’ olarak da adlandırılır. Makro ölçekte uyarılma, genellikle hareketli parçalar aracılığıyla bina kabuğunun konfigürasyonunda değişikliklerle sonuçlanır. Bu hareketler; bina kabuğunun dışındaki tamamlayıcı bileşenler, bina kabuğunun kendisinin alt sistemleri, tüm cephenin hareketi, binanın bir bütün olarak hareketi gibi çok çeşitlidir. Hareket oluşum şekilleri; katlanma, yuvarlama, şişirme, döndürme, kıvrılma vb. olabilir. Dinamik hareketin yanı sıra akışkanların taşınmasıyla hareketin sağladığı cephe sistemleri de mevcuttur. Hava akışı, köpüklenme, polistiren baloncuklar, faz değiştiren malzemeler gibi farklı tipte akıcı ortamlar mevcuttur [Erell, 2004; Gan, 2009; US. Office of Technology Assessment, 1979; İsmail, 2001].

Mikro Ölçek; diğer CABS tipinde, değişiklikler bir malzemenin iç yapısını doğrudan etkiler. Burada uyarlanabilirlik ya termofiziksel ya optik özelliklerdeki değişikliklere ya da bir biçimden diğerine enerji yoluyla kendini gösterir [Horn et al., 2000; Kuznik et al., 2011; Karlessi et al., 2009; Ma et al., 2002; Xu and Van Dessel, 2008; Kurnitski, 2004]. Bununla birlikte, mikro ölçekli CABS’lerin çoğu, malzemelerin ışık iletme özellikleri ile ilgilidir. Bu akıllı camlar, optik özelliklerini ayarlayarak gelen gün ışığı ve enerjini seviyelerini modüle etme yeteneğine sahiptir.

• Kontrol tiplerinde etkili kontrol, CABS’in başarılı çalışması için kilit bir unsurdur. İki farklı kontrol türü mevcuttur.

Dış Kontrol; dış kontrol geri bildirimlerden uyarlanma yeteneğidir. Dış/harici kontrollü CABS’in yapısı üç temel unsurdan oluşmaktadır. Bunlar sensörler, işlemciler ve aktüatörlerdir [Teuffel, 2004].

İç kontrol; içsel kontrole sahip CABS, uyarlanabilir kapasitenin bina kabuğunu oluşturan alt sistemlerin doğal bir özelliği olmasıyla karakterize edilir. Bu tip CABS’ler kendiliğinden ayarlanır, çünkü adaptif davranış, sıcaklık, bağıl nem, yağış, rüzgâr hızı ve yönü, güneş radyasyonu, bulutlanma veya CO₂ seviyesi gibi çevresel uyaranlar tarafından otomatik olarak tetiklenir. Bu tür otonom kontrol bazen ‘doğrudan kontrol’ olarak da adlandırılır. Çünkü çevresel etkiler harici karar verme bileşeni olmaksızın doğrudan eyleme dönüştürülür [Fox and Yeh, 1999].

2015 yılında ise Loonen ve diğ., yeni bir sınıflandırma önererek bu sefer akıllı cepheleri sekiz başlık altında incelemiştirlerdir. Bunlar amaç, tepki veren fonksiyon, işletme, teknolojiler, tepki verme zamanı, mekânsal ölçek, görünürlük ve adaptasyon ölçeğidir [Loonen et al., 2015].

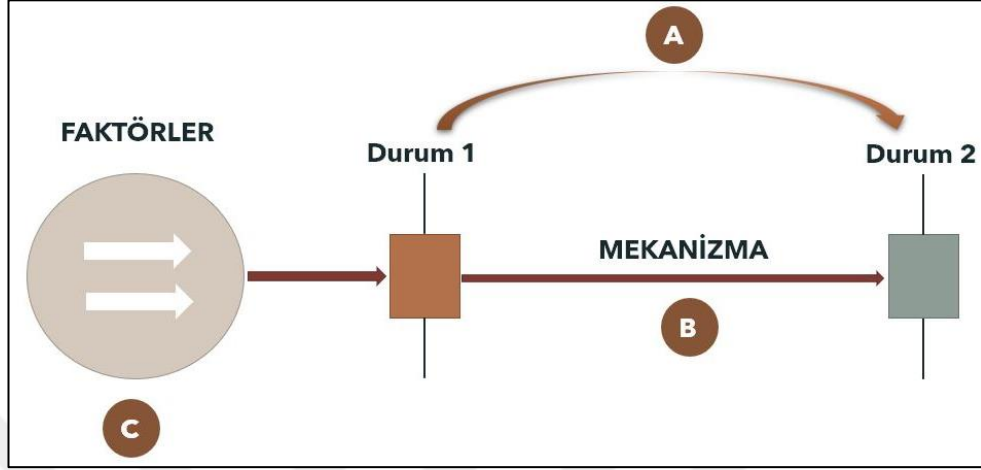
2015 yılında Kolarevic ve Parlac yapı kabuklarında dört aktivasyon yöntemi tanımlamışlardır. Bunlar motor esaslı, hidrolik, pnömatik ve malzeme esaslıdır [Kolarevic and Parlac, 2015].

- Motor esaslılar; çift cidarlı cephelere monte edilen motorlu sistemlerden oluşmaktadır (Örneğin; jaluziler, güneş kırıcılar vb.). Bu sistemler parlamayı ve güneş ısısı kazanımını önemli ölçüde azaltabilmektedir.
- Hidrolik aktüatörler içi boş bir silindire yerleştirilmiş bir piston içermektedir [Harry, 2016]. Pistona kuvvet uygulandığında nesnelere hareket ettiren bir kuvvet uygulanır. Bu şekilde üretilen hareket doğrusal, döner veya salınımlı olabilmektedir.
- Pnömatik cephe sistemleri basınç altında hava veya gaz pompalayarak hareket oluşturmayı amaçlayan sistemlerdir. Cephelerde hareketli bir cephe oluşturmak için biyolojik tasarımı ve akıllı teknolojinin özelliklerini birleştiren bir anlayışla tasarlanmaktadır [Harry, 2016].
- Malzeme esaslı aktivasyon sistemleri gelişen üretim ve kontrol mekanizmalarındaki yenilikler sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu tür malzemeler birden çok uygulamaya sahiptir [Harry, 2016].

2019 yılında European COST Action TU1403 'Adaptive Facades Network' yeni bir sınıflandırma önermiştir (Şekil 3.1)- [Ross et al., 2008]. Bu sınıflandırmaya göre cephe sistem değişimi, aktivasyon sistemi ve tetikleyici olay üzerinden sınıflandırılmıştır [Beton et al., 2018].

- Sistem değişimi geometrik ve rijitlik değişimi olarak gerçekleşmektedir. Geometrik değişim 2 başlık altında rijit cisim deformasyonu (çevirme ve dönme), rijit olmayan deformasyon (bükülme ve genişleme) hareketlerini içermektedir.
- Aktivasyon sistemi; kendi kendine değişen malzemeler, mekanik hareketler ve şişme ile gerçekleşebilmektedir.

- Tetikleyici olay; normal yüklere maruz kalma yani kendi yükü, rüzgâr kaynaklı titreşim, sıcaklık, nem ve gün ışığı olaylarını içermektedir. Diğer istisnai durumlar ise fırtına, sel, yangın, deprem ve patlama sonucunda oluşmaktadır.



Şekil 3.1: Durum dönüşümü olarak değişimin tanımı.

Geçmişten günümüze sınıflandırma çalışmaları incelendiğinde her birinde hem farklı hem de benzer olan kriterlerin mevcut olduğu bundan dolayı ortak bir noktada buluşamadıkları gözlemlenmiştir. Bu yüzden gelişen ve değişen teknoloji göz önüne alındığında cephe sistemlerini aktive eden birçok sistemin olduğu tümünde sabit bir fikir olarak belirlenmiştir. Cepheleri aktive eden aktif ve pasif teknolojiler literatür taranarak belirlenmiş ve teknolojiler ve malzemeler üzerinden sınıflandırılmıştır. Buna göre akıllı cepheler; kullanılan teknolojiler üzerinden ve kullanılan malzemeler üzerinden olmak üzere 2 ana grupta incelenebilmektedir.

3.1. Akıllı Cephelerin Kullanılan Teknoloji Üzerinden Sınıflandırılması

Cephe sistemlerinde kullanılan farklı teknolojiler mekanik teknoloji, elektro-mekanik teknoloji, pasif teknoloji, bilgi teknolojisi, malzeme tabanlı teknoloji ve entegre teknoloji olarak sınıflandırılmaktadır [Matin and Eydgahi, 2019]. Bu teknolojiler bazı temel birimlerden ve sistemlerden oluşmaktadır.

3.1.1. Akıllı Cephelerde Kullanılan Mekanik Teknoloji

İlk nesil duyarlı cephe sistemleri hem binanın verimliliğini hem de konforunu iyileştirmek için mekanik teknolojiden yararlanmıştır [Addington and Schodek, 2007; Fiorito et al., 2016]. Le Corbusier mimariyi makine ile özdeşleştirmiş ve mimari bileşenleri makine olarak düşünme, görme ve tasarlama eğilimi ile yaklaşmıştır [Corbusier, 1923]. Bu düşünce ‘ev – makine’ ve ‘cephe makinesi’ fikrine yol açmıştır. 1960’larda ortak mimari slogan ‘bir sistem olarak bina yapmak’ şeklindedir [Moloney, 2012]. Bu yaklaşım tasarımı mekanik ilkelerin etkisi altında birden çok amacı karşılayan bir mekanizma olarak ele almıştır. Bu sistemler, kasnaklar, tekerlekler, menteşeler, makaralar, kablolar ve dişliler gibi kuvvetlerin büyüklüğünü, yönünü ve uygulama noktasını değiştirecek birbirine bağlı mekanik elemanlardan oluşmaktadır. Dişliler, kasnaklar ve kablolardan oluşan mekanizmaya sahip elle çalıştırılan bir panjur, harici enerji kaynaklarına ihtiyaç duymadan, kullanıcıların ihtiyaç ve tercihlerine göre manuel olarak kontrol edilen ilk duyarlı cepheler olarak kabul görmektedir. Ancak bina cephelerinde kinetik sistemleri tasarlamak için mekanik bileşen kullanımı, hava koşulları ile karşılaştıklarında dayanıksızdırlar. Mekanik sistemler nispeten uzun bir ömre sahip olsalar da mekanik olmayan parçalar daha hızlı aşınma eğilimindedir [Decker and Zarzycki, 2013]. Ek olarak mekanik bileşenlerin bakımı uygulanan diğer teknoloji türlerine kıyasla çok zor ve pahalıdır [Meagher, 2014]. Bina sakinleri tarafından manuel olarak kontrol edilen elle çalıştırılan cepheler, sınırlı adaptasyon yeteneklerine sahiptir. İnsan gücüne bağımlılık nedeniyle mekanik teknolojiler, özellikle engeli olan kullanıcılar için kısıtlı kalmaktadır.

3.1.2. Akıllı Cephelerde Kullanılan Elektro-Mekanik Teknoloji

1960’lı yıllarda gelişen teknoloji beraberinde elektronik bileşenlerin cephede kullanılabilmesini de getirmiştir. Elektro-mekanik teknoloji, parçaların standardizasyonu, modüler tasarım bileşenleri, ucuz başlangıç maliyeti ve merkezi izleme ve kontrol gibi önemli avantajlara sahip olan güvenilir bir teknoloji olarak kabul edilmektedir [Decker and Zarzycki, 2013]. Binalarda elektro-mekanik algılama, çalıştırma ve anahtarlama kontrol teknolojileri ilk olarak cephelerde yer alan uzaktan kumandalı yapılarda kullanılmıştır [Velikov and Thün, 2013]. Kaufmann’ın elle

çalıştırılan cephesi, Los Angeles County Hall of Records'ta kullanılan motorlu mekanizmalı panjurların geliştirilmesinin temelini oluşturmuştur.

Bu teknolojinin dezavantajları arasında ağır mekanik parçaların karmaşıklığı, malzeme yorgunluğu ve sürtünmesinden dolayı yüksek potansiyel arıza, parça değiştirme zorluğu, bakım ve onarım maliyetlerinin yüksek olması, sınırlı bileşen dayanıklılığı, elektrik gücüne bağımlılık, yüksek enerji tüketimi, yeşil elektrik enerjisi kullanamama yer almaktadır [Tashakori, 2014; Kolarevic and Parlac, 2015; Khoo, 2013; Adriaenssens, 2014; Chun, 2007; Decker and Zarzycki, 2013].

3.1.3. Akıllı Cephelerde Kullanılan Pasif Teknoloji

İlk alternatif teknoloji, duyarlı cephe tasarımında pasif yaklaşımın kullanılmasıydı. Bu tasarım yaklaşımından hareketle, bir cephe sisteminin elektrik ve manuel güce bağımlılığı ortadan kaldırılmış ve güç kaynağı olarak rüzgâr, su ve güneş ışığı gibi doğal kaynaklar kullanılmıştır.

Pasif duyarlı cephelerin avantajları, mekatronik güçlerden bağımsız olmaları, çevresel değişkenlerin sağladığı aktivasyon yeteneği ve minimalist bir yaklaşım sunmalarıdır. Öte yandan bu düşük maliyeti, az bakım gerektiren ve düşük teknolojiye pasif cepheler, sistemin kontrol edilemezliği nedeniyle öngörülemez koşullarda tepki vermezler.

3.1.4. Akıllı Cephelerde Kullanılan Bilgi Teknolojisi

Bilgi dağıtılmış bir kontrol sistemi fikri ile birbirine bağlı panelleri mikrodenetleyiciler tarafından kontrol etmek için duyarlı cephelerde kullanılmaktadır [Grobman and Pankratov Yekutiel, 2014]. Yerel sensörler, aktüatörler tarafından yürütülen işlemlerin işlenmesi ve kodlanması için mikrodenetleyicilere veri sağlar.

Duyarlı cephe sistemlerine gömülü sensör ağları, sistemin yalnızca iklim verilerini toplamasını sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda aracı olarak adlandırılan diğer bina sistemleri arasında veri alışverişini sağlamak için yazılıma bağlanabilir. Bu alıcılar bir binanın farklı bölgelerinde veya bir mahallenin farklı binalarında yer alabilirler. Bilgi teknolojisi, başlangıçta akıllı telefon endüstrisi tarafından yaratılan dört kriterlik unsura dayanmaktadır. Bu unsurlar, gömülü bilgi işlem, kablosuz

iletişim, bulut tabanlı veri depolama ve paylaşılan birlikte çalışabilir protokollere sahip düşük maliyetli dağıtılmış sensörler içerir. Bu elemanlar duyarlı cephelere dahil edilebilmektedir. Bilgi teknolojisine dayalı duyarlı bir cephe, algılama ve çalıştırma elemanı olarak çalışan birimlerden oluşan birbirine bağlı panellerden oluşan bir sistemdir. Her bileşen, çevresindeki panellerin farkındadır ve komşularıyla verileri özgürce paylaşır. Bu yaklaşımın önemli bir avantajı ölçeklenebilirliğidir. Mevcut bir bileşenin çıkarılması veya yeni bir bileşenin eklenmesi bu cephe sistemi tarafından hemen tanınır ve yeni elemanlar derhal tüm montaja dahil edilir. Panellerden birinde herhangi bir hasar meydana gelirse, paneller çalışmaya devam eder [Decker and Zarzycki, 2013].

Merkezi olmayan kontrolün avantajları, yerel çevresel koşullara ayrı tepki, çoklu bağlantılı paneller arasında kolay ikame, her panelde çevresel verilerin verimli zaman hesabı, düşük maliyetli cephe bileşenleri, işlevsel ve kompozisyon özgürlüğüdür. Ancak bu sistemler bilgisayarlara bağımlı olduğundan, operasyonları bilgisayar arızalarına ve siber güvenlik risklerine karşı savunmasızdır [Decker and Zarzycki, 2013].

3.1.5. Akıllı Cephelerde Kullanılan Entegre Teknoloji

Yeni teknolojik gelişmeler, cephe sistemlerinin uzun ömür, kullanılan alan, ağırlık, güvenilirlik, güç kaynağından bağımsızlık, esneklik, sağlamlık ve yumuşaklık gibi özelliklerini etkilemiştir. Ayrıca harekete geçiren bileşenlerin tiplerindeki değişiklikler nedeniyle, cephe bileşenlerinin hareketi kayma (dikey/yatay), döndürme (dikey/yatay) ve geri çekilme hareketlerinden kendi kendini ayarlayan ve elastik (genleşme/daralma) hareketlerine dönüşmüştür. Yeni bir kontrol teknolojisinin kullanılması, kontrol sistemlerinde daha fazla verimlilik, tasarım esnekliği, kontrol edilebilirlik, yanıt verilebilirlik, bireysellik ve değişkenlik sağlamaktadır. Cephe sistemlerinin mekanik ve elektro-mekanik bileşenleri, tasarıma yönelik aktif ve sürdürülebilir bir yaklaşım sağlamıştır. Ancak bu birincil aktif yaklaşımın yerini mekanik veya elektro-mekanik sistemlerin dezavantajları nedeniyle pasif bir yaklaşım almıştır. Pasif sistemlerde kontrol edilebilirliğin olamaması sebebiyle, pasif ve aktif sistemlerin her ikisinin de avantajları ile entegre edilmesi yeni bir sistem önermektedir. Bu entegre teknoloji, elektro-mekanik, bilgi ve malzeme tabanlı teknolojiyi birlikte

kullanılmaktadır. Bu tür sistemlerde sensörler, aktüatörler ve kontrol sistemlerinin tümü gelişmiş malzemelerin gövdesine yerleştirilmiştir.

3.2. Akıllı Cephelerin Kullanılan Malzemeler Üzerinden Sınıflandırılması

Akıllı malzemeleri mimaride kullanılan geleneksel malzemelerden ayıran beş temel özellik geçicilik, seçicilik, dolaysızlık, kendi kendini harekete geçirme ve doğrudanlıktır. Bu özellikler gelen uyaranları optimize etmek veya ortamdaki sabit durum koşullarını korumak için potansiyel olarak kullanılabilir. Akıllı malzemeleri organizasyonlarına göre gruplandırmak gerekirse bunlar:

- **Yer Değiştirme Yeteneği**

Bu malzemeler, ortam koşullarındaki değişikliğe tepki olarak özelliklerinde (kimyasal, termal, mekanik, manyetik, optik veya elektriksel) değişiklik yaşanır. Bu değişiklikler ortam koşullarından kaynaklanabileceği gibi doğrudan bir enerji girişi ile de gerçekleşebilmektedir.

- **Enerji Alışverişi Yeteneği**

Bu malzemeler termodinamiğin birinci yasasına uygun olarak enerji korunumunu benimser ve tepkiyi oluşturabilmek adına çevreden aldığı girdi enerjisini başka bir forma dönüştürür.

- **Tersinirlik**

Yukarıda bahsedilen iki özellik aynı zamanda tersinirlik ya da çift yönlülük özelliği de gösterir. Aldığı girdi enerjisi ile ilk durumdan bir sonuca geçebileceği gibi tam tersine sonuç durumundan aldığı enerji ile ilk duruma da geri dönebilmektedir.

- **Ayrık Boyut/Konum**

Akıllı bir malzemeden oluşan bileşen veya eleman, özellik ve enerji değişikliği sonucu en verimli çalışacağı konuma yerleştirilir. Bu durum akıllı malzemeleri geleneksel malzemelerden ayıran en temel özelliktir.

Akıllı malzemeler iki grupta sınıflandırılmaktadır.

- Tip 1 – Özellik değiştiren malzemeler; Ortam koşullarındaki değişikliğe tepki olarak özelliklerinden birini (kimyasal, mekanik, optik, elektrik, manyetik veya termal) değiştiren ve bunun haricinde kontrole ihtiyaç duyamayan malzemelerdir.
- Tip 2 – Enerji değiştiren malzemeler; istenen son durumu gerçekteştirebilmek için bir enerjiyi bir biçimden diğerine dönüştüren malzemelerdir [Addington and Schodek, 2007].

3.2.1. Tip 1 – Özellik değiştiren malzemeler

Tip – 1 malzemeler kendi içerisinde 7 grupta incelenebilmektedir.

- Krom veya ‘Renk Değiştiren’ Malzemeler

Fiziksel veya kimyasal uyarılar sonucu renk özelliklerinde değişiklik gösteren malzemelerdir.

- Fotokromikler; ışığa maruz kaldığında renk değiştiren malzemelerdir.
- Termokromikler; sıcaklık değişimlerinden dolayı renk değiştiren malzemelerdir.
- Mekonokromikler; uygulanan gerilimler ve/veya deformasyonlar nedeniyle renk değiştiren malzemelerdir.
- Kemokromikler; belirli kimyasal ortamlara maruz kalındığında renk değiştiren malzemelerdir.
- Elektrokromikler; voltaj uygulandığında renk değiştiren malzemelerdir.
- Halokromikler; ortamın pH derecesine göre değişiklik gösteren malzemelerdir [Addington and Schodek, 2007; Orhon, 2012].

- Faz Değiştiren Malzemeler

Bir malzeme üzerindeki sıcaklık veya basınç değişikliği nedeniyle, bir halden diğerine geçebilmektedir. Bu durum faz değişikliği olarak adlandırılır. Faz değişim süreci ısı şeklinde bir enerjinin emilmesi, depolanması ve serbest bırakılmasını içermektedir. Belirli sıcaklıklarda katıdan sıvıya, sıvıdan gaza veya tam tersi bir faz değişimi meydana gelebilmektedir [Addington and Schodek, 2007]. Böylece, malzemenin bileşimine bağlı olarak enerjinin nereden emildiği veya salındığı tahmin edilebilmektedir. Faz değiştiren malzemeler hidrat tuzları, parafin ve yağ asitleri gibi

bileşenleri içermektedir. Bunlar büyük miktarda enerjiyi üzerinde tutar ve enerji döngüsü tersine de çevrilebildiği için sınırsız sayıda döngü gerçekleşebilmektedir. Enerji depolama özelliği ile mimari uygulamalarda pasif iklimlendirme de kullanılırlar [Micronal, 2006].

- İletken Polimerler ve Diğer Akıllı İletkenler

Polimerler, yalıtkan malzemeleri, malzemeye doğrudan eklenmesiyle iletken hale getirebilmektedir. Normalde yüksek derecede yalıtkan olan camlar polimerler sayesinde iletken olabilmektedir. Bazı iletken polimerler, mevcut ortamın kimyasal durumuna göre değişiklik göstermektedirler. Örneğin bir malzemelerin iyon yapısını değiştirerek genişleme, daralma veya bükülme gibi mekanik hareket oluşturabilmektedir.

- Reolojik Özellik Değiştiren Malzemeler

Reolojik terimi genellikle akan maddeleri, özellikle akışkanların ve viskoz malzemenin özelliklerini ifade etmektedir. Bu malzemelerin çoğu elektrik veya manyetik alana maruz kaldıklarında özelliklerini değiştirirler. Örneğin elektrik alanı uygulandığında malzemenin viskozitesi artarken uygulanan elektriksel alan kaldırıldığında özellikleri eski haline döner.

- Sıvı Kristal Teknolojileri

Sıvı kristaller özellikle ekranlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu sıvıdan geçen bir elektrik akımı kristallerin ışığın içinden geçemeyeceği şekilde hizalanmasına neden olmaktadır. Böylelikle bu ekranlar gölgeleme elemanı olarak kullanılabilir.

- Askıya Alınmış Parçacıklar

Bu parçacıklar elektrikle etkileşerek malzemenin opak rengini şeffaf bir renge çevirebilmektedir. Yeni durumun mevcudiyetinin korunması için sabit bir elektrik voltajının uygulanmasına gerek yoktur.

- Diğer Tip 1 Malzemeler

Özellik değişimini farklı şekilde gerçekleştiren malzemeler de mevcuttur. Örneğin şekil değiştiren jeller ve kristaller büyük miktarlarda suyu emme ve bunu

yaparken hacimlerini yüz kat arttırma kapasitesine sahiptir. Kuruduktan sonra genellikle deforme olmuş bir biçimde eski hallerine geri dönmektedirler [Addington and Schodek, 2007].

3.2.2. Tip 2 – Enerji değiştiren malzemeler

Belirli bir malzemenin enerji durumu, çevresindeki ortamın enerjisine eşit olduğunda o malzemenin dengede olduğu söylenebilmektedir. Bu durumda hiçbir enerji değiş tokuş edilmez. Malzeme farklı bir enerji durumundaysa, enerji alışverişi sağlanan bir potansiyel kurulur. Enerji alışverişi yapan akıllı malzemeler çoğu çift yönlüdür. Tüm enerji değişimleri atomik enerji seviyelerinde gerçekteşir. Örneğin, güneş radyasyonu bir fotovoltaik malzemeye çarptığında, foton enerjisi malzemenin atomları tarafından emilir. Enerjinin korunması gerektiğinden atomlardaki fazla enerji atomu daha yüksek bir enerji seviyesine geçişe zorlar. Bu seviyeyi sürdüremeyen atom, karşılık gelen miktarda enerji salar ve böylelikle fotovoltaik malzemeler elektrik enerjisi üretir. Tip – 2 malzemeler 6 başlık altında incelenmektedir.

- Işık Yayan Malzemeler

Bu malzemeler iki alt başlıkta incelenmektedir.

- Lüminesans, floresan ve fosforesans: Lüminesans terimi genellikle gelen enerjiden kaynaklanan ışık emisyonunu ifade eder. Işığa, görünür spekturumdaki dalga boylarında enerjinin yeniden yayılmasına neden olur ve elektronların daha yüksek bir enerji durumundan daha düşük bir enerji durumuna geri dönüşü ile ilişkilidir. Floresanlar, bir ‘siyah ışık’ ile yıkandıklarında özellikle parlak bir şekilde parlarlar. Emisyon daha yavaşsa veya birkaç mikrosaniye/milisaniye kadar gecikiyorsa fosforesans terimi kullanılır [Addington and Schodek, 2007].

- Elektrolüminesans: Bu malzemeleri etkileyen uyarı kaynağı, uygulanan voltaj veya elektrik alanıdır. Elektrolüminesans malzemeler neredeyse tüm ışık şeritleri ve paneller için kullanılmaktadır. Bu tip aydınlatmalar çok az güç çeker ve ısı üretmezler. Hareketli ve hassas parçalar olmadıkları için kolay kırılmazlar.

- Temel Yarı İletkenler

Bu tip malzemeler tam iletken veya yalıtkan olmasa da bazı safsızlıkların eklenmesiyle çok iyi elektrik iletkenliği kazanırlar. Bu safsızlıklar sayesinde elektron hareketlerinin hassas bir şekilde kontrol edilmesi sağlanmaktadır. Silikon en çok kullanılan temel yarı iletken malzemelerdendir. Temel yarı iletken malzemeler, çevre sıcaklıkları değiştiğinde ilginç özellikler gösterirler. Yarı iletken malzemelerin iletkenliği sıcaklıkla beraber artar.

- Fotovoltaikler, Ledler, Transistörler, Termoelektrikler

Fotovoltaikler; uygulanan bir voltaj yerine harici bir enerji girişi sağlayan bir kaynağı (genellikle güneş enerjisi) kullanırlar. Tipik güneş pillerinde gelen enerji malzemenin en üst katmanına çarpar. Böylelikle elektron seviyelerinde değişiklikler meydana gelir ve bu da elektrostatik kuvvetler nedeniyle bitişik elektronların hareket etmesine neden olur. Elektronların bu hareketi bir akım üretir. Ledler; esas olarak fotovoltaik etkilerin tersine dayanmaktadır. Led'ler içinden bir akım geçtiğinde ışıldayan yarı iletkenlerdir. Transistörler; benzer şekilde yarı iletken teknolojilere dayanmaktadır. Termoelektrikler kullanım alanlarına örnek olarak sıcak veya su üretmek için gereken voltajlarda kullanımı verilebilmektedir [Addington and Schodek, 2007].

- Piezoelektrik Etkiler ve Malzemeler

Bu cihazların tümü, malzemeye uygulanan mekanik kuvvet ile bir deformasyona neden olan bir voltaj içerir. Buna genel anlamda piezoelektrik etki denir. Bu malzemelere örnek olarak PZT (kurşun zirkonat titanat), polimer membran PVDF (polivinilinden florür) ve polimer köpük PP (polipropilen) verilebilir [Patel and Uzun, 2011]. Polarize bir kristale basınç uygulandığında, indüklenen mekanik deformasyonun bir elektrik yükü ile sonuçlanır. Birçok yeni geliştirilmiş polimer ve seramik gibi içinde doğal olarak kristal bulunan malzemeler bu özelliğe sahiptir. Piezoelektrik etki anlıktır küçük bir basınç veya elektrik akımından oldukça etkilenmektedir. Tersinir özellikte göstermektedir.

- Şekil Bellek Alaşımları

Birçok cihaz belirli bir tür alaşım malzemesinin önceden hafızaya alınmış veya önceden ayarlanmış bir şekilde geri döndürme veya hatırlama kabiliyetine sahip 'şekil hafıza' etkisi olarak adlandırılan bu tip malzemelere sahiptir. Bu karakteristik malzemenin faz dönüşümü özelliğinden kaynaklanmaktadır. Şekil hafızalı alaşımlarda

sıcaklığa bağlı ve tersine çevrilebilir bir katı hal faz değişimi meydana gelir. Nikel-titanyum alaşımları Şekil hafızalı uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu alaşımlar iki farklı sıcaklıkta farklı fiziksel özellik gösterirler. Yüksek sıcaklıkta güçlü ve sert iken düşük sıcaklıkta yumuşak ve sünektirler [Addington and Schodek, 2007]. Şekil bellek alaşımlarının en belirgin özellikleri yapı elemanlarını hareket ettirme özelliğidir. Bu sayede hareketli yapı kabukları oluşturmak mümkün olmaktadır [Orhon, 2012].

- Şekil Bellekli Polimerler

Alaşımlar Şekil hafızalı etkiler sergileyen tek malzeme değildir. Son zamanlarda polimerlerin de aynı etkiye sahip olması için birçok çalışma yapılmıştır. Polimerler bir dizi farklı formda kolayca üretilebildiği için uygulamaları oldukça basittir.

4.AKILLI CEPHE İLE KURGULANAN YÜKSEK OFİS YAPILARININ İNCELENMESİ

Bu başlık altında Türkiye’den ve dünyadan seçilen yüksek yapı örneklerinin cephe sistemleri incelenmiş ve sınıflandırılmıştır. Yapıları incelemeden önce cephede kullanılan ve bilinmesi gereken bazı terimler ve sistemler açıklanmıştır:

- Low-e Kaplamalı Cam

Cam malzemesi inşaat sektöründe bina iç mekanlarında gün ışığı, aydınlatma ve termal konforu daha iyi sağlamak adına sürekli gelişme göstermektedir. Bu performansı yakalamak için güneş ışınlarının pasif kontrolünü sağlamaya yardımcı olan low-e kaplamalar sıkça kullanılmaktadır. Low-e kaplamaya daha iyi anlamak için güneş spektrumlarını veya diğer bir deyişle güneşten gelen enerjiyi anlamak gerekmektedir.

Ultraviyole (UV) (Morötesi) ışın; kumaş ve duvar kaplamaları gibi iç mekân malzemelerinin zamanla solmasına, rengini kaybetmesine neden olur. Dalga boyu aralığı 310-380 nanometre aralığındadır. Görünen ışın; dalga boyu aralığı 380-780 nanometre arasında yer almaktadır. Infrared (IR) (Kızılötesi) ışın; binaya ısı enerjisi kazandırmaktadır. Dalga boyu 780 nanometreden başlamaktadır.

Low-e camlar görünen ışığın kalitesini ve miktarını değiştirmeden UV ve IR ışınlarının azaltılması üzerine geliştirilmiştir. Bunun için camlar mikroskobik incelikte şeffaf kaplamalar içermektedir. Bu kaplamalar istenmeyen ışınları ve enerjiyi yansıtılabilmektedir. Genel olarak iki farklı Low-e kaplamalı cam bulunmaktadır.

Pasif Low-e kaplamalı camlar; IR ışınlarının bir kısmının bina içerisine girmesine izin vermektedir. İç mekânda ise yansıtma kabiliyeti sayesinde enerji kaybını engellemiş olur. Bu yüzden özellikle soğuk iklimde bulunan yapılarda kullanımı tercih edilmektedir [Web 2, 2018].

Güneş kontrollü Low-e kaplamalı camlar; güneş ısısının büyük bir kısmını yansıtmakta ancak görünen ışığın içeri girmesine izin vermektedir. Bu camlar genellikle nemli ve sıcak iklim bölgelerinde bulunan binalarda kullanılmaktadır [Web 3, 2023]. Pasif ve güneş kontrollü camların performans etkinliğini ölçmek için kullanılan bazı terimler mevcuttur. Bunlar: Isı geçirgenlik kat sayısı, görünür ışık geçirgenliği, güneş ısı kazanç katsayısı ve güneş – ışık oranıdır. Isı geçirgenlik katsayısı (U-Değeri) (U-Value) ne kadar düşük ise camdan kaynaklı ısı kaybı o kadar

az olmaktadır. Görünür ışık geçirgenliği (VLT) (Visible Light Transmittance) camdan ne kadar görünür ışık geçtiğini belirtmektedir. Güneş ısı kazanç katsayısı (Solar Heat Gain Coefficient) (SHGC) ne kadar düşük ise cam iç mekâna ısı girişini o kadar azaltmaktadır. Güneş – ışık oranı (Light to Solar Gain) (LSG), SHGC/VLT değerini belirtmektedir [Web 2, 2018].

- Gümüş Kaplamalı Cam

Gümüş kaplama bir Low-e cam türüdür. Gümüş tuzu cam yüzeyinde biriktirilerek oluşturulmaktadır. Bu kaplama yansıtıcı özelliktedir ve böylelikle dışarıdan fazla güneş enerjisi girişi veya içeriden dışarıya enerji kaçıışı engellenmektedir [Karasu ve Sarıcaoğlu, 2018].

- Filmlili Cam

Filmlili cam farklı bileşenlerden (boya, pigment, metal, seramik veya nano) oluşan ve gizlilik, güneş kontrolü, emniyet ve güvenlik gibi farklı amaçlar ile kullanılan bir cam türüdür [Web 4, 2012].

- Fritli Cam

Frit çeşitli hammaddelerden oluşan ve fırınlarda pişirilerek, ardından hızlıca soğutularak granül ve camsı ince parçalar şekline getirilen camın kırık bir formudur. Cam fritle kaplandığında içinde bulunan zirkonyum seviyesine göre cama opaklık kazandırmaktadır [Web 5, 2020].

- Lamine Cam

Lamine camlar iki veya daha fazla katman polivinil bütiral (PVB) veya benzeri bir malzeme ile bir araya getirilerek güvenlik amacıyla üretilmektedir. Bu camlar kırılmaya, patlamaya, darbelere ve hatta yangına karşı karşı dayanıklıdır ve çeşitli seviyelerde performans gösterebilmektedir [Sev vd., 2004; Eşsiz, 2004; Sev ve Özgen, 2003].

- Dikroik Kaplamalı Cam

Dikroik kaplamalar, ışığın dalga boylarından bazılarını geçirerek bazılarını yansıtılmaktadır. Durum sonucunda ışığı spektral renkler içine bölmekte ve çeşitli optik

etkilerin oluşmasına neden olmaktadır. Estetik bir etki için mimaride kullanılmaktadır [Karasu ve Sarıcaoğlu, 2018].

- Yer Deplasmanlı Havalandırma

Yer deplasmanlı havalandırma (DH), havanın ortama döşemeden verilip tavandan emilmesi ile çalışan havalandırma sistemidir. Isınan ve kirlenen hava yükselir ve tavandan emilirken, soğuk ve taze hava zeminden yaşam bölgesine verilir. Böylece kirli ve temiz havanın birbirine karışması önlenmektedir. Sistemin fazla kullanıcısı olan ve tavan kotunun yüksek olduğu mahallerde uygulanması en verimli sonucu sağlamaktadır [Biner, 2003].

- Damla Havalandırma (Trickle Vent) Sistemi

Damla havalandırma tüm binanın havalandırma gereksinimlerini karşılamak için tasarlanmış küçük bir havalandırma açıklığı olarak tanımlanmaktadır. Sistem diğer havalandırma biçimlerinden farklı olarak pencere veya cephe çerçevesine dahil edilmekte ve doğal havalandırma sağlamaktadır. Dışarıdan toz, böcek ve kuş geçişini engellemek adına delikli bir ekran arkasına yerleştirilebilmektedir. Genellikle sert rüzgarları ve türbülansı kontrol ederek taze havayı dışarıdan içeriye aktarabilmektedir.

Damla havalandırma tipleri taze hava ihtiyacına göre açık ve kapalı konumlarının yanı sıra ara konumlarda da bulunmaktadır. Açma, kapama ve diğer pozisyonlar kanatlar yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Ayrıca sistemin bina otomasyon sistemine entegre edilmesi bina performansını önemli ölçüde arttırmaktadır. Bina yönetim sistemine bağlı damla havalandırma sistemi, iç ortam sıcaklığı, rüzgâr hızı ve yönüne göre kontrol edilmektedir. Bina kontrol sistemi çevre verilerini toplayarak gerekli durumlarda sisteme haber vermekte ve cepheye bağlı kapakçıkların durumunu belirleyebilmektedir [Biler et al., 2018].

- Çapraz Havalandırma

Yapının bulunduğu konumda rüzgârın bina üzerine aktığı yüzeyler arasında basınç farkı oluşmaktadır. Bu durumda cephenin yüksek basınç bölgesindeki alanlarına hava girişleri, alçak basınç bölgesindeki alanlara hava çıkışları yerleştirilerek sağlanan havalandırma şeklidir [Bulgurcu, 2014].

- Solar Trijenerasyon Soğutma Sistemi

Trijenerasyon sistemi, ısıtma, soğutma ve güç üretiminin aynı anda yapıldığı sistemlerdir. Sistemde amaçlanan güç üretilen santralden çevreye atılan ısının verimli bir şekilde kullanılmasıdır. Bu amaçlar, kurutma, konut ısıtması, ek güç üretimi ve soğutma olabilmektedir. Solar trijenerasyon sisteminde güç üretmek için kullanılan enerjinin tamamı veya bir kısmı güneş enerjisinden elde edilmektedir. Bu sayede enerji verimliliği ile karbondioksit ve sera gazı etkisinde azalma gözlemlenmektedir [Kızılkın ve Akbaş, 2016].

- Radyant Soğutma Sistemi

Radyant soğutma literatürde, soğuk tavanlar, panel soğutma ve ısıtma sistemleri gibi farklı adlarla da anılmaktadır. Radyant soğutma, ısı yayan bir kaynaktan yayılan dalgaların ışıması ile o kaynağın etrafındaki ortamdan ısı çekmesi sonucu sıcaklığının düşmesi prensibi ile çalışmaktadır. Ortam içerisinde bulunan hava bu kaynağa temasta bulunduğu konveksiyonel olarak ısısının bir kısmını kaybederek soğuması prensibi ile çalışmaktadır. [Özgür vd., 1999].

4.1. Türkiye'deki Örneklerin İncelenmesi

Yüksek yapı cephelerindeki teknolojik gelişmeler 2000 yılları sonrasında büyük bir hız kazanmıştır. Yeni teknolojilerin ve malzemelerin incelenmesi adına son 10 yılda yapılmış yapılar incelenmiştir. Bu bağlamda ülkemizde bulunan, yapımı 2010 yılı ve sonrasında tamamlanmış veya yapımı devam eden yüksek yapılardan bilgisine erişilebilen 10 tanesi seçilmiştir. Seçilen yapıların cephe sistemleri incelenerek kullanılan teknolojilere göre sınıflandırılmıştır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Türkiye üzerinde araştırılmak üzere seçilen yüksek yapı künyeleri.

<i>Yapı adı</i>	<i>Yer</i>	<i>Bitiş Tarihi</i>	<i>Yükseklik</i>	<i>Kat Sayısı</i>	<i>Mimar</i>
<i>1.Nidakule Göztepe</i>	Göztepe	2013	116 m	33 kat	Ergün Mimarlık
<i>2.Allianz Kule</i>	Ataşehir	2014	186 m	44 kat	FXFOWLE/Fehmi Kobal Design
<i>3.İstanbul Kulesi 205</i>	Levent	2019	220 m	54 kat	SOM

Tablo 4.1: Devam.

4.Maslak No. 1 Kulesi	Sarıyer	2015	90 m	20 kat	Emre Arolat Mimarlık
5.Soyak Kristal Kule	Levent	2014	169 m	32 kat	Pei Cobb Fred & Partners
6.Skyland	Sarıyer	2017	284 m	65 kat	Broadway Malyon
7.Zorlu Levent 199	Levent	2014	170 m	43 kat	Tabanlıoğlu
8.Vakıfbank Genel Müdürlük Kulesi	Ataşehir	Devam ediyor.	221 m	52 kat	Tabanlıoğlu
9.Palladium	Ataşehir	2014	180 m	43 kat	Swanke Hayden Connel
10.AND Kozyatağı	Kadıköy	2015	110 m	26 kat	HPP International

4.1.1. Nidakule Göztepe



Şekil 4.1: Nidakule Göztepe.

Tablo 4.2: Nidakule bina künyesi.

<i>Bina Adı</i>	Nidakule Göztepe
<i>Yeri</i>	Kadıköy, İstanbul
<i>Bitiş Tarihi</i>	2013
<i>Yükseklik</i>	116 m
<i>Kat Sayısı</i>	33 Kat
<i>Mimar</i>	Ergün Mimarlık
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Betonarme

Nidakule İstanbul Kadıköy'ün Göztepe semtinde inşa edilmiş bir yüksek ofis binasıdır (Şekil 4.1)- [Web 6, 2013]. Anadolu yakasının en önemli aksı olan E-5 otoyolu üzerinde bulunan yapı, çevrenin ulaşım yükü ve yeşile olan ihtiyacını dikeyde yükselen ve ulaşım entegre olmuş yalın bir yapı tasarımı ile sağlamaya çalışmıştır [Web 6, 2013].

Yapının cephesi; alüminyum güneşlikler ile camın bir araya gelerek pasif olarak güneş kontrolü sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 4.2: Nidakule cephesi.

Barkodu andıran bu alüminyum güneşlikler yapının cephesinin güneş ile ilişkisi ve iç mekandaki insan gözünün ayakta ve otururken bulunduğu konum göz önüne alınarak tasarlanmıştır (Şekil 4.2). Bunun için oluşturulan bilgisayar kodu sayesinde optimum performans sağlayan olasılıklar tespit edilmiştir. Her cephede farklı bir örüntü ile bir araya gelen alüminyum bantların sıklığı, yüksekliği ve yüz ölçümü cephenin güneş alışı değerlerine göre değişiklik göstermiştir. Cephe sürekliliğini bozmadan sıklık değerleri değiştirilerek oluşturulan gölgeleme elemanlarının birleşimi düşeyde bina yüksekliğince devam eden bir yırtıkla sağlanmıştır [Web 6, 2013]. Aşağıdaki tabloda yapıda kullanılan cephe teknolojileri verilmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: Nidakule Göztepe’de kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler					Cephede Kullanılan Malzemeler	
Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren



4.1.2. Allianz Kule



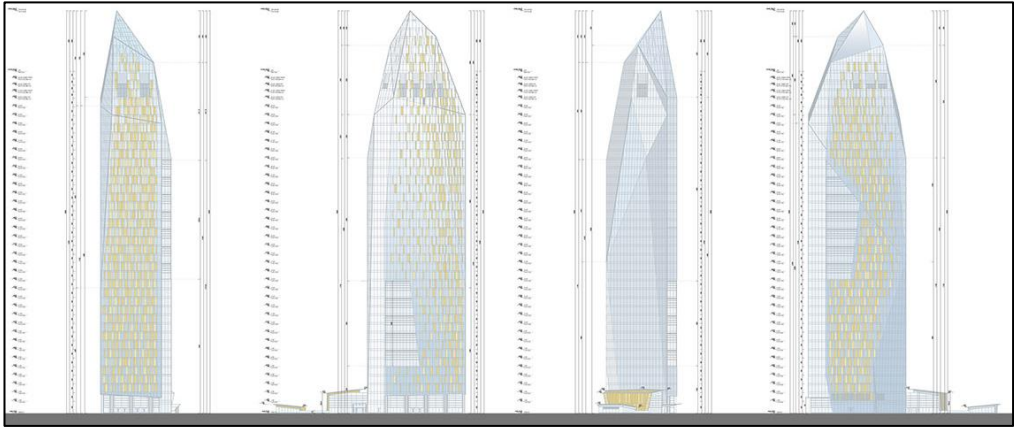
Şekil 4.3: Allianz Kule.

Tablo 4.4: Allianz Kule bina künyesi.

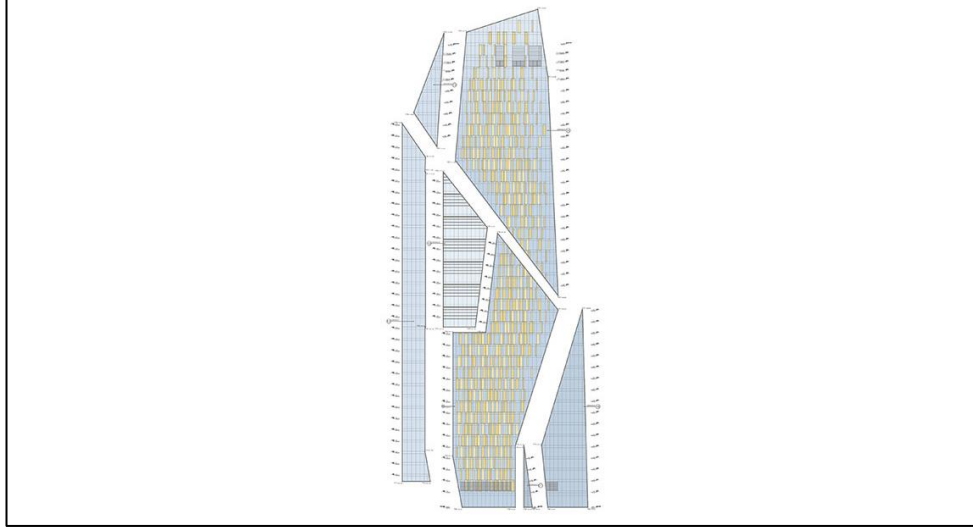
<i>Bina Adı</i>	Allianz Kule
<i>Yeri</i>	Ataşehir, İstanbul
<i>Bitiş Tarihi</i>	2014
<i>Yükseklik</i>	186 m
<i>Kat Sayısı</i>	40 Kat+4 Bodrum
<i>Mimar</i>	FXFOWLE, Fehmi Kobal Design
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Betonarme

Allianz Kule İstanbul'un Ataşehir ilçesinde bulunan çok katlı bir ofis binasıdır. Bina tasarımı New York tabanlı mimarlık firması FXFOWLE ve Türk mimarlık ofisi Fehmi Kobal Design tarafından yapılmıştır (Şekil 4.3)- [Web 8, 2014]. Yapıda bina sakinleri için daha konforlu ve keyifli bir iç ortam sağlamak adına yüksek performanslı stratejiler kullanılmıştır. Türkiye'de LEED platin sertifikası alan ilk yüksek yapıdır [Kaplan et al., 2015].

Yapı cephesi Osmanlı geometrik motiflerinden ilham alınarak düzenlenmiş kristalimsi yontulmuş dikilitaş formundadır (Şekil 4.4)- [Web 8, 2014] [Web 7, 2013]. Cephe optimum güneş kontrolü sağlamak adına 33 derece döndürülmüştür. Böylelikle 40 farklı kat planı, 36 tip cephe yüzeyi ve 60'tan fazla farklı açısız bölgeye sahip cam kullanılmıştır (Şekil 4.5)- [Web 8, 2014].



Şekil 4.4: Allianz Kule cephe görünüşleri.



Şekil 4.5: Allianz Kule cephedeki farklı açılı yüzeyler.

Isıtma ve soğutma yüklerini azaltmak adına cephe low-e kaplamalı renklendirilmemiş bir giydirme cepheden oluşmaktadır. Bu sayede binanın temel ısı performansı %26 iyileştirilmiştir. Dış cephenin %80'ini oluşturan cam giydirme cephe güneş kontrolü için pasif gölgeleme elemanlarının varlığını zorunlu kılmıştır. Tasarım ekibi yapının tüm cephelerini SEFAIRA ve Ecotect gibi modelleme programlarını kullanarak test etmiş ve gölgeleme elemanlarının yeri ve yoğunluğunu belirlemiştir. Dış gölgeleme elemanı yapının güney cephesinin yaklaşık %50'sini kaplamakta ve kuzeye doğru gidildikçe bu oran sıfıra doğru inmektedir. Yerleştirilen paneller 50 mm kalınlığında ve %50 yoğunlukta delikli alüminyum parçalardan oluşmaktadır ve cam giydirme cepheden 300 mm uzaklığa yerleştirilmiştir. Bu paneller güneşi %18 oranında azaltmaktadır [Kaplan et al., 2015]. Yapıda low-e kaplamalı cam kullanımı ve dış alüminyum gölgelikler ile yapı pasif olarak güneş koruması sağlamaktadır.

Yapı havalandırma için yer deplasmanlı havalandırma sistemi kullanmaktadır. Bu sistemde dışarıdan alınan hava yükseltilmiş döşeme altında depolanarak ortama yerden verilir (Şekil 4.6)- [Kaplan et al., 2015]. Böylelikle ısınan ve kirlenerek yükselen hava tavandan alınarak temiz ve kirli havanın karışması önlenmektedir. Bu sistem daha düşük enerji harcadığından ötürü diğer havalandırma sistemlerine göre daha fazla enerji tasarrufu sağlamaktadır [Web 9, 2014].



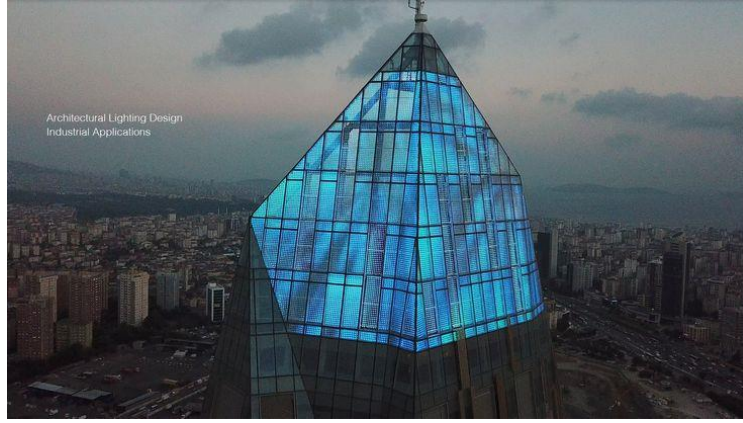
Şekil 4.6: Allianz Kule cephe ve havalandırma birleşim detayı.

Allianz Kule'nin doğu, batı ve güney cephelerinde kat bahçeleri bulunmaktadır. İki kat yüksekliğinde olan bu bahçeler kirli havanın dışarıya atılması ve cephe panjurlarından taze hava almak için tasarlanmıştır. Bu panjurlar elektro-mekanik olarak kontrol edilmektedir. Ayrıca bu bahçeler iklimlendirme için termal bir tampon bölge de oluşturmaktadır (Şekil 4.7)- [Web 8, 2014] [Web 7, 2013].



Şekil 4.7: Allianz Kule kat bahçeleri.

Yapıda kullanılan bir diğer akıllı özellik kule kısmına yerleştirilmiş olan led ekranlı camlardır. Enerji değiştiren bir malzeme olan led ekranlar bir bilgi ağı sistemi ile kontrol edilmekte ve tanıtım, reklam ve özel günlerde yayın yapmak için kullanılmaktadır (Şekil 4.8)- [Web 10, 2015].



Şekil 4.8: Allianz Kule cephe tipi led ekran uygulaması.

Tablo 4.5: Allianz Kule’de kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler					Cephede Kullanılan Malzemeler	
Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren
	✓	✓	✓	✓		✓

4.1.3. İstanbul Kulesi 205



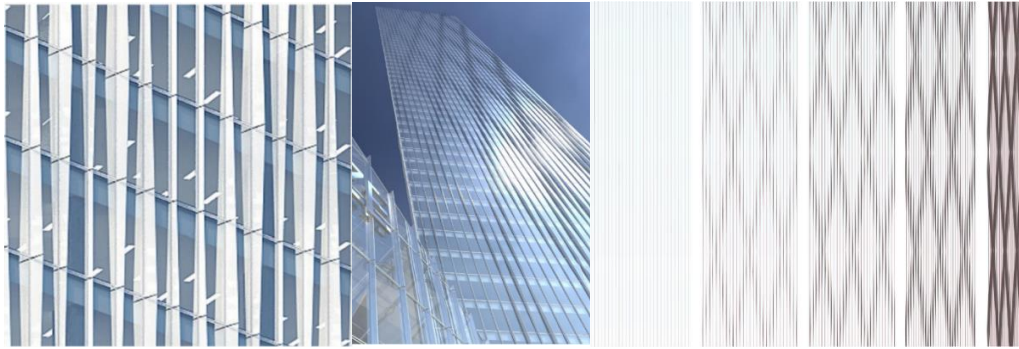
Şekil 4.9: İstanbul Kulesi 205.

Tablo 4.6: İstanbul Kulesi 205 bina künyesi.

<i>Bina Adı</i>	İstanbul Kulesi 205
<i>Yeri</i>	Şişli, İstanbul
<i>Bitiş Tarihi</i>	2010
<i>Yükseklik</i>	220 m
<i>Kat Sayısı</i>	54 Kat
<i>Mimar</i>	SOM
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Beton ve Çelik Kompozit

SOM mimarlık tarafından tasarlanan İstanbul Kulesi 205, İstanbul'un Şişli ilçesinde bulunmaktadır. Selçuklu mimarisinden ilham alan yapı çevre dostu ve enerji tasarrufu sağlayıcı birçok stratejiyi içermektedir. 2019 yılında yapımı tamamlanan yapı LEED Gold sertifikaya sahiptir (Şekil 4.9)- [CTBUH, 2019].

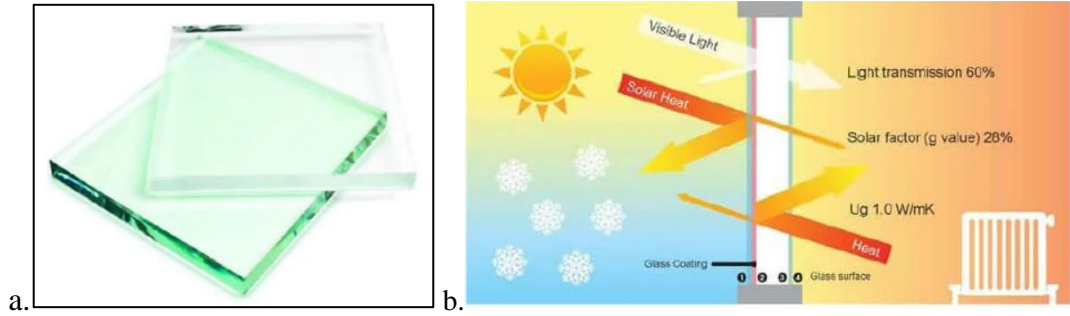
Kule cephesi, dışta gölgeleme elemanları bulunan bir birleşik perde duvar sistemi içermektedir. Kulakçık olarak tanımlanan 3 boyutlu parçalar gölgeleme elemanlarını oluşturmaktadır. Bu kulakçıklar ofis alanlarını doğrudan güneş ışığından korurken, panoramik manzarayı iyileştirmek ve doğal gün ışığını en üst düzeye çıkarmak için tasarlanmıştır. Kulakçıklar birbirine eklemlenerek kapitone bir desen oluşturmakta ve böylelikle yaya ve araçlar bina etrafında hareket ederken yapı cephesi farklı algılanmaktadır (Şekil 4.10)- [Web 11, 2019].



Şekil 4.10: İstanbul Kulesi 205 cephesinde kullanılan 3 boyutlu kulakçıklar.

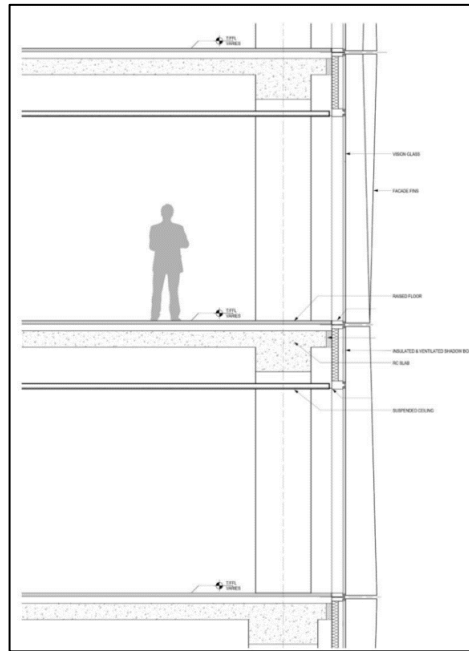
Cephede kullanılan perde duvar ultra şeffaftır ve üçlü bir gümüş kaplama ile kaplanmıştır. Doğal gümüş tonu sağlanması için düşük demir içeriği kullanılmıştır (Şekil 4.11)- [Web 11, 2019]. Bu sayede minimum %60 ışık, maksimum %30 enerji geçirgenliğine sahiptir. Camlar binaya maksimum ışık sağladığından büyük enerji

kayıplarını önlemektedir. Yapı kulakçık ve üçlü gümüş kaplamalı giydirme cephe ile pasif olarak güneşten korunmaktadır.



Şekil 4.11: a. İstanbul Kulesi 205’te kullanılan kaplamalı cam, b. İstanbul Kulesi 205 kaplamalı cam diyagramı.

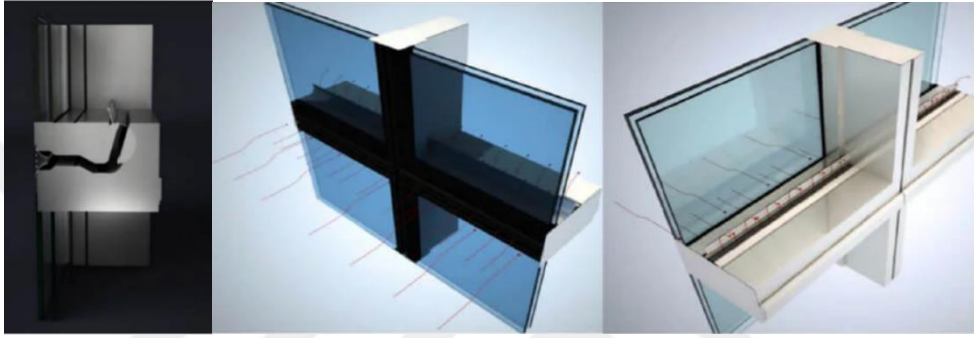
Kulede akıllı doğal havalandırmalı bir cephe sistemi kullanılmıştır (Şekil 4.12)- [Web 11, 2019]. Bu sistem doğal hava sirkülasyonu yaratırken aynı zamanda dış gürültüyü izole etmektedir. Bina otomasyonu ile tam entegre damla havalandırma sistemi (Trickle vent) temiz hava kalitesinin yanı sıra son derece verimli iş ortamı sağlamaktadır (Şekil 4.13)- [Web 11, 2019]. Bina otomasyonu ile tam entegre oluşu sayesinde rüzgârın ve basıncın durumunu inceleyip algılayan bir bilgi teknolojisine ve cephedeki kapakların açılıp kapanmasını sağlayan elektro-mekanik teknolojiye sahiptir.



Şekil 4.12: İstanbul Kule 205 cephe detayı.

Damla havalandırma sisteminin avantajları;

- Otomatik cephe doğal havalandırma sistemi,
- Kullanıcı kontrol ve otomasyon sistemi,
- İç hava kalitesi,
- Özel aerodinamik ve akustik tasarım,
- Daha düşük havalandırma maliyetleriyle enerji verimliliği olarak sıralanabilmektedir [Web 11, 2019].



Şekil 4.13: Damla havalandırma sistemi.

Aşağıdaki tabloda yapıda kullanılan cephe teknolojileri verilmiştir (Tablo 4.7).

4.7: İstanbul Kulesi 205'te kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler					Cephede Kullanılan Malzemeler	
Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren
	✓	✓	✓	✓		

4.1.4.Maslak No:1 Kulesi

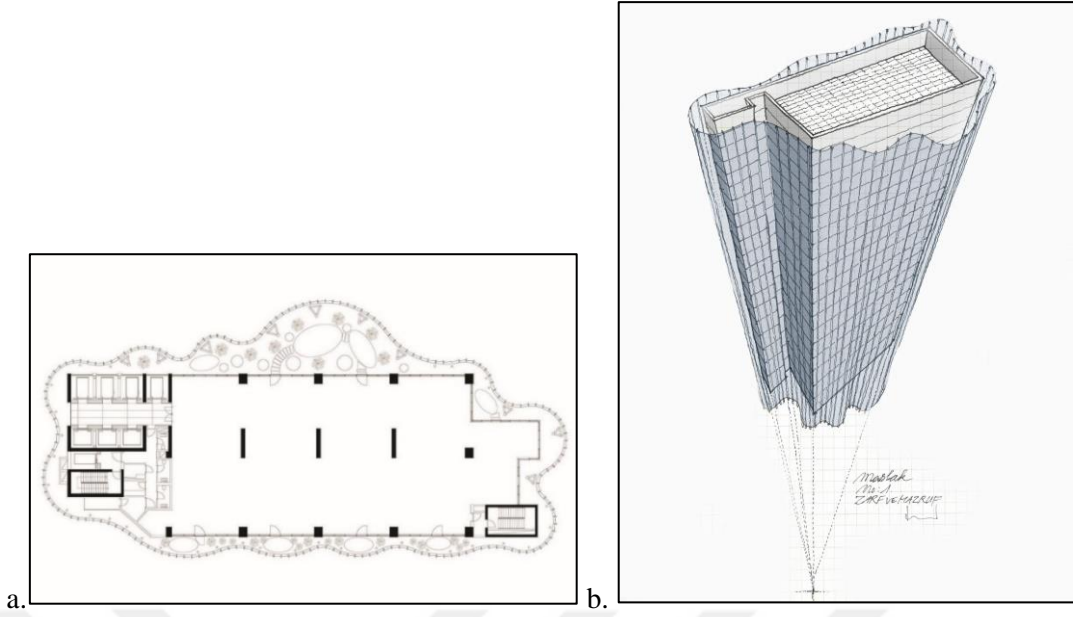


Şekil 4.14: Maslak No:1 Binası.

Tablo 4.8: Maslak No:1 bina künyesi.

<i>Bina Adı</i>	Maslak No:1
<i>Yeri</i>	Sarıyer, İstanbul
<i>Bitiş Tarihi</i>	2015
<i>Yükseklik</i>	90 m
<i>Kat Sayısı</i>	20 + 6 Kat
<i>Mimar</i>	Emre Arolat Mimarlık
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Betonarme

Maslak No:1 ofis kulesi, İstanbul'un önemli iş bölgelerinden biri olan Maslak Büyükdere Caddesi üzerinde bulunmaktadır (Şekil 4.14)- [Web 12, 2015]. Yapı 2015 yılında tamamlanmıştır ve 'LEED Core and Shell Gold' sertifikasına sahiptir. Bina 8,25 m x 8,25 m uzunluğunda bir blok ve onun etrafını dönen şeffaf bir cephe olarak tasarlanmıştır. Cephe 150 cm x 200 cm ölçülerinde dikdörtgen modüllerden oluşmaktadır ve eğriselliğini yanında bulunan otoyoldan almaktadır (Şekil 4.15)- [Web 12, 2015].



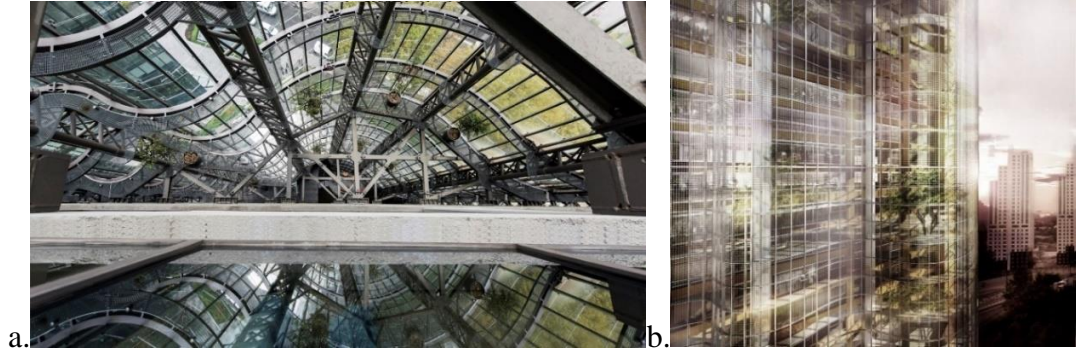
Şekil 4.15: a. Maslak No: 1 kat planı b. Cephe yerleşimi.

Cam üzerine uygulanan yarı saydam film güney cepheye gittikçe opaklaşmaktadır [Web 12, 2015]. Film üzerindeki noktaların yoğunluğu güneş ve gölge kontrolü sağlarken, aynı zamanda göz hizasında manzarayı panoramik görebilmek için parametrik olarak tasarlanmıştır (Şekil 4.16)- [Web 12, 2015] [Web 13, 2016]. Yapı bu sayede güneşten pasif olarak korunmaktadır.

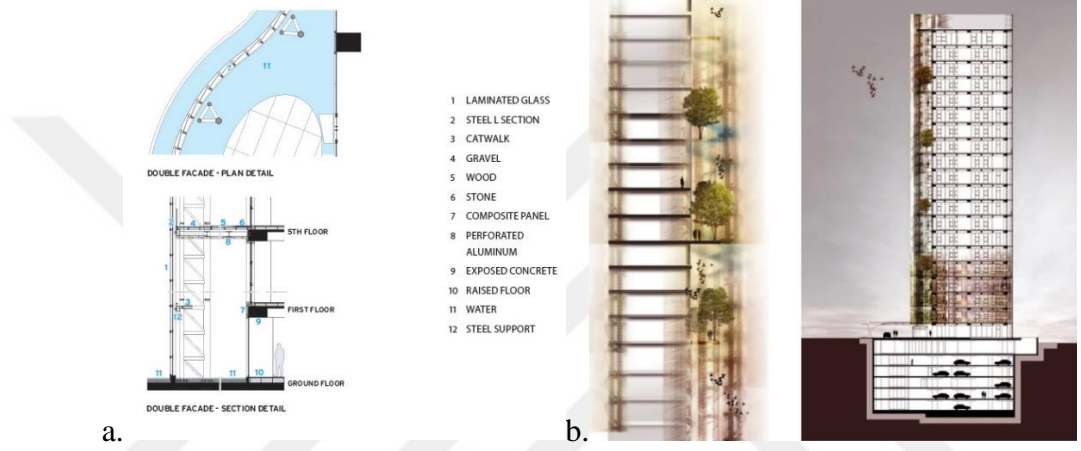


Şekil 4.16: Maslak No: 1 filmli cephesi.

Eğrisel cephe iç ofis bloğundan 17 metreye kadar ayrılarak, 20 m yüksekliğe ulaşan iç bahçelerin oluşumuna izin vermektedir (Şekil 4.17)- [Web 12, 2015]. Dinlenme alanı olarak da kullanılan bu iç bahçeler ayrıca akustik ve iklimsel bir tampon bölge görevi de görmektedir (Şekil 4.18)- [Web 12, 2015].



Şekil 4.17: a. Maslak No:1 iç mekan görünümü, b. Dış mekan görünümü.



Şekil 4.18: a. Maslak No:1 yapı kesiti, b. Cephe kesitleri.

Cephe panellerinin yerleşiminden kaynaklanan gözenekli yapı sayesinde doğal hava akışına izin verilir ve açılabilir mekanik pencerelerle uygun mevsimlerde doğal havalandırmayı mümkün kılınmaktadır. Aşağıdaki tabloda yapıda kullanılan cephe teknolojileri verilmiştir (Tablo 4.9).

Tablo 4.9: Maslak No:1’de kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler					Cephede Kullanılan Malzemeler	
Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren
✓		✓				

4.1.5. Soyak Kristal Kule



Şekil 4.19: Soyak Kristal Kule.

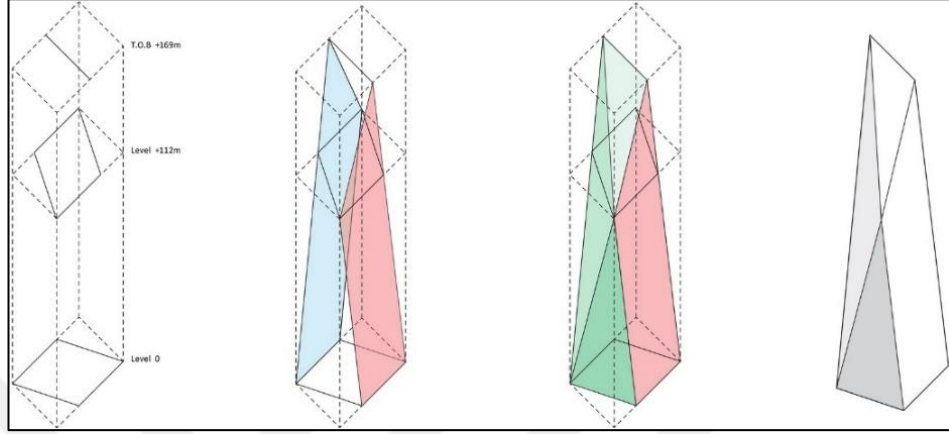
Tablo 4.10: Soyak Kristal Kule bina künyesi.

<i>Bina Adı</i>	Soyak Kristal Kule
<i>Yeri</i>	Levent, İstanbul
<i>Bitiş Tarihi</i>	2014
<i>Yükseklik</i>	169 m
<i>Kat Sayısı</i>	32 Kat
<i>Mimar</i>	Pei Cobb Fred & Partners
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Betonarme

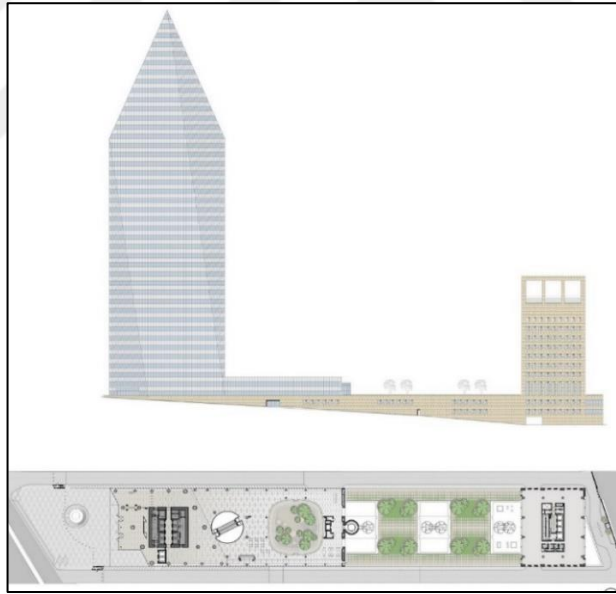
İstanbul'un yeni merkezi iş bölgesinde bulunan Kristal Kule kompleksi, birbirinden çok farklı iki kentsel bağlamı ve çeşitli bileşenleri bir araya getirmektedir. Bina İstanbul'un en önemli kavşağı üzerinde yer almakta ve dinamik biçimiyle, metropolün farklı noktalarından sürprizli ve farklı görünümler sunmaktadır. İstanbul'un çeşitli noktalarından bakışın yanı sıra önemli karayollarından yaklaşımı da kentlilere sürekli değişen bir görünüm sağlamaktadır (Şekil 4.19)- [Web 14, 2016].

Planda yan cepheler arsa sınırına paralel kalırken Büyükdere Caddesi'nin açısı dikkate alınarak paralelkenar bir plan düzeni oluşturulmuştur (Şekil 4.20)- [Web 14, 2016]. Arsa sınırlarına uyumlu olarak oluşturulan bu paralelkenarların hassas geometrik parametrelere uygun olarak açılarının değiştirilmesi sonucunda 14. katta bir

altıgene ve 28. katta ters açıda bir paralelkenara dönüşmesiyle elde edilen cephe yüzeylerinin oluşturduğu simgesel form, farklı noktalardan bakışta kentlilere sürprizli perspektifler sunarak mimari tasarım hedefini sağlamaktadır (Şekil 4.21)- [Web 14, 2016] [Web 15, 2016].



Şekil 4.20: Soyak Kristal Kule cephe formu.



Şekil 4.21: Soyak Kristal Kule görünüş ve cephe.

QNB Finansbank Kulesi olarak da bilinen Soyak Kristal Kule'nin cephesi, kullanılan çift gümüş kaplamalı güneş kontrol camı sayesinde pasif özellik gösteren akıllı bir cephe görevi görmektedir [Web 16, 2018]. Ayrıca bina bilgi teknolojisine bağlı olan bir otomasyon sistemi ile kontrol edildiğinden, güneş ve gün ışığı yönlerine göre perdeleri otomatik olarak ayarlanabilmektedir. Elektro-mekanik hareket eden

perde, kontrol sistemlerine göre gün ışığı, gün ışığı sensörleri ile kontrol edilerek gün doğumu ve gün batımı değerlerine göre enlem ve boylamlara bağlı olarak otomatik gölgeleme sağlanarak maksimum verim elde edilmektedir. Ayrıca bina yapısı gereği bina sakinlerinin konforunu sağlamak için batı cephesinin perde ayarları tamamen farklı oluşturulmuştur. Böylece aynı katta çalışan kişiler rahatça çalışabilmekte ve gerekli miktarda gün ışığına sahip olabilmektedir. Öte yandan binanın havalandırması da havanın karbon miktarını tespit eden otomasyon sistemi tarafından kontrol edilmekte ve gerekirse fazla hava temin edilmekte veya havasız bırakılmaktadır [Akta, 2020]. Aşağıdaki tabloda yapıda kullanılan cephe teknolojileri verilmiştir (Tablo 4.11).

Tablo 4.11: Soyak Kristal Kule’de kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler				Cephede Kullanılan Malzemeler		
Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren
	✓	✓	✓	✓		

4.1.6. Skyland Ofis Kulesi



Şekil 4.22: Skyland.

Tablo 4.12: Skyland bina künyesi.

<i>Bina Adı</i>	Skyland
<i>Yeri</i>	Sarıyer, İstanbul
<i>Bitiş Tarihi</i>	2017
<i>Yükseklik</i>	284 m
<i>Kat Sayısı</i>	65 Kat
<i>Mimar</i>	Malyon Broadway
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Betonarme

Skyland Ofis Bloğu 504 adet ofisten oluşmaktadır. Cephe tasarımındaki amaç mümkün olduğunca ekonomik ve kaynak korumalı yüksek etkili cephe geliştirmektir (Şekil 4.22)- [Web 17, 2018]. Bu sayede pasif olarak güneş kontrolü sağlanmaktadır. Ayrıca yerel kaynakların kullanımı da önemsenmiştir [Özbek, 2020].

Bilgi teknolojisi kullanılarak oluşturulan ısıtma – soğutma, perde ve güneş kontrolü hem oda içinde bulunan dokunmatik otomasyon sistemi üzerinden kontrol edilebilirken aynı zamanda akıllı telefonlar ile uygulamalar üzerinden uzaktan kontrol de sağlanmaktadır. Ofisin her odasında birbirinden bağımsız çalışan perde ve panjur sistemlerinin yanında kısıtlı açıda açılabilen elektronik pencereler bulunmaktadır. Konutun, perde ve panjur sistemi ortak bir işlem merkezinden bilgi alarak iklim durumuna göre bir eylem planı oluşturmaktadır. Oluşturulan eylem planında daire sıcaklığını stabil tutmaktan herhangi bir gaz kaçağında en hızlı şekilde zehirli gazı tahliye edecek şekilde ayarlanmıştır [Akyazıcı, 2019]. Aşağıdaki tabloda yapıda kullanılan cephe teknolojileri verilmiştir (Tablo 4.13).

Tablo 4.13: Skyland’de kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler					Cephede Kullanılan Malzemeler	
Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren
	✓	✓	✓	✓		

4.1.7. Zorlu Levent 199



Şekil 4.23: Zorlu Levent 199.

Tablo 4.14: Zorlu Levent 199 bina künyesi.

<i>Bina Adı</i>	Zorlu Levent 199
<i>Yeri</i>	Levent, İstanbul
<i>Bitiş Tarihi</i>	2014
<i>Yükseklik</i>	170 m
<i>Kat Sayısı</i>	43 Kat
<i>Mimar</i>	Tabanlıoğlu
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Betonarme

Zorlu Levent 199 binası, İstanbul'un önemli finans bölgelerinden birinde bulunmaktadır (Şekil 4.23)- [Dörter, 2015]. Yapı ana caddeye paralel olarak yerleştirilmiştir. Bu nedenle kapladığı alan bir paralelkenar oluşturmaktadır. Kompleks 41 ofis katına sahip 170 metrelik ana ofis kulesinden ve ofis bloğunun kuyruğu gibi alçak katlı zikzak şeklindeki uzun bir ana bloktan ve köprülerle birbirine bağlanan daha küçük bloklardan oluşmaktadır. Binaya üç yönde birden fazla girişle

ulaşılmakta olup, bulvar tarafından kulenin arkasındaki az katlı yapının uzantısı olan şeffaf giriş kutusu oluşturulmuştur (Şekil 4.24)- [Dörter, 2015].



Şekil 4.24: Zorlu Levent 199 yapı cephesi.

Bina hem dikey hem de yatay formlarda bölmeler halinde olacak şekilde tasarlanmıştır [Web 18, 2015]. Geometrik formdaki girintiler, 4 farklı ofis bölgesini ayıran 3 ortak alanı farklılaştırmıştır; iki bloğun kesişme noktalarında oluşan çentikler toplantı odaları, bakım tesisleri ve iç bahçe olarak kullanılmaktadır. Açık hava podyumları ofis kullanıcılarının temiz hava ihtiyacını karşılamak için ayrılmıştır. Ayrıca optimum çevreye sahip kulenin formu; yapının tek ve kalın standart bir bloktan ziyade daha kırılğan bir izlenim vermesini sağlamıştır.

Dış cephe ısı bariyerli silikon modüler panel sistemler kullanılarak tasarlanmıştır. Bina yoğun trafik gürültüsüne maruz kalan Büyükdere Caddesi üzerinde yer alması sebebiyle, dış cephe akustik testler aracılığıyla belirlenen ses yalıtım özelliklerine göre tasarlanmıştır. Cephe ve cephe aydınlatma tasarımı

sürecinde, kule bloğuna enerji değiştiren bir malzeme olan led üniteler dahil edilmiştir. Bu proje için özel üretilen paneller yatay bant alüminyum güneş kontrol elemanlarını taşıyacak şekilde üretilmiştir (Şekil 4.25)- [Dörter, 2015]. Yapı böylelikle pasif olarak güneşten korunmuştur. [Web 19, 2015].



Şekil 4.25: Zorlu Levent 199 alüminyum güneşlikler.

Yeşil bir bina için enerji tüketiminde oldukça verimli ve çevreye duyarlı sistemlerin yanı sıra enerji verimli mekanik ekipmanlar seçilmiştir. Güneş kontrolü için ofis katlarında yine pasif bir yöntem olan fritli cam uygulanmıştır. Aşağıdaki tabloda yapıda kullanılan cephe teknolojileri verilmiştir (Tablo 4.15).

Tablo 4.15: Zorlu Levent 199’da kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler					Cephede Kullanılan Malzemeler	
Mekanik	Elektro- Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren
		✓				✓

4.1.8. Vakıfbank Genel Müdürlük Kulesi



Şekil 4.26: Vakıfbank Genel Müdürlük Kulesi.

Tablo 4.16: Vakıfbank Genel Müdürlük bina künyesi.

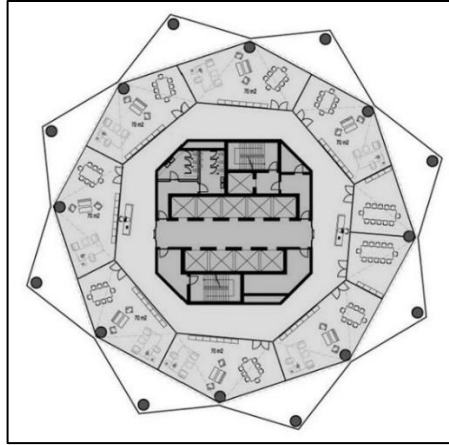
<i>Bina Adı</i>	Vakıfbank Genel Müdürlük Kulesi
<i>Yeri</i>	Ataşehir, İstanbul
<i>Bitiş Tarihi</i>	- (Devam Ediyor)
<i>Yükseklik</i>	221,30 m
<i>Kat Sayısı</i>	52 Kat
<i>Mimar</i>	Tabanlıoğlu
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Betonarme

Türkiye'nin en büyük ve en eski kamu bankalarından biri olan Vakıfbank'a ait genel müdürlük binası İstanbul Ataşehir Finans Merkezi'nde planlanmıştır. Banka tasarımı antik mirasa atıfta bulunmaktadır (Şekil 4.26)- [Web 20, 2022]. Topografya referans alınarak finans merkezinde arazinin geometrik özellikleri, Vakıfbank projesinin form konfigürasyonunu yönlendirmektedir.



Şekil 4.27: Vakıfbank Genel Müdürlük Kulesi bina dış cephesi.

Sekizgen yıldız şeklindeki ana kule, farklı minarelerin incelenmesiyle oluşturulmuş İslam mimarisinin en güçlü sembollerinden biridir. Cephe uygulamaları Selçuklu geometrisinin sivilizasyonu ile simüle edilmiştir. Matematikten doğan İslami kalıplar ana yapının temelidir; dekoratif cephe uygulamaları yerine antik mirasa referansla strüktürel formasyonu ile formun kökenini oryantal bir vizyonda buluşturmaktadır (Şekil 4.27)- [Web 20, 2022]. Genel yaklaşım sadece yüzeysel bir motif taklidi yapmaktan kaçınmak, bunun da ötesinde İslam kültürünün 13. Yüzyılda sanat, mimari ve bilimde ulaştığı zirve olan Selçuklu mimarisinin desen oluşturma tekniğinde kullanılan ileri matematiksel yeterliliklerin 21. Yüzyılda da faydalanmak şeklindedir.



Şekil 4.28: Vakıfbank Genel Müdürlük Kulesi plan.

Tablo 4.17: Vakıfbank Genel Müdürlük Kulesi'nde kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler				Cephede Kullanılan Malzemeler		
Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren	



4.1.9.Palladium Kulesi



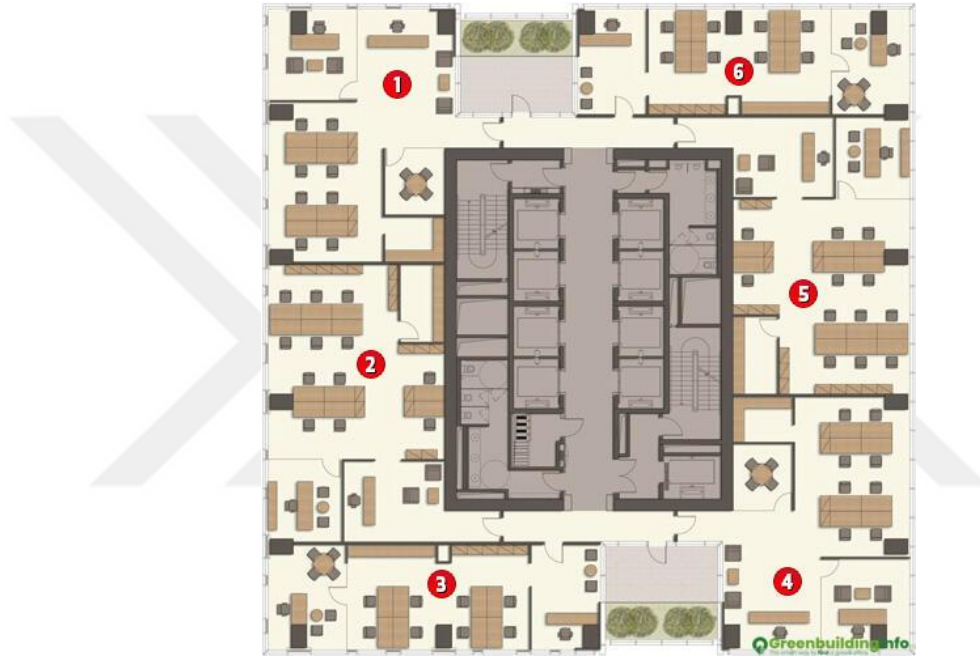
Şekil 4.30: Palladium Kulesi.

Tablo 4.18: Palladium bina künyesi.

<i>Bina Adı</i>	Palladium
<i>Yeri</i>	Ataşehir, İstanbul
<i>Bitiş Tarihi</i>	2014
<i>Yükseklik</i>	180 m
<i>Kat Sayısı</i>	43 Kat
<i>Mimar</i>	Swanke Hayden Connel
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Betonarme

İstanbul'un Anadolu yakasında yer alan Palladium binası 900 ila 1100 metrekare arasında zemin alanı sunan merkezi bir çekirdeğin etrafında düzenlenmiş esnek A sınıfı ofis alanları sunmaktadır (Şekil 4.30)- [Web 21, 2015].

Tasarım kullanıcıların yararına her seviyede doğal olarak havalandırılan peyzajlı bir atriyum içermektedir. Dış cephe, pasif olarak yüksek derecede ısı yalıtımı sağlarken, ofis alanlarına gün ışığını en üst düzeye çıkarmak için tasarlanmıştır. Renkli cam köşelikler, Boğaz'ın kesintisiz panoramik manzarasını sağlamak için yüksek seviyelerde yatay olarak yönlenmiştir.



Şekil 4.31: Palladium kat planı.

Swanke Hayden Connel'in İstanbul ofisi başkanı Nick Birchall yapıyla alakalı "Kule, peyzajlı atriyum bölgeleri tarafından, zemin plakası verimliliğini ve genel bina ekonomisini sağlamak için ortogonal geometri ile çalışan, zarif yığılmış formlardan oluşan bir birleşimle bölünmüştür (Şekil 4.31)- [Web 21, 2015]. Cephe rengi ile ilgi ve ifade katıyor, dış aydınlatma ise binanın gece kompozisyonunu vurguluyor." açıklamasını yapmıştır [Web 22, 2015].

Proje ayrıca LEED Core&Shell kategorisinde altın sertifikaya layık görülmüştür. Cephe tasarımı, enerji verimli elektro-mekanik sistemlerinin seçimi sayesinde, uluslararası standartlara göre yüksek enerji verimliliği elde edilmiştir. İç mekanlarda yeterli taze havanın sağlanması için gerekli tasarım kriterleri ASHRAE

62.1 standardına uygun olarak projeye entegre edilmiştir. Binaya verilen taze hava oranları ASHRAE 62.1 standardının üzerinde tutularak bina kullanıcılarına sağlıklı ve konforlu bir ortam sağlamaktadır [Web 23, 2015]. Aşağıdaki tabloda yapıda kullanılan cephe teknolojileri verilmiştir (Tablo 4.19).

Tablo 4.19: Palladium’da kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler					Cephede Kullanılan Malzemeler	
Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren
	✓	✓		✓		

4.1.10.AND Kozyatağı



Şekil 4.32: AND Kozyatağı.

Tablo 4.20: AND Kozyatağı bina künyesi.

<i>Bina Adı</i>	AND Kozyatağı
<i>Yeri</i>	Kadıköy, İstanbul
<i>Bitiş Tarihi</i>	2015
<i>Yükseklik</i>	110 m
<i>Kat Sayısı</i>	26 Kat
<i>Mimar</i>	HPP International
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Betonarme

AND Kozyatağı yapımı 2015 yılında tamamlanan 26 katlı bir kuledir. Yapı uluslararası projelerde imzası bulunan HPP International tarafından tasarlanmıştır (Şekil 4.32)- [Web 24, 2015]. AND'nin cephesi panel sistem alüminyum doğramalı giydirme cephe'dir. Cephe %50 oranında opak delikli cepheye sahiptir. İklimsel cephe yüksek enerji korunumu sağlayan bir performans cephesidir. Opak yüzeylerin arkası yoğun izolasyon ile kapatılmıştır. Bu cephenin üzerine ikinci bir katman daha giydirilmiştir. Yine alüminyumdan üretilen bu giydirme iklimsel cepheden 35cm uzaklaşarak, dış gölgeleme vazifesi görmektedir. Dikey ve yatay üçgen formlardan oluşan bu alüminyum elemanlar özellikle güneş ışığının açılı alındığı durumlarda geniş izdüşümleri ile alanının %35'i kadar daha geniş bir alanda gölgeleme sağlamaktadır. Profillerin yerleştiği opak yüzeylerden bazıları mekanik olarak açılabilir planlanmış, bu sayede katlara doğrudan taze hava girişi mümkün kılınmıştır. Üçgen profiller fonksiyonel olmanın yanında estetik olarak da bina kütesine dinamizm katmaktadır. Cephe, güneş açısına, havanın durumuna göre gün boyu farklı görsel efektlere ulaşmaktadır. Giydirme cephe ve üçgen profiller, birlikte pasif olarak yüksek performanslı bir iklimsel şartlandırma sağlamaktadır [Web 24, 2016]. Aşağıdaki tabloda yapıda kullanılan cephe teknolojileri verilmiştir (Tablo 4.21.).

Tablo 4.21: AND Kozyatağı'nda kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler					Cephede Kullanılan Malzemeler	
Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren
✓		✓				

4.2. Dünyadaki Örneklerin İncelenmesi

Dünya’da yapıımı 2010 sonrasında tamamlanmış yüksek yapılardan bilgisine erişilebilen 10 tanesi seçilmiştir. Seçilen yapıların cephe sistemleri incelenerek kullanılan teknolojilere göre sınıflandırılmıştır (Tablo 4.22).

Tablo 4.22: Dünya üzerinde araştırılmak üzere seçilen yüksek yapı künyeleri.

<i>Yapı adı</i>	<i>Yeri</i>	<i>Bitiş Tarihi</i>	<i>Yükseklik</i>	<i>Kat Sayısı</i>	<i>Mimar</i>
<i>1.Torre Reforma Binası</i>	Mexico City	2016	246 m	56 kat	Arup
<i>2.Al Bahar Kuleleri</i>	Abu Dabi	2012	147 m	29 kat	Diar
<i>3.1 Bligh Sokağı Binası</i>	Sidney	2011	133 m	30 kat	Ingenhoven Architects
<i>4.Pearl River Kulesi</i>	Guangzhou	2013	309 m	71 kat	SOM
<i>5.NBF Osaki Binası</i>	Japonya	2011	133 m	25 kat	Nikken Sekkei LTD
<i>6.The Leadenhall Binası</i>	Londra	2014	224 m	52 kat	Roger Stirk Harbour
<i>7.Salesforce Kulesi</i>	San Francisco	2018	326 m	61 kat	Pelli Clarke/Pelli Architect
<i>8.Doha Kulesi</i>	Doha	2012	238 m	46 kat	Ateliers Jean Nouvel
<i>9.PIF Kulesi</i>	Riyad	2021	385 m	72 kat	Ormania ve HOK
<i>10.One World Trade Center binası</i>	New York	2014	541 m	94 kat	SOM

4.2.1. Torre Reforma Binası



Şekil 4.33. Torre Reforma Binası'nın farklı açılardan görünüşleri.

Tablo 4.23: Torre Reforma bina künyesi.

<i>Bina Adı</i>	Torre Reforma
<i>Yeri</i>	Mexico City, Meksika
<i>Bitiş Tarihi</i>	2016
<i>Yükseklik</i>	246 m
<i>Kat Sayısı</i>	56 Kat
<i>Mimar</i>	LBR&A Arquitectos
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Betonarme ve Çelik Kompozit

Torre Reforma Binası Mexico City'nin en ünlü caddelerinden biri olan Paseo de la Reforma 'da yer almaktadır ve kültürel, tarihi ve finansal bölgenin bir parçası olarak inşa edilmiştir. Yapı 56 katlı ve 246 metre yüksekliğindedir (Şekil 4.33)- [Web 25, 2016]. Alanda daha öncesinde bulunan tarihi ev, binaya entegre edilmiş ve ana lobinin bir parçası haline getirilmiştir (Şekil 4.34)- [Web 26, 2017].



Şekil 4.34: Torre Reforma Binası bina lobiye eklenen tarihi yapı.

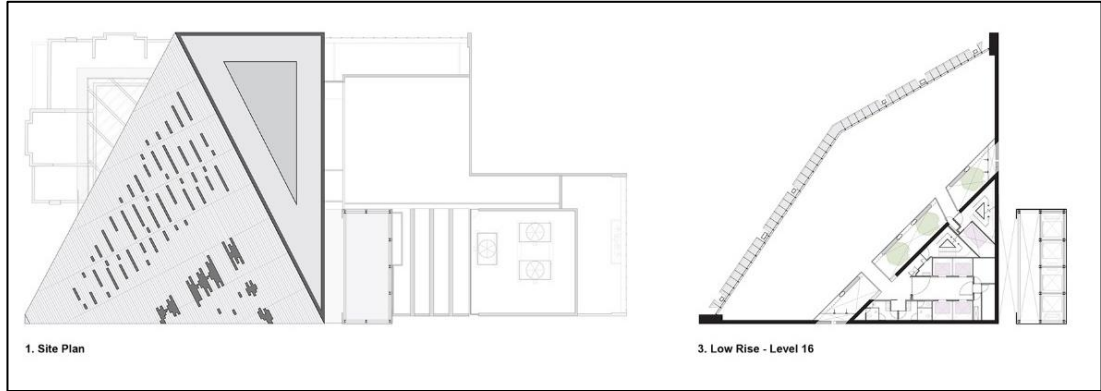
Gökdelen şehrin devamı anlayışıyla tasarlanmıştır. Bu yüzden zemin kat ve 1. Kattaki ticari alanlar sokak aktivitesinin bina içerisine akmasına izin vermektedir. Ayrıca yapıda spor tesisleri, açık alan, teras, bar, restoran, bahçe, oditoryum ve ortak toplantı salonları gibi birçok sosyal alan bulunmaktadır. 23. katta cephe dramatik bir açık hava lobi alanına açılmaktadır. Üç kat yüksekliğindeki gökyüzü lobisi çevredeki şehrin kesintisiz manzarasını sunmaktadır (Şekil 4.35)- [Web 25, 2016].



Şekil 4.35: Torre Reforma açık hava lobisi.

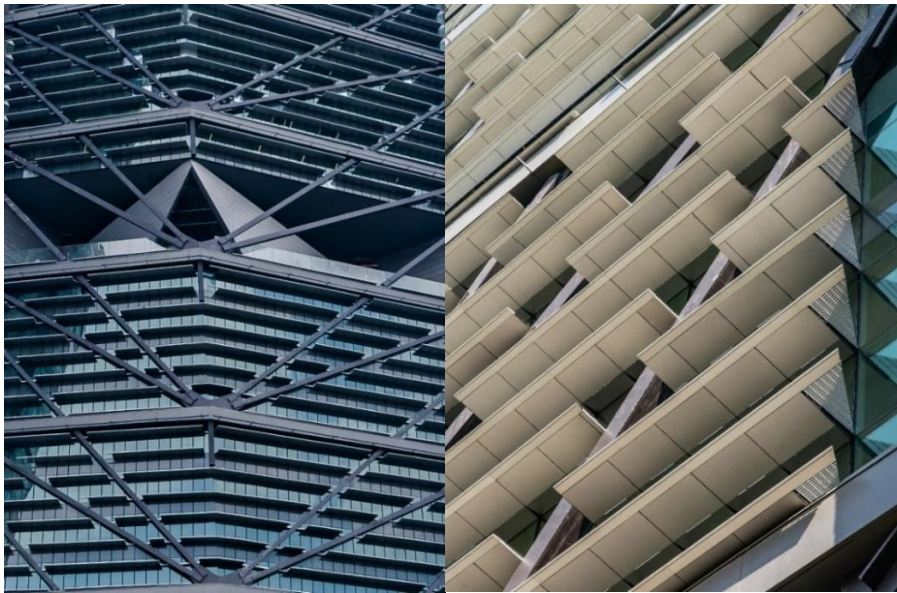
Terra Reforma'nın mimari yapısı üçgen formuyla öne çıkmaktadır (Şekil 4.36)- [Web 25, 2016]. Bu form; iki çıplak beton kenarı hipotenüsten kapatan cam üzeri çelik bir diyagridten oluşan ve 'açık kitap' biçimini andıran bir cam cepheden oluşmaktadır.

Cam cephe tarihi evin üzerinde 14 m'lik bir konsol yapar ve 45 derecelik açıyla şehrin en güzel manzaralarına bakmaktadır [Boy, 2017].



Şekil 4.36: Torre Reforma'ya ait vaziyet ve kat planı.

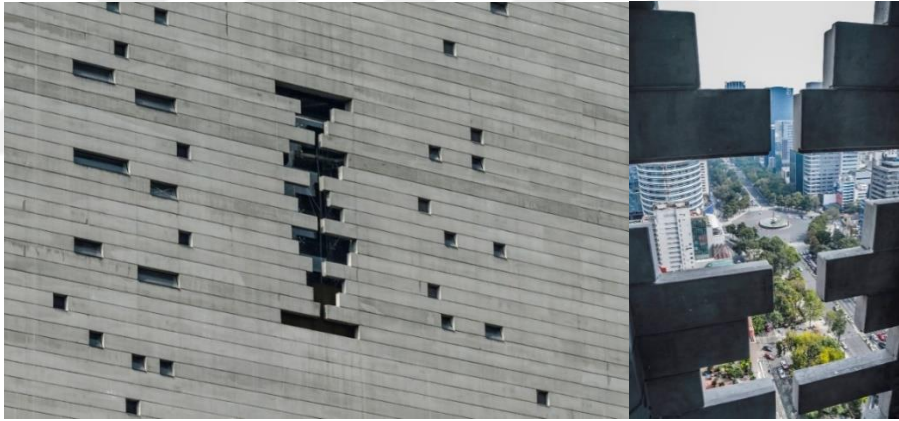
Yapı ağırlıklı olarak sıcak bir iklimde olduğundan soğutma ihtiyaçlarını giderme amacıyla yeni stratejiler kullanmaktadır [Miranda and Safarik, 2021]. Yapıda enerji tüketiminin az olması, cephenin ve yapısal tasarımın karşılıklı etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Beton perde duvarlar ve çift katmanlı cam cephenin sahip olduğu sabit yatay gölgelikler ile doğal ışığın tüm ofis alanlarına kontrollü olarak nüfus etmesine olanak tanımaktadır. Alüminyum gölgelikler cam boyunca 2,1 m aralıklarla yerleştirilmiştir ve parçaların derinliği 1,2 m'dir (Şekil 4.37)- [Web 25, 2016].



Şekil 4.37: Torre Reforma cam cephede bulunan sabit gölgelikler.

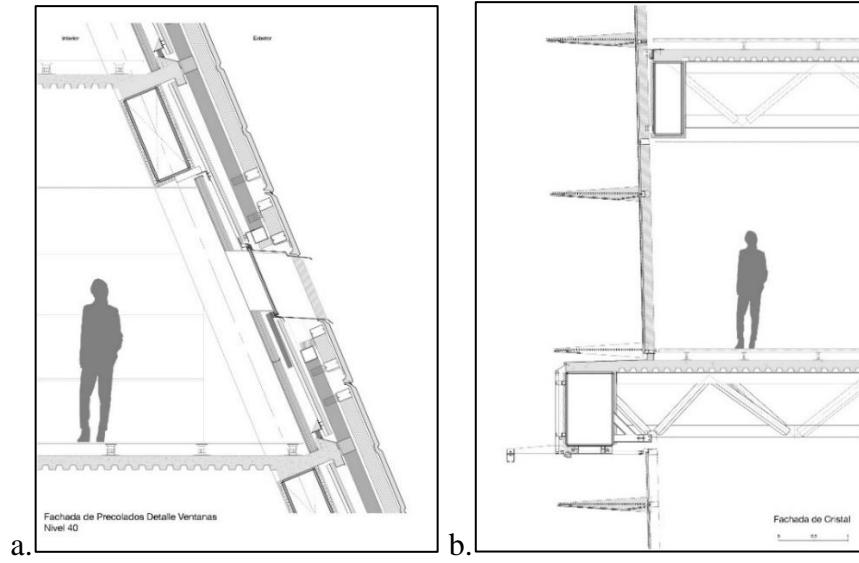
Cam cephe sistemi ASHRAE'nin önerdiği minimum güneş katsayısı, güneş ısı kazancı kat sayısı, u-değeri, yansımaya değerleri ve ışık geçirgenlik seviyelerinin çok üzerindedir. Bu büyüklükteki geleneksel binalara kıyasla toplam enerji kullanımını %24 oranında daha azdır [Boy, 2017]. Her bir yalıtımlı cam cephe paneli; iç kısımda çift kat lamine cam, dış tarafta ise bir kat low-e cam tabakasından oluşmaktadır. Bu çift cephe aynı zamanda aynı zamanda akustik sönümlenme özelliği de göstermektedir. Yapı tüm bu özellikleri ile pasif olarak güneş kontrolü sağlamaktadır.

Yapının diğer iki cephesini kaplayan beton perde duvarlar taşıyıcı özellik göstermekte olup yükü temele kadar aktarmakla görevlidir. Ayrıca iç mekanlara gölgeleme ve ısı koruma sağlar, herhangi bir ek kaplama malzemesi gerektirmemektedir. Yerinde dökülen delikli beton perde duvar, üst katlarda yerini prefabrik cam elyaf takviyeli panellere bırakmaktadır. Eğimli yüzeyde bulunan beton duvar, aynı zamanda yüksek yalıtımlı pencereler içermektedir (Şekil 4.38)- [Web 25, 2016].

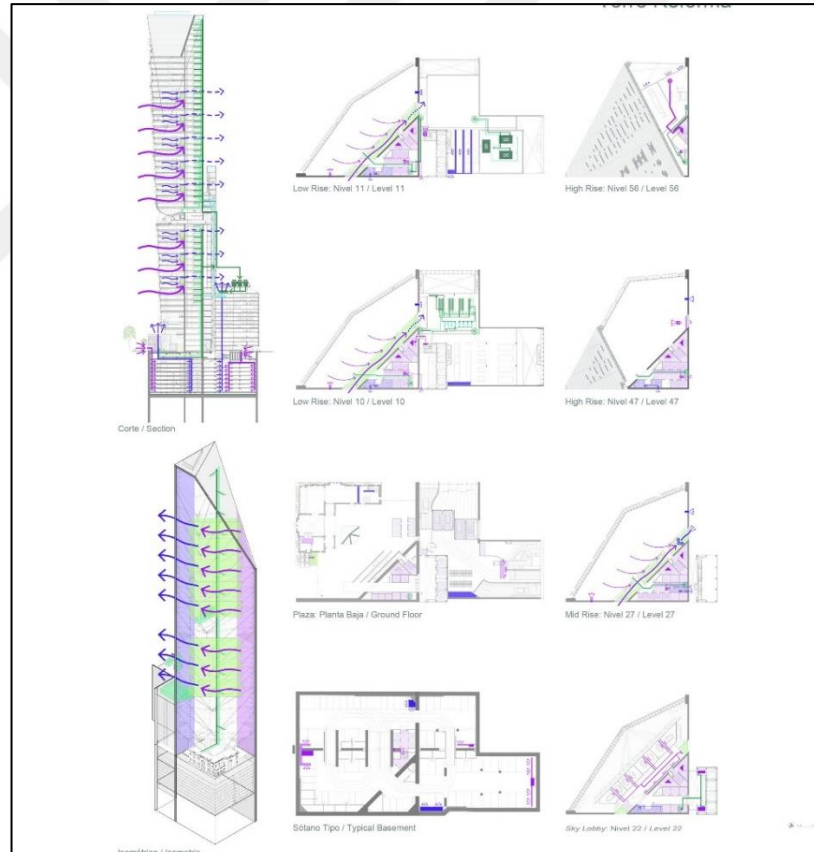


Şekil 4.38: Yapının iki yüzeyini kaplayan betonarme delikli cephe.

Bina 2016 yılında LEED Platinum Core&Shell sertifikası almıştır. Doğal hava akışını aktif olarak yönlendirir, binaya soğuk hava girmesine ve dışarıya sıcak hava atılmasına izin veren bilgi teknolojisi ile çalışan otomatik kontrol sistemi ile şafak sökmeden önce elektro-mekanik pencereler açılır (Şekil 4.39)- [Web 25, 2016].



Şekil 4.39: a. Torre Reforma betonarme cephe detayı, b. Cam cephe detayları.



Şekil 4.40: Torre Reforma bina havalandırma diyagramı.

Ek olarak bina boyunca doğal olarak havalandırılan üç katlı avlular (Şekil 4.40)- [Web 25, 2016], uzun ağaçların ve diğer bitkilerin olduğu iç bahçeler mevcuttur (Şekil 4.41)- [Web 25, 2016] [Boy, 2017].



Şekil 4.41: Torre Reforma iç avlular.

Aşağıdaki tabloda yapıda kullanılan cephe teknolojileri verilmiştir (Tablo 4.24).

Tablo 4.24: Torre Reforma’da kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler				Cephede Kullanılan Malzemeler		
Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren
	✓	✓	✓	✓		

4.2.2. Al Bahar Kuleleri



Şekil 4.42: Al Bahar Kuleleri.

Tablo 4.25: Al Bahar Kuleleri bina künyesi.

<i>Bina Adı</i>	Al Bahar Kuleleri
<i>Yeri</i>	Abu Dabi, Birleşik Arap Emirlikleri
<i>Bitiş Tarihi</i>	2012
<i>Yükseklik</i>	147 m
<i>Kat Sayısı</i>	29 Kat
<i>Mimar</i>	Aedas Architects
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Betonarme ve çelik kompozit

Al Bahar Kuleleri Birleşik Arap Emirlikleri'nin Abu Dhabi kentinde inşası tamamlanan ve Aedas Architects tarafından tasarlanan ikiz kulelerdir (Şekil 4.42)- [Web 27, 2012]. Abu Dhabi'de haftalık hava durumu incelendiğinde hava sıcaklığının sürekli 38 derece ve üzeri, yağmur ihtimalinin de %0 olduğu görülebilmektedir. Haziran 2012 yılında yapımı tamamlanan ofis kuleleri bu çöl iklimine uygun çözüm arayışı sonucunda ortaya çıkmışlardır [Cilento, 2012]. Dış cephe tasarımında modern teknolojiyi ve malzemeyi bir arada kullanmak ve sistemi otomatikleştirmek için otomotiv ve havacılık sektöründe kullanılan yüksek teknolojik dijital araçlar kullanılmıştır. Algoritmaların kullanımı, parametrik tasarım, Bina Bilgi Modellemesi (BIM) ve üretim otomasyonu dahil olmak üzere birçok teknik mimari, mühendislik ve inşaat aşamasına dahil edilmiştir [Karanouh and Kerber, 2015].

Kuleler basit giydirme cephe ve ağırlıklı olarak İslam mimarisinde kullanılan 'Maşrabiye' adı verilen ahşap bir kafes perdeden oluşmaktadır. Cam giydirme cephe yerden tavana yüksekliği 4200 mm ve genişliği 900 mm ve 1200 mm arasında değişen birleştirilmiş panellerden oluşmaktadır. Dış cephede kullanılan dinamik gölgelik nedeniyle cam cephede herhangi bir renklendirmeye veya yansıtıcı tabakaya ihtiyaç kalmamıştır.

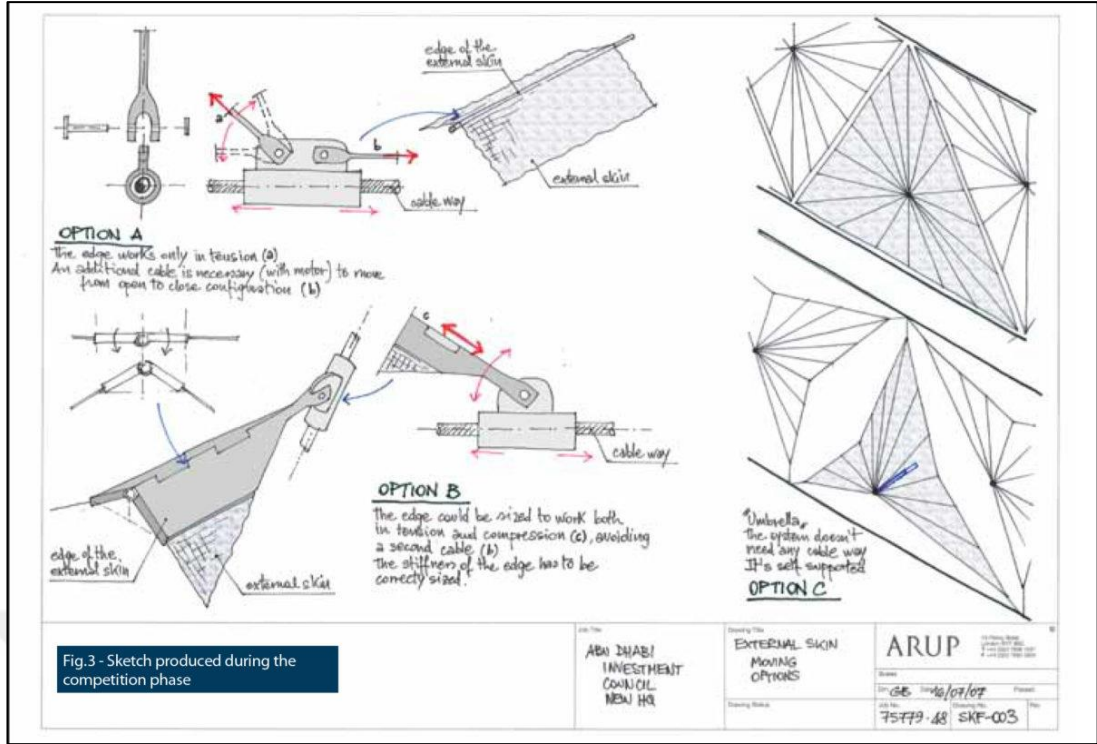


Şekil 4.43: ‘Maşrabiye’ adı verilen gölgelikler.

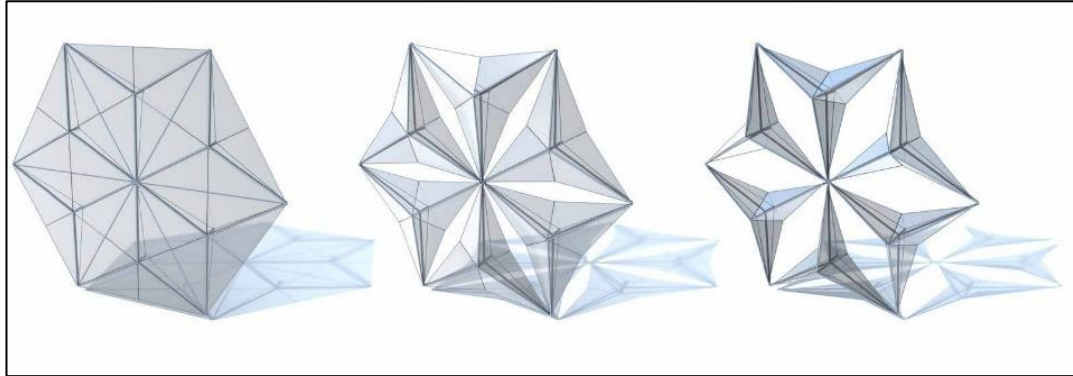
Maşrabiye benzeri yenilikçi güneş perdesi ve cam giydirme cephe arasındaki boşluk 2000 mm’dir (Şekil 4.43)- [Web 27, 2012]. Maşrabiye, paslanmaz çelik destek çerçevelerine alüminyum dinamik çerçevelere ve fiberglas ağ dokusuna sahiptir. Her şemsiye benzeri cihaz, merkezi olarak konumlandırılmış bir aktüatör ve piston aracılığıyla açılan altı üçgen çerçeveye bölünmüştür (Şekil 4.44)- [Web 27, 2012]. Dinamik yüzeyin çalışmasında güneşin hareketini simüle eden bir kontrol yazılımı kullanılmıştır. Bilgi teknolojisi ile oluşturulan her birimin aktüatöründe bulunan konumlandırma sensörü mevcuttur. Kontrol yazılımı her kulenin tepesinde bulunan üç ana sensöre bağlıdır. Bunlar;

- Işık,
- Rüzgâr
- Yağmur sensörleridir.

Sistem operatöre rüzgâr hızı, ışık yoğunluğu, yağmur seviyeleri, hatalar ve katlanma konumları dahil olmak üzere anlık geri bildirim yollar. Bu geri bildirimler, önceden ayarlanmış programı geçersiz kılmak ve fırtına gibi olağandışı koşullarda birimleri elektro-mekanik sistemleri kullanarak güvenli konuma taşımak için kullanılır (Şekil 4.45)- [Web 27, 2012] [Karanouh and Kerber, 2015].



Şekil 4.44: Maşrabiye'lerin çalışma prensibi.



Şekil 4.45: Maşrabiye'lerin modellemesi.

Böyle bir gölgeliğin var oluşu güneş enerjisi kazanımını %50'den fazla azaltacağı ve binanın klima ihtiyacını azaltacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca gölgeliğin ışığı filtreleme özelliği, mimarların cam kaplama konusunda daha seçici olmalarını sağlamıştır. Pasif olarak güneş kontrolü sağlayan cam giydirme cephede daha fazla ışığın içeri girmesine izin veren daha doğal renkli cam kullanılmış ve böylece daha iyi görüşe ve daha az yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulmuştur (Şekil 4.46)- [Web 27, 2012]. Projenin sürdürülebilir mühendisliği ve hassas kültürel ve kentsel yaklaşımı nedeniyle kuleler, Yüksek Binalar ve Kentsel Habitat Konseyi

4.2.3. 1 Bligh Sokağı Binası



Şekil 4.47: 1 Bligh Sokağı Binası.

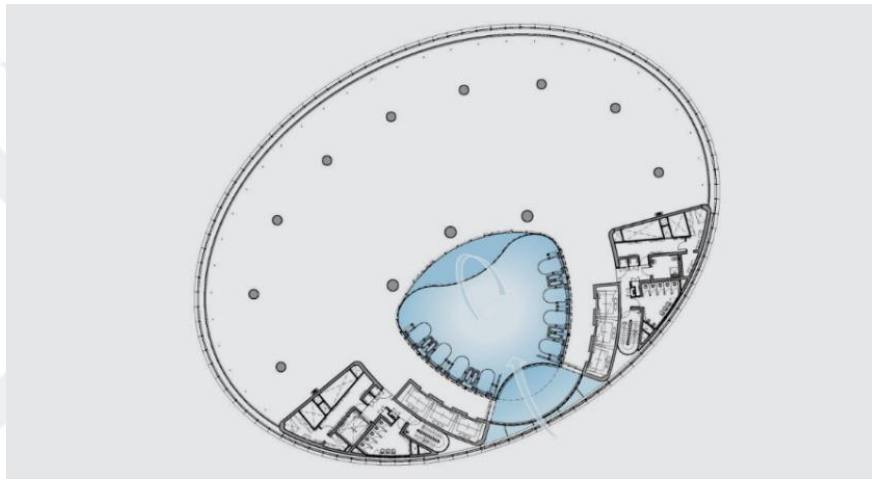
Tablo 4.27: 1 Bligh Sokağı bina künyesi.

<i>Bina Adı</i>	1 Bligh Binası
<i>Yeri</i>	Sidney, Avusturalya
<i>Bitiş Tarihi</i>	2011
<i>Yükseklik</i>	133 m
<i>Kat Sayısı</i>	30 Kat
<i>Mimar</i>	Ingenhoven Architects, Architectus
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Betonarme

1 Bligh Sokağı Binası, Sidney'in merkezi iş bölgesinde yer alan bir imza ofis kulesidir. 2011 yılında tamamlanan 1 Bligh, Avusturalya'da yüksek yapı geliştirmede sürdürülebilirlik için yeni standartlar belirlemiştir. 2006 yılında düzenlenen bir tasarım yarışması sonucu Avusturalya merkezli Architectus ve Almanya merkezli Ingenhoven

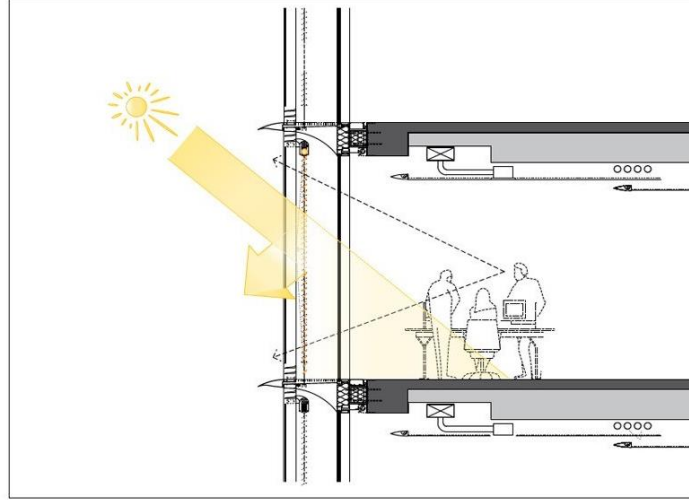
Architects arasındaki iş birliği ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.47)- [Edwards, 2012] [Brown, 2012].

Binanın eliptik formu, bulunduğu yerden O'Connell ve Bent sokakları arasındaki kesişme noktasından gelişmiştir (Şekil 4.48)- [Web 28, 2011]. Bu şekil, kuzeye bakan cephe alanını en üst düzeye çıkarır ve böylece taban alanının büyük bir kısmının Sidney Limanı'na bakmasını sağlar [Lochhead and Oldfield, 2017]. Elips şekil, her ofis alanına yerden tavana kadar panoramik görüşler verir. Binanın ardgerilmeli beton strüktürü, her katta kolonlarda çıkıntı yapan kirişlerden oluşmakta ve iç strüktürü minimuma indirmektedir [Web 28, 2011].



Şekil 4.48: 1 Bligh Sokağı Bina planı.

Yapıda pasif teknolojiyle yüksek performanslı çift cidarlı cephe, tam yükseklikte doğal havalandırılmalı atriyum ve verimli hibrit mekanik sistem son derece sürdürülebilir bina tasarımına katkıda bulunan tasarım özelliklerinden bazılarıdır. Atriyum elektro-mekanik çalıştırılabilir cam panjurlarla doğal olarak havalandırılır ve bu alandaki mekanik soğutma ihtiyacı ortadan kaldırılır. Çift cidarlı cephe, Sidney'in ikliminde ihtiyaç duyulan yüksek düzeyde güneş kontrolü sağlarken, tipik bir ticari binada olduğundan çok daha net cam kullanımına olanak tanır (Şekil 4.49)- [Web 28, 2011] [Web 29, 2011].



Şekil 4.49: 1 Bligh Sokağı Binası giydirme cephe güneş ışınları durumu.



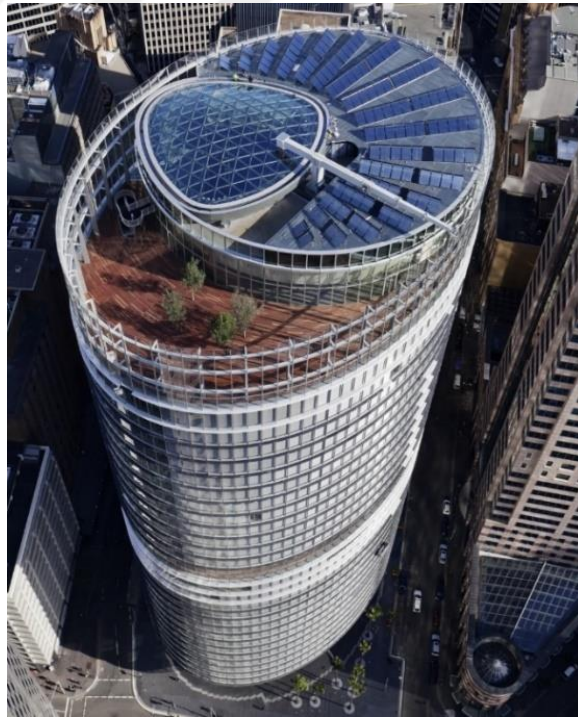
Şekil 4.50: 1 Bligh Sokağı Bina kesiti ve atriyum.

Lobinin kendisi üç katlıdır ve binanın ortak alanlarını soğutmak için çapraz havalandırmaya izin veren camlı panjurlarla çevrilidir. Dış panjurlar gerektiğinde maksimum güneş kontrolü sağlayan güneşin yolunu izlemek için otomatikleştirilmiştir (Şekil 4.50)- [Web 28, 2011]. Atriyumdaki bilgi teknolojisini kullanan; rüzgâr, yağmur ve sıcaklık gibi iklim değişikliklerini algılayan cepheye ve çatıya monte edilmiş sensörler bulunmaktadır. Diğer zamanlarda panjurlar geri çekilerek muhteşem manzaralara ve doğal gün ışığına erişim en üst düzeye çıkarılabilir (Şekil 4.51)- [Web 29, 2012].



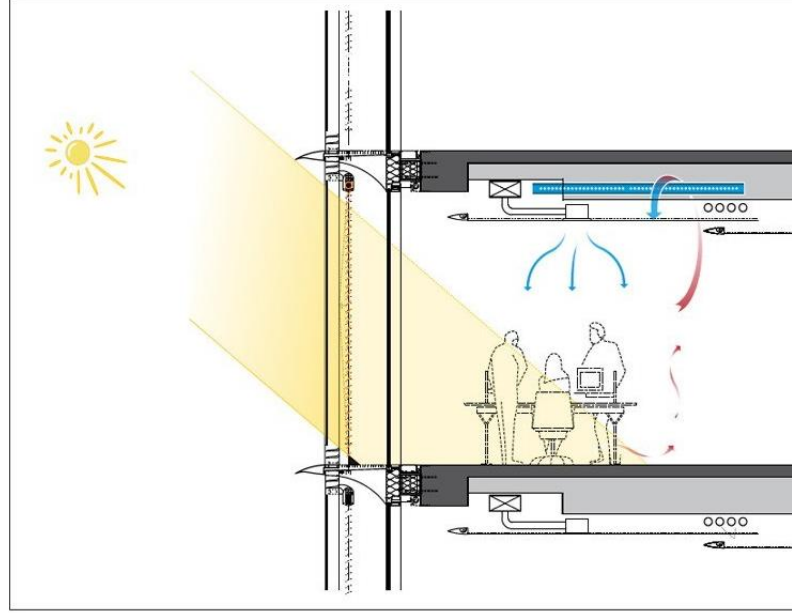
Şekil 4.51: 1 Bligh Sokağı Binası otomatik panjurlar.

Yapıda güneş enerjisi ile soğutma sistemi olan trijenerasyon kullanılmıştır ve Avusturalya'daki bir ticari ofis kulesinde türünün tek örneğidir. Bunun için enerji değiştiren bir malzeme olan bir kavisli güneş kolektörü kullanılmıştır (Şekil 4.52)- [Web 28, 2011].



Şekil 4.52: 1 Bligh Sokağı Binası'nda çatıda bulunan güneş kolektörleri.

Sistem merkezi iş bölgesindeki şebeke alt yapısı üzerindeki yükü %25 daha azaltır ve bina için serbest soğutma sağlar [Web 29, 2011]. Avusturalya standartlarına göre %150 iyileştirme sağlayan havalandırma sistemi ile çok yüksek iç hava kalitesi elde edilmektedir (Şekil 4.53)- [Web 28, 2011].



Şekil 4.53: 1 Bligh Sokağı Binası giydirme cephe ve soğutma sistemi durumu.

Aşağıdaki tabloda yapıda kullanılan cephe teknolojileri verilmiştir (Tablo 4.28).

Tablo 4.28: 1 Bligh Sokağı Binası'nda kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler					Cephede Kullanılan Malzemeler	
Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren
	✓	✓	✓	✓		✓

4.2.4. Pearl River Kulesi



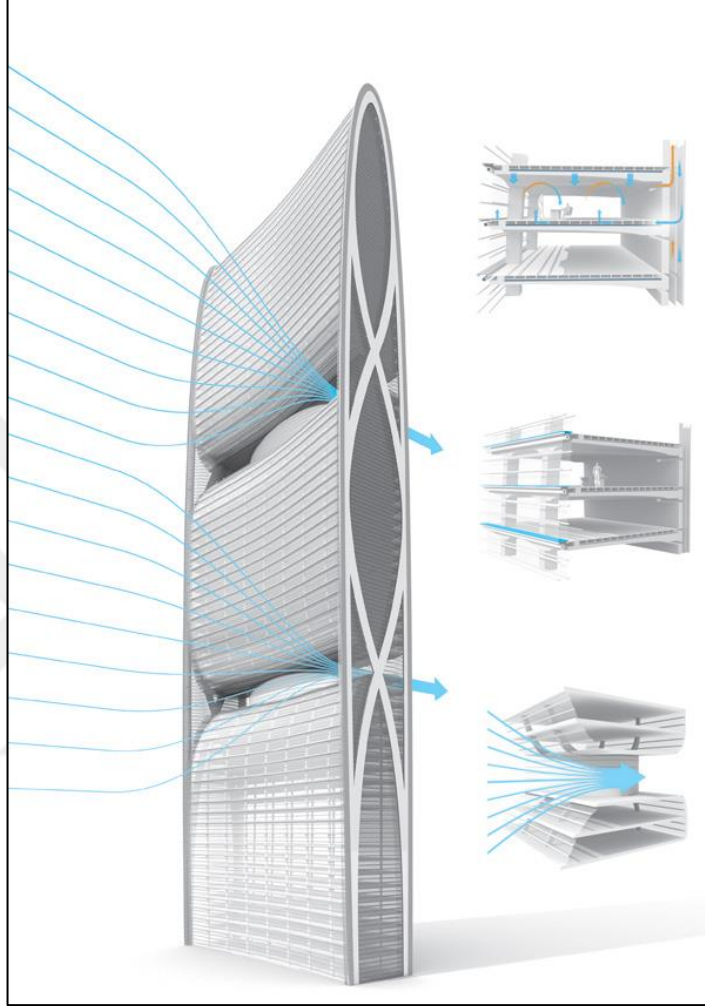
Şekil 4.54: Pearl River Kulesi.

Tablo 4.29: Pearl River kulesi bina künyesi.

<i>Bina Adı</i>	Pearl River Kulesi
<i>Yeri</i>	Guangzhou, Çin
<i>Bitiş Tarihi</i>	2013
<i>Yükseklik</i>	309 m
<i>Kat Sayısı</i>	71 Kat
<i>Mimar</i>	SOM
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Betonarme ve Çelik Kompozit

Guangzhou'nun Tianhe Bölgesi'ndeki bu aerodinamik 71 katlı kule rüzgâr ve güneş enerjisini toplamak için en son yeşil teknoloji ve mühendislik gelişmelerini bir araya getiren dikkatli bir saha araştırmasının sonucudur. Projeyi bir tasarım yarışmasında ödüllendirilen SOM ekibi, dünyanın enerji açısından en verimli gökdelenlerinden birini yaratmayı amaçlamıştır. Sonuç olarak dünyanın en büyük radyant soğutmalı ofis binalarından ve enerji açısından en verimli binalarından biri

ortaya çıkmıştır. (Şekil 4.54)- [CTBUH, 2013] [Duncan and Zhu, 2016]. Kulenin aerodinamik formu, alan etrafındaki güneş ve rüzgâr modellerinin dikkatli bir şekilde anlaşılmasıyla geliştirilmiştir.



Şekil 4.55: Pearl River Kulesi radyant soğutma sistemi.

Tasarım, güneş yüklerini kontrol ederken güneşi binanın avantajına kullanarak optimize ediyor. Fritli cam tavanlı ve asma metal panelli çift katlı bir lobiden başlayarak, dört ofis katı bölgesine ilerler. Kulenin eğrisel formu ve yönelimi, hâkim rüzgarları yakalayıp her mekanik katta türbinlerin bina için enerji ürettiği bir çift açıklığa yönelir (Şekil 4.55)- [Tomlinson et al., 2014]. Tipik bir kulede daha az kanal sistemi gerektiren bilgi teknolojisi ile sağlanan iklim kontrol sistemleriyle, tasarım ekibi kuleye beş kat daha ekleyebildi. Enerji değiştiren malzeme olan güneş panelleri, pasif güneş kontrolü sağlayan çift cidarlı perde duvar, soğuk tavan sistemi, yerden havalandırma ve gün ışığından yararlanma, kulenin enerji tasarrufu sağlamasına ve

şehrin elektrik şebekelerine bağımlılığını azaltmasına yardımcı olur [Tomlinson et al., 2014]. Diğer faydalı özellikler arasında şehrin nemli yazlarını yöneten bir iklim kontrol sistemi ve gün ışığına duyarlı LED aydınlatmalı metal panellerden yapılmış parlak bir tavan yer alıyor. Çift cidarlı giydirme cephe, dış sesi emen ve hava sızıntısına daha az eğimli olan kapalı, elektro-mekanik çalışan otomatik panjurlara sahiptir (Şekil 4.56)- [Tomlinson et al., 2014].



Şekil 4.56: Pearl River Kulesi otomatik panjur sistemi.

Tablo 4.30: Pearl River Kulesi’nde kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler					Cephede Kullanılan Malzemeler	
Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren
	✓	✓	✓	✓		✓

4.2.5. NBF Osaki Binası



Şekil 4.57: NBF Osaki Binası.

Tablo 4.31: NBF Osaki bina künyesi.

<i>Bina Adı</i>	NBF Osaki Binası
<i>Yeri</i>	Japonya, Tokyo
<i>Bitiş Tarihi</i>	2011
<i>Yükseklik</i>	133 m
<i>Kat Sayısı</i>	25 Kat
<i>Mimar</i>	Nikken Sekkei LTD
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Betonarme ve Çelik Kompozit

Yeni nesil çevreci bir ofis anlayışı düşüncesiyle yola çıkılan NBF Osaki Binası Japon mimar Nikken Sekkei tarafından Tokyo’da tasarlandı (Şekil 4.57)- [Web 30, 2012]. Yapı, çevreye etkisi düşük, Ar-Ge çalışmaları ve ofis fonksiyonlarını birbirine entegre eden bir anlayışla oluşturulmuştur. Açık ofis tasarımı sayesinde çalışanların hızlı bir şekilde buluşup dağılabilmeleri ürün geliştirme için uygun bir alan yaratmaktadır. Sütunlar sayesinde kesintisiz geniş alan, iyi bir iletişim ortamı sağlamaktadır.

Yapının cephesi BioSkin olarak adlandırılan, Japonya’nın eski geleneklerinden biri olan ve sokağa su serpme anlamı taşıyan ‘Uchimizu’ dan ilham alarak geliştirilmiş, türünün ilk örneklerinden olan bir soğutma sistemi ile tasarlanmıştır [Web 30, 2012].

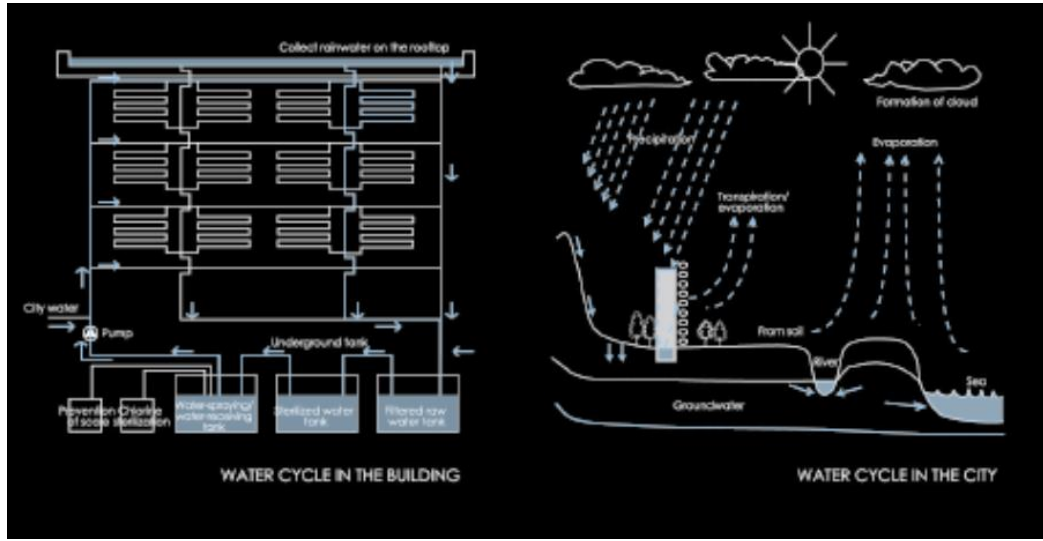
Bu sistem sayesinde biriktirilen yağmur suyu dış duvarlarda sirküle edilerek klima yükünü azaltmak amacı güdülmüştür.



Şekil 4.58: BioSkin için balkon korkuluklarında kullanılan seramik borular.

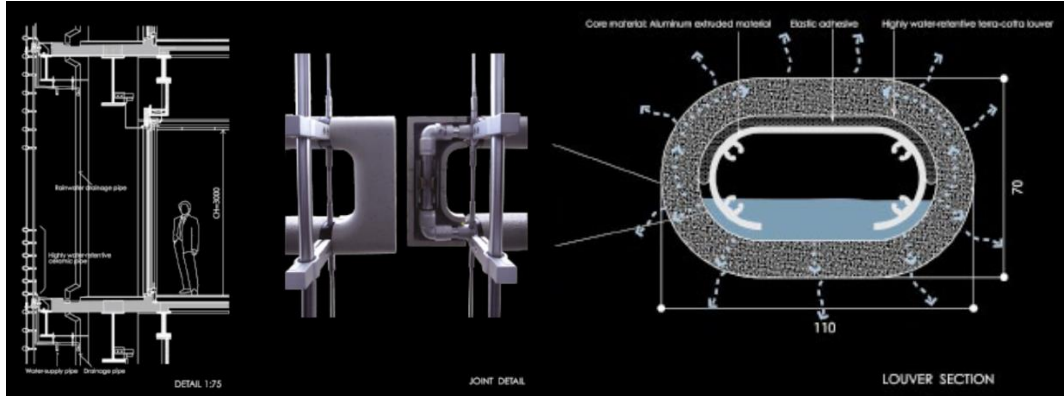
Tasarım ekibi çoğunlukla metropol bölgelerinde ortaya çıkan bir problem olan ısı adası etkisini azaltmak amacıyla çalışmalarda bulunmuştur. Gün boyunca güneş etkisiyle ısı kazanan binalar, geceleri tuttuğu ısıyı bırakarak çevrelerindeki sıcaklığı yükseltmektedirler. Bu düşünce ile suyun buharlaşma etkisi ile yapı ve çevresindeki sıcaklığın düşürülebileceği fikri üzerinde durulmuştur. İlk deneylerde seramik borulara dökülen suyun buharlaşma etkisi ile yüzey sıcaklığını güneşte 12 °C, gölgede 6°C düşüğünü keşfetmişlerdir. Ayrıca boru etrafındaki ortam sıcaklığının da 2°C düşüğü ortaya çıkmıştır. Bu süreçten sonra BIM verileri kullanılarak bir bilgisayar simülasyonu ile bu sistemin yapıya nasıl uygulanacağı tespit edilmiştir [Yamanashi, 2015].

BioSkin'in oluşturulan prototipi, ilk olarak balkon korkuluklarını kullanma fikrinden yola çıkılarak hayata geçirilmiştir (Şekil 4.58)- [Web 30, 2012]. Sistem; trabzanlarda kullanılan seramik borular ile Japonya'nın bol miktardaki yaz yağmurlarından kaynaklı suyun borular içerisinden geçirilmesi ve pasif yolla ortaya çıkan buharlaşma ile bina ve çevresindeki ortamı soğutması prensibi ile çalışmaktadır [Web 30, 2012]. Yağmur suyu çatıda toplanarak pompalanmadan ve cephedeki borulardan geçirilmeden önce yer altında bulunan 30 tonluk toplama tanklarında biriktirilmiştir (Şekil 4.59)- [Web 30, 2012] [Yamanashi et al., 2011].



Şekil 4.59: Yapıda kullanılan yağmur suyunun döngü diyagramı.

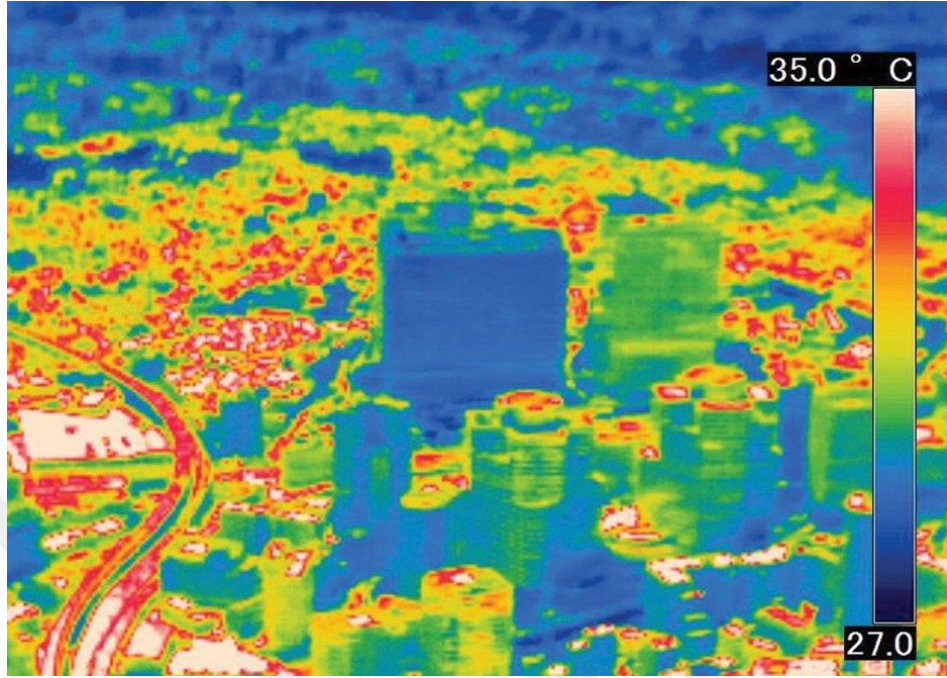
Yağmur suyunu borulardan dolaştıran elektro-mekanik sistemli su pompası oldukça küçüktür ve binanın güneşe bakan saçakların yerleştirilmiş enerji değıştiren malzeme olan güneş pilleri tarafından üretilen çok az miktarda elektrikle çalıştırılır. Sistemin genel enerji maliyeti ihmal edilebilir düzeyde düşüktür (Şekil 4.60)- [Web 30, 2012].



Şekil 4.60: Sistem ve yapıda kullanılan seramik boruların kesiti.

Nikken Sekkei, BioSkin'deki aktif ve aktif olmayan boruların yüzey sıcaklıklarını ölçüp, yakın plan ve havadan termal kameralarla görüşlerini izlediğinde maksimum yüzey sıcaklığının normal bir yapıdan 12,6°C daha düşük olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca sistemin ofis pencereleri etrafındaki pencereleri de

soğutarak binanın toplam enerji tüketimini %3 oranında azaltacağı tahmin edilmektedir (Şekil 4.61)- [Web 30, 2012].



Şekil 4.61: Binanın termal kameralardan tespit edilen görüntüsü.

Aşağıdaki tabloda yapıda kullanılan cephe teknolojileri verilmiştir (Tablo 4.32).

Tablo 4.32: NBF Osaki Binası'nda kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler					Cephede Kullanılan Malzemeler	
Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren
	✓	✓		✓		✓

4.2.6. The Leadenhall Binası



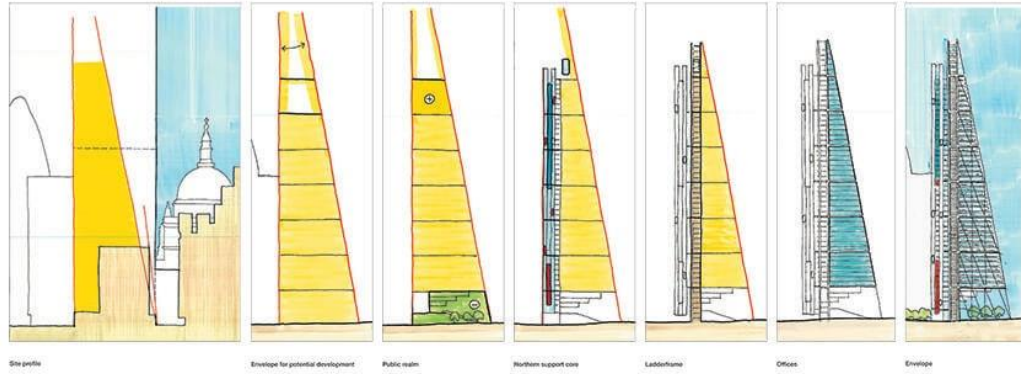
Şekil 4.62: The Leadenhall Binası.

Tablo 4.33: The Leadenhall bina künyesi.

<i>Bina Adı</i>	The Leadenhall Binası
<i>Yeri</i>	Londra, İngiltere
<i>Bitiş Tarihi</i>	2014
<i>Yükseklik</i>	224 m
<i>Kat Sayısı</i>	52 Kat
<i>Mimar</i>	Roger Stirk Harbour
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Çelik

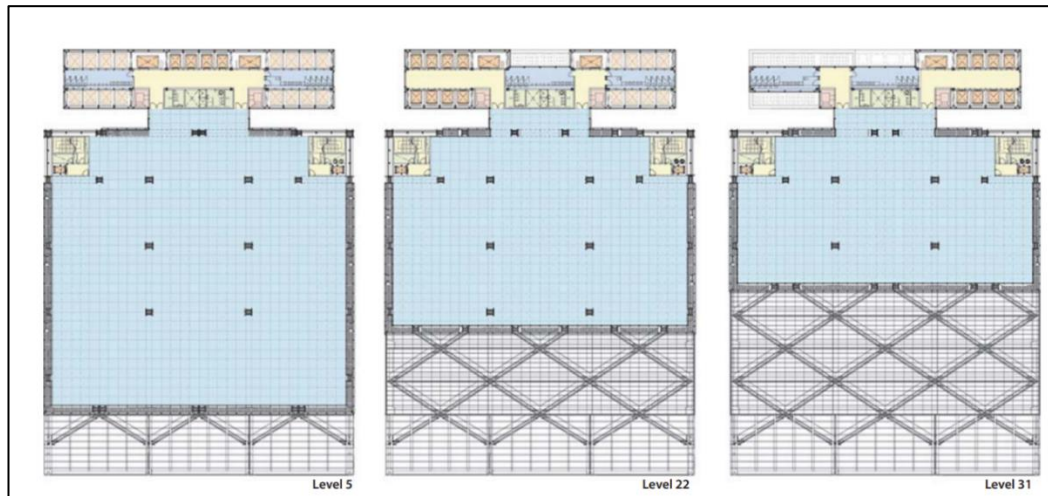
52 katlı 224 m yüksekliğindeki The Leadenhall Binası sivri profili ile Londra Şehrinin yüksek katlı binaları arasında kendine özgü bir profil yaratmaktadır (Şekil 4.62)- [Web 31, 2014]. Bina inşaatının %85'i prefabrik ve şantiye dışı yapı

elemanlarından oluşmaktadır. Yapının incelen formu Fleet Caddesi'nin özellikleri başta olmak üzere St Paul Katedrali'nin manzarasına saygı göstermesi gerekliliğinden kaynaklanmaktadır. Böylelikle katedralin kubbesi hala açık bir gökyüzü ile buluşabilmektedir. Yapının diğer komşuları arasında Norman Foster tarafından tasarlanan 30 St Mary Axe Kulesi, Luteyens tarafından tasarlanan eski bir banka ve 12. ve 16. yüzyıllardan kalma iki adet 1. Derece korumalı kilise bulunmaktadır [Young et al., 2013].



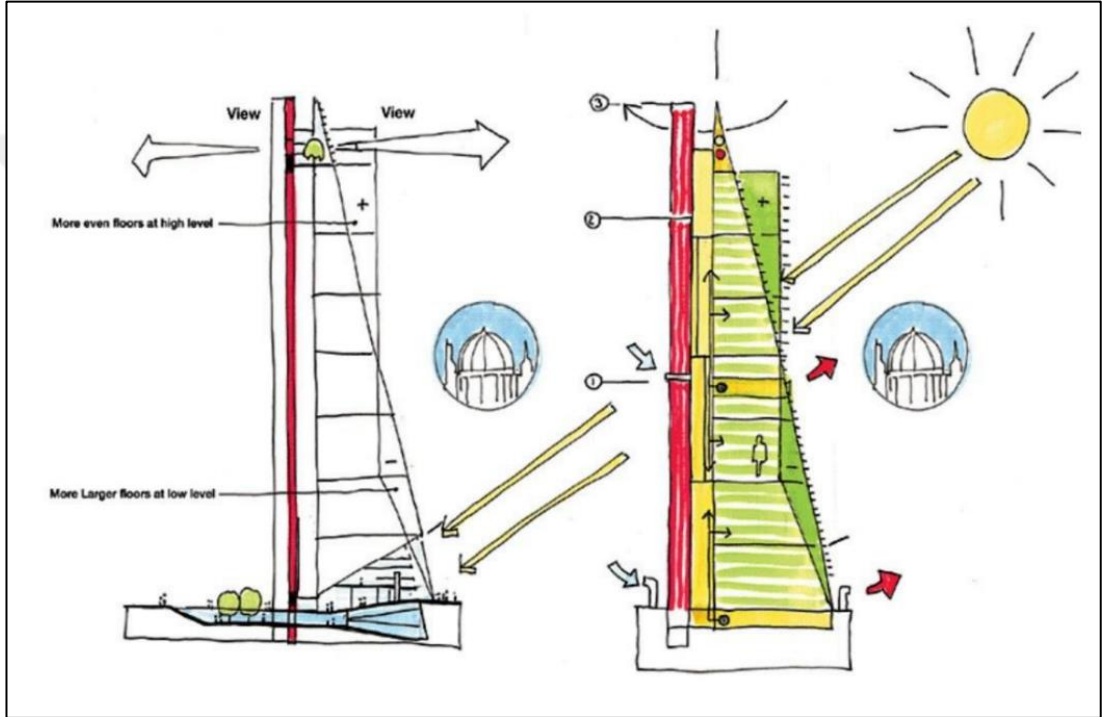
Şekil 4.63: The Leadenhall Binası tasarım aşamaları.

Ofis katları yüksek kaliteli ve yukarı doğru gidildikçe derinliği azalan dikdörtgen bir zemine oturmaktadır (Şekil 4.63)- [Young et al., 2013] [Web 31, 2014]. Ofis katlarının büyüklüğü 1950 metrekare ile 557 metrekare arasında değişmektedir. Kulenin alt kısmı dikdörtgen planda 48 metre genişliğinde ve 42 metreye kadar derinlikte ve neredeyse kolonsuzdur (Şekil 4.64)- [Young et al., 2013].



Şekil 4.64: The Leadenhall Binası kat planları.

Bina merkezi bir çekirdek yerine, ofis plakalarının kenarını tanımlayan ve rüzgâr yükleri altında stabilite sağlayan tam çevre çapraz bir boru kullanılmaktadır. Bu boru şekilli mega çerçeve şehir içinden makro, binanın yakınında ise mikro düzeyde okunabilir, dikey sirkülasyon sistemleri, oturanlara ve yoldan geçenlere binanın içinde ve dışında görüş sağlayan şeffaf bir cam cephe arkasına yerleştirilmiştir. Çift katmanlı cam cephe pasif yolla ısı kaybı, gün ışığı, kamaşma kontrolü ve güneş kazanımı ile ilgili yüksek performans göstermektedir (Şekil 4.65)- [Young et al., 2013].



Şekil 4.65: The Leadenhall Binası'na ait güneş analizi.

Cephe temelde 3 ana parçaya ayrılmaktadır. Bunlar;

- Çift cidarlı cepheye sahip ofis kısmı,
- Dış lamine camlı ve çelik askılı eğimli ana cephe ve
- Kuzey çekirdeğini örten ve motorlu panjurlar içeren cephedir.

Dış cam, dış havanın boşluğa girmesine ve boşluğa çıkmasına izin verecek düğüm seviyelerinde delikler içermektedir. Boşluktaki elektro-mekanik kontrollü

panjurlar istenmeyen güneş kazancını ve parlamayı sınırlamak için otomatik olarak ayarlanmaktadır [Web 31, 2014].

Aşağıdaki tabloda yapıda kullanılan cephe teknolojileri verilmiştir (Tablo 4.34).

Tablo 4.34: The Leadenhall Binası'nda kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler					Cephede Kullanılan Malzemeler	
Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren
	✓	✓		✓		

4.2.7. The Salesforce Kulesi



Şekil 4.66: Salesforce Kulesi.

Tablo 4.35: Salesforce kulesi künyesi.

<i>Bina Adı</i>	Salesforce Kulesi
<i>Yeri</i>	San Francisco, ABD
<i>Bitiş Tarihi</i>	2018
<i>Yükseklik</i>	326 m
<i>Kat Sayısı</i>	61 Kat
<i>Mimar</i>	Pelli Clarke/Pelli Architects
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Çelik ve Betonarme Kompozit

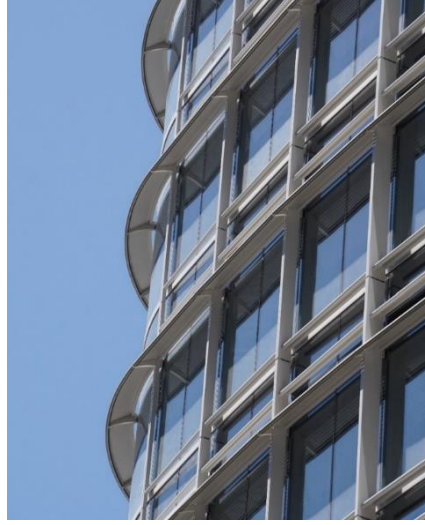
326 metre yüksekliğindeki kule sivri silüeti sayesinde dikilitaş vari basit ve zamansız bir forma sahiptir (Şekil 4.66)- [CTBUH, 2018]. Duvarlar sedefli metal üzeri şeffaf camdan oluşmaktadır. Yapı kavisli köşelere sahiptir ve tepesi incelerek bitmektedir [Web 32, 2018].

En üst katta altı katın dışı, birlikte düşük çözünürlüklü, hareketli, renkli görüntüler gösteren enerji değiştiren 11.000 adet led ekrandan oluşmaktadır. Bilgi teknolojisi ile çalışan ve şehrin farklı unsurlarını yakalayan, rüzgâr ritimlerini, havanın düzenini, kuşların göçünü ve insan faaliyetlerini inceleyen çok sayıda kamera bu kata yerleştirilmiştir ve bu görüntüler ekrana yansıtılmaktadır (Şekil 4.67)- [Web 33, 2018].



Şekil 4.67: Salesforce Kulesi son katta bulunan led ekranlar.

Kulenin her katında pasif olarak güneş kazancını azaltan ve bununla birlikte ışığı ve görüşü en üste çıkarmak için yerleştirilmiş olan metal güneşlikler mevcuttur (Şekil 4.68)- [Web 34, 2018]. Yüksek performanslı cam cephe kullanılan alanların %75'inin doğal güneş ışığı almasını sağlar [Web 35, 2019].



Şekil 4.68: Salesforce Binası'nda cephede bulunan metal güneşlikler.

Kule sakinlerinin sağlığı açısından cepheye sorunsuz şekilde entegre edilmiş hava giriş panjurları mevcuttur (Şekil 4.69)- [Web 35, 2019]. Panjurlar iç ortam kalitesini mümkün olan en temiz hale getiren elektro-mekanik sistemlerle desteklenmektedir.



Şekil 4.69: Salesforce Binası'nda bulunan havalandırma sistemi.

Aşağıdaki tabloda yapıda kullanılan cephe teknolojileri verilmiştir (Tablo 4.36).

Tablo 4.36: Salesforce Kulesi'nde kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler				Cephede Kullanılan Malzemeler		
Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren
	✓	✓	✓	✓		✓

4.2.8. Doha Kulesi



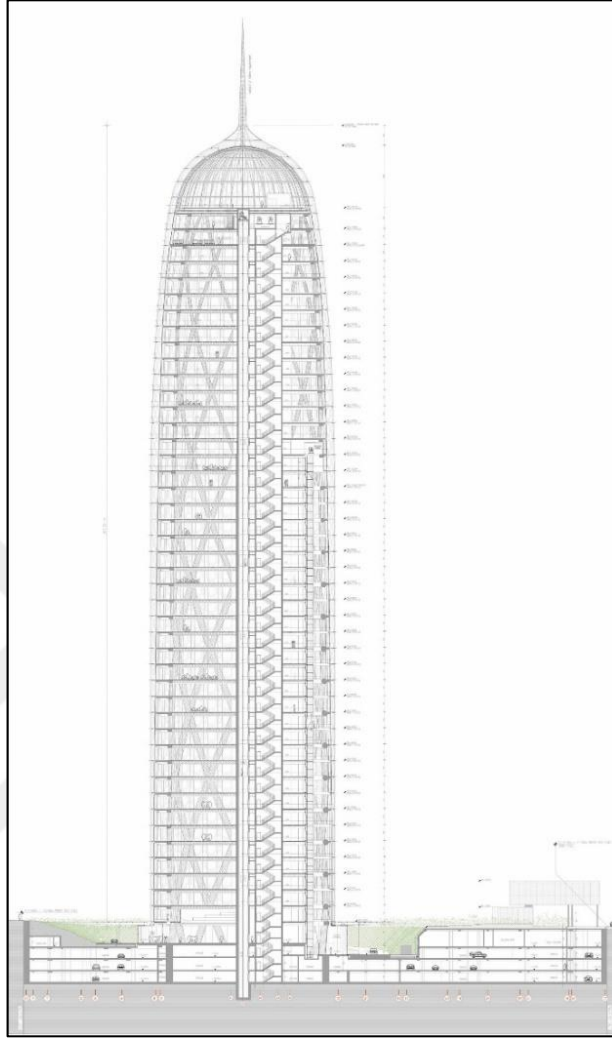
Şekil 4.70: Doha Kulesi.

Tablo 4.37: Doha Kulesi künyesi.

<i>Bina Adı</i>	Doha Kulesi
<i>Yeri</i>	Doha, Katar
<i>Bitiş Tarihi</i>	2012
<i>Yükseklik</i>	238 m
<i>Kat Sayısı</i>	46 Kat
<i>Mimar</i>	Ateliers Jean Nouvel
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Çelik ve Betonarme Kompozit

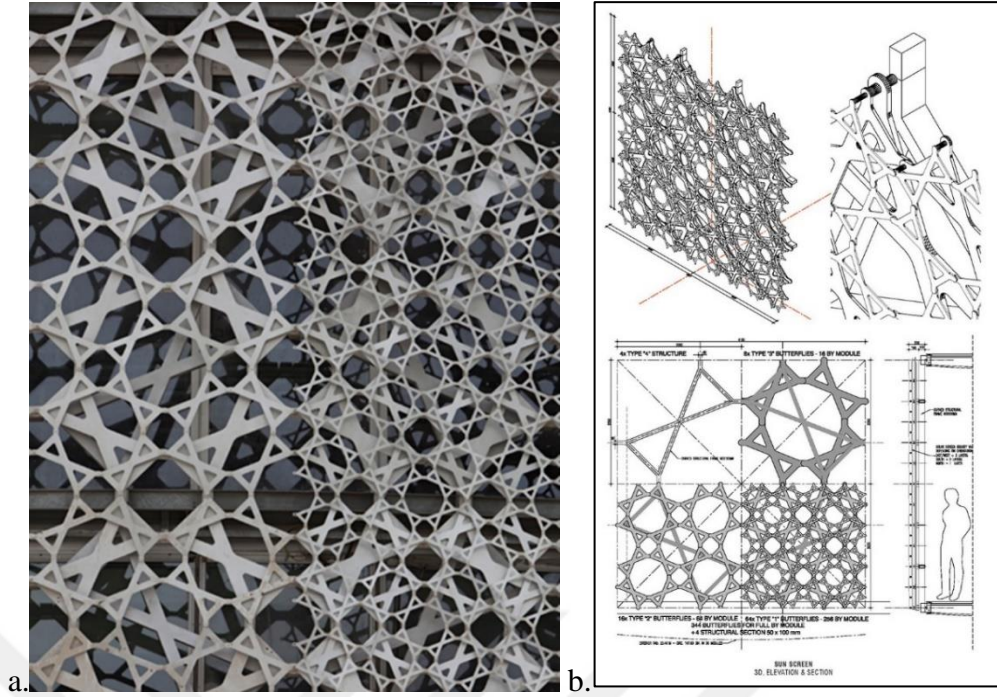
Doha Kulesi çapı 45 metre olan silindirik bir hacimdir (Şekil 4.70)- [Web 36, 2012]. Çelik ve beton yapı silindir etrafında kıvrılan bir ızgarayı takip etmektedir. Tasarım diagrid betonarme yapı kabuğu kullanımının başarılı bir örneklerindedir. İç betonarme silindirik cepheye bağlanan bir X şekli oluşturmakta ve çekirdek içinde

daha fazla açık alan oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 4.71)- [Web 36, 2012] [Web 37, 2013].



Şekil 4.71: Doha Kulesi bina kesiti.

Cephede pasif bir sistem olan çift cidarlı cephe kullanılmıştır. Dış kaplama modern mimari ile antik İslami tasarımları bir araya getirmektedir. Farklı ölçeklerde bir araya gelen ‘kelebek’ alüminyum parçalar, güneşten koruma görevi gören Maşrabiye’den oluşmaktadır (Şekil 4.72)- [Web 36, 2012]. Dış kabuk narin dantel benzeri bir yapıya sahiptir. Kelebek parçaları yapının yönelimine ve güneşten korunma gereksinimlerine göre cephede yoğunluğunu değiştirmektedir. Parçaların oranı kuzeyde %25, güneyde %40, doğu ve batıda %60’tır [Web 36, 2012].



Şekil 4.72: a. Doha Kulesi cephesinde bulunan ‘kelebek’ler, b. Dış cepheye ait detaylar.

Yapının iç katmanı güneş korumasını tamamlayan yansıtıcı bir cam kaplamalıdır. Son olarak giydirme cephe arkasında yer alan güneşlikler her ofisin iç kısmından elektro-mekanik olarak kontrol edilebilmektedir. Gündüz saatlerinde çelik ve alüminyum cephedeki yansımalar ve gece silüetinde aydınlatma sayesinde çevreye hakimiyeti sağlam bir şekilde kuran bina mimarin amaçladığı görsel etkiyi yerine getirmektedir. Her kat doğuda körfezin, güneyde limanın, batıda şehrin, kuzeyde sahilin ve çölün panoramik manzarasını sunmaktadır. 27. katta 112 m yüksekliğinde bir atriyum da mevcuttur. Aşağıdaki tabloda yapıda kullanılan cephe teknolojileri verilmiştir (Tablo 4.38).

Tablo 4.38: Doha Kulesi’nde kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler					Cephede Kullanılan Malzemeler	
Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren
	✓	✓		✓		

4.2.9. PIF Kulesi



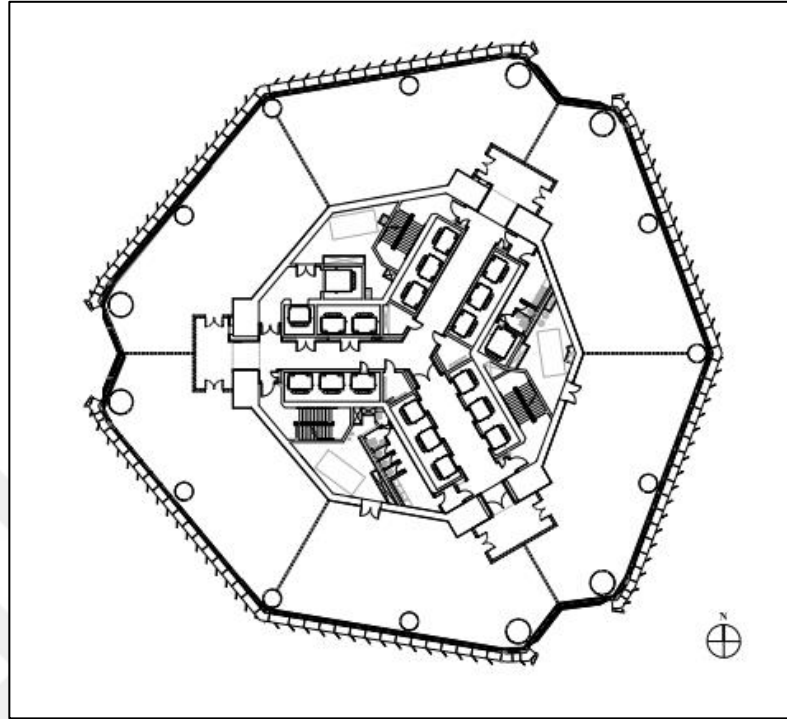
Şekil 4.73. PIF Kulesi.

Tablo 4.39: PIF Kulesi künyesi.

<i>Bina Adı</i>	PIF Kulesi
<i>Yeri</i>	Riyad, Sudi Arabistan
<i>Bitiş Tarihi</i>	2021
<i>Yükseklik</i>	385 m
<i>Kat Sayısı</i>	72 Kat
<i>Mimar</i>	Ormania ve HOK
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Çelik ve Betonarme Kompozit

Yapı Sudi Arabistan'ın Riyad şehrinde bölgenin zorlu iklim koşulları dikkate alınarak tasarlanmıştır. Kule 385 metre yüksekliğinde ve 182.137 metrekare brüt alana sahiptir (Şekil 4.73)- [Drwiesh, 2021]. Zemin plakaları esneklik, verimlilik ve doğal güneş ışığına erişim sağlayacak açıklıklı derinlikleri sağlama arzusundan doğmuştur.

LEED Gold sertifikalı bina bir gökdelen den beklenen aktif cephe ve işlevsel ikonik geometrisi ile ön plana çıkmaktadır (Şekil 4.74)- [Drwiesh, 2021].



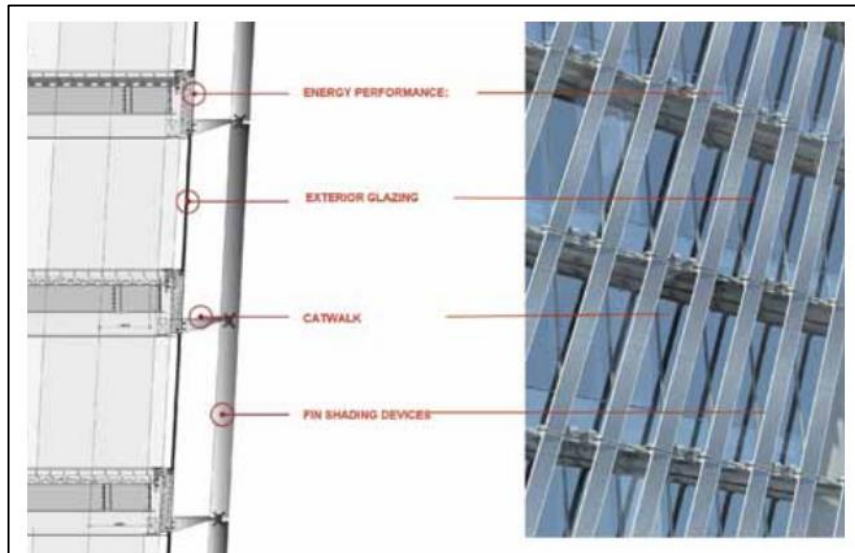
Şekil 4.74: PIF Kulesi'ne ait bir kat planı.

Sudi Arabistan'ın mevcut zorlu iklim koşulları yüksek yapı tasarımında da peşinde zorlukları getirmektedir. Bölgedeki yaygın problem olan yoğun güneş ışınımı faktörü; konfor koşullarını ve enerji kullanımını en çok etkileyen problemdir. Mevcut güneş radyasyonunu engellemek ve iç mekanların uygun sıcaklık şartlarına indirgenmesini sağlamak adına soğutma için çok fazla enerji harcanması; cephenin güneşi engelleyecek derece gölge yaratmasını sağlamak ve buna buna bağlı olarak iç mekânda yapay aydınlatmaya bağımlı hale gelinmesine sebep olmaktadır. Bu denli büyük kütleli binalarda yaşanan bir diğer sorun ise gün boyu güneşin enerjisini emen binanın akşam saatlerinde üzerinde biriktirdiği ısıyı iç mekanlara ve çevresine yaymasıdır. Ayrıca yerel çevreden kaynaklı sorunlardan birisi de mevsimsel olarak yaşanan kum fırtınaları ve buna bağlı olarak cephede biriken tozlardır. Bu hem cephede uygulanmak istenen sistemlerin verimli çalışmasını engellemekte, hem de düzenli temizlenmediği takdirde kullanıcı görüşünü kısıtlamaktadır. Bu tozların düzenli olarak temizlenme maliyeti ve bölgedeki kısıtlı su kaynaklarının bunun için kullanılması beraberinde büyük bir külfyet getirmektedir.

Tasarım ekibi tüm bu problemleri göz önüne alarak cephede güneşi kırma, fotovoltaiklerden enerji toplama, cephe aydınlatması ve yenilikçi bir cephe erişim sistemini içeren yüksek performanslı bir çözüm uyguladı. Cephede uygulanan sistemin ana bileşenleri şunlardır:

- Pasif olarak güneş kontrolü sağlayan üçlü yalıtımlı ünite tipi cam giydirme cephe,
- Temizlik işleri için her katta bulunan yatay bir portal veya podyum,
- Bilgi teknolojisi ile çalışan elektro-mekanik gölgelendirme için portala bağlı bir dizi açılı cam kanatçık,
- Binanın tepesinde bulunan enerji değiştiren bir malzeme olan fotovoltaik çiftliği ve
- Özel bir bina bakım ünite sistemidir (Şekil 4.75)- [Soto and Al-Shihabi, 2015].

Kanatlardan, kızaklardan ve delikli panellerden oluşan bu dış katman, üç bölmeli birleştirilmiş camın ısı verimini artırırken aynı zamanda gölge sağlamaktadır. Bu gölgeleme cihazları birlikte güneş enerjisi kazancını ve dahili soğutma yüklerini en aza indirerek HVAC gereksinimlerini azaltmaktadır [Web 38, 2021].

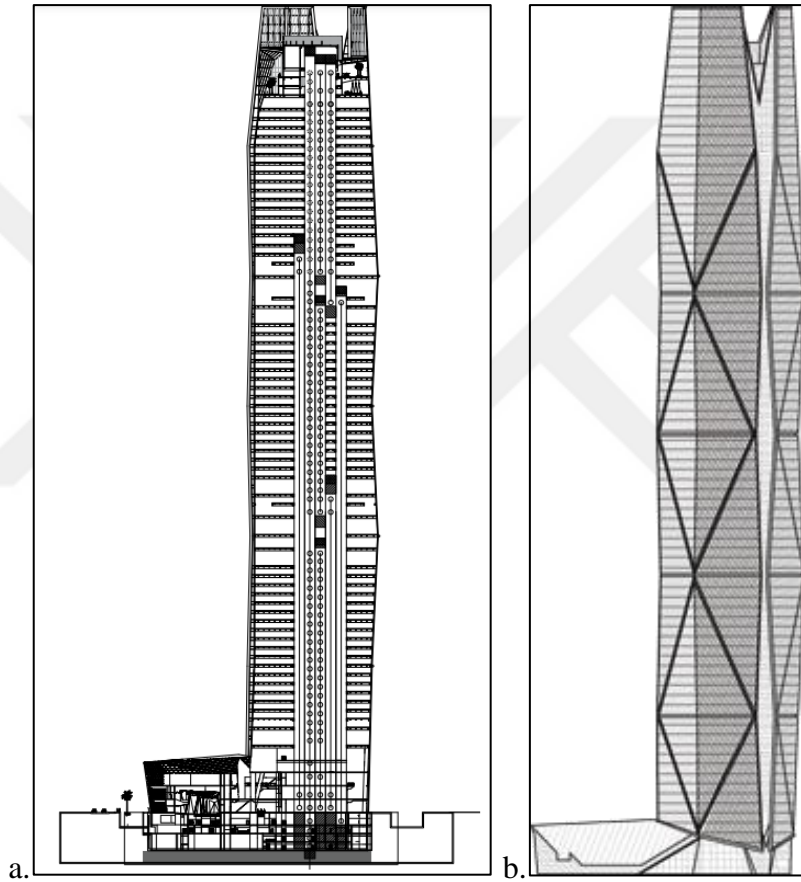


Şekil 4.75: PIF Kulesi'ne cephesinde bulunan kanatçık ve podyumlar.

Bina için istenen enerji performanslarına ulaşmak amacıyla güneş kazanç katsayısı optimum seviyelere ayarlanmıştır. Cam giydirme cephe sistemi frit desenli dikey 400 mm derinliğinde cam kanatçıkların bağlandığı polivinildenflorür (PVDF)

kaplı alüminyum ızgaralı yürüme yolundan oluşmaktadır. Kanatlar, güneş takibini hesaba katmak için hem plan hem de kesit konumlarında açılı optimize edilmiştir (Şekil 4.76)- [Soto and Al-Shihabi, 2015].

Cephe temizliği için kullanılacak olan podyumlar platform başı üç kişi kapasitelidir. Bu durum temizlik döngüsünü yılda 4 defadan 15 defaya çıkarılmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca veri ve güvenlik için kullanılan bakır tel tabanlı dağıtım sistemi yerine akıllı alt yapı sistemlerinin kullanılmasıyla dahili ısı kazancının da önüne geçilmiştir [Soto and Al-Shihabi, 2015].



Şekil 4.76: a. PIF Kulesi'nin boydan kesiti b. PIF Kulesi görünüşü.

Aşağıdaki tabloda yapıda kullanılan cephe teknolojileri verilmiştir (Tablo 4.40).

Tablo 4.40: PIF Kulesi'nde kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler				Cephede Kullanılan Malzemeler		
Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren
	✓	✓	✓	✓		✓

4.2.10. One World Trade Center Binası



Şekil 4.77: One World Trade Center Binası.

Tablo 4.41: One World Trade Center bina künyesi.

<i>Bina Adı</i>	One World Trade Center Binası
<i>Yeri</i>	New York, Amerika
<i>Bitiş Tarihi</i>	2014
<i>Yükseklik</i>	541 m
<i>Kat Sayısı</i>	94 Kat
<i>Mimar</i>	SOM
<i>Taşıyıcı Sistem</i>	Çelik ve Betonarme Kompozit

Yapı 2014 yılında tamamlanmış ve Batı yarım kürenin en yüksek kulesi konumuna gelmiştir (Şekil 4.77)- [Web 39, 2014]. Tabanda kübik bir plana oturan yapı yükseldikçe kenarlarından deformeye uğrayarak orta katlarda bir sekizgen oluşturmaktadır. Binaya verilmek istenen genel etki güneşin ve bulutların hareketlerine bağlı olarak konuma göre değişen bir kaleydoskop görüntüsüdür [Web 39, 2014].

Eski İkiz Kulelerin anısına saygıyla yapılan yapıda güçlü ve savunması yüksek görünümlü bir yapı imajı çizilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda SOM yönetici ortağı

Kenneth Lewis SOM'un mimarlarının bunu cepheyi tekdüze bir şekilde yaparak gerçekleştirdiklerini söylemiştir (Şekil 4.78)- [Web 39, 2014] [Web 40, 2015]. Geniş cam duvarlar bina içindeki cam duvarların pasif olarak %90 oranında doğal ışıktan faydalanmalarını sağlayarak yapay aydınlatma taleplerini düşürmüştür. Ayrıca cam güneş ışığından kaynaklanan gereksiz ısı kazancını önlemek adına düşük demir tozu oranlı bir kaplama ile kaplanmıştır. Dış kaplama kasırga gibi kuvvetli rüzgarlara dayanıklı olması için normalde olması gerektiğinden daha kalın olarak üretilmiştir. Kullanıcıların güvenliği için lamine edilmiş iç yüzey kalınlığı da konuma göre değişiklik göstermektedir.



Şekil 4.78: One World Trade Center Binası cephesi.

Lobi giriş kısmının üzerindeki camlar görüş açısına bağlı olarak bir dizi kırmızı, mor ve yeşil tonlarla sonuçlanan renk tayfını farklı kısımlarını yansıtıp emen dikorik bir kaplamaya sahiptir (Şekil 4.79)- [Web 39, 2014].



Şekil 4.79: One World Trade Center Binası giriş lobisi.

Aşağıdaki tabloda yapıda kullanılan cephe teknolojileri verilmiştir (Tablo 4.42).

Tablo 4.42: One World Trade Center Binası'nda kullanılan cephe teknolojileri.

Cephede Kullanılan Teknolojiler					Cephede Kullanılan Malzemeler	
Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren



4.3. İncelenen Yapıların Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında akıllı cephe teknolojileri incelenmiş ve bu cephelere teknoloji ve malzeme tabanlı bir sınıflandırma önerilmiştir. Teknoloji tabanlı sınıflandırmada cepheler; mekanik, elektro-mekanik, pasif, bilgi ve entegre olmak üzere 5 başlık altında incelenmiştir. Benzer şekilde malzeme tabanlı sınıflandırma ise özellik ve enerji değiştiren malzemeler olarak 2 başlık altında incelenmiştir. Sınıflandırmanın anlaşılması ve literatür araştırmaları sonucu edinilen bilgilere göre incelenmesi adına Türkiye'den 10, dünyadan 10 olmak üzere toplam 20 örnek yapı seçilmiştir. Yapı seçim kriterleri; yapıların yüksek yapı sınıfına dahil olması, ofis işleviyle kullanılması ve yapımının 2010 ve sonrasında tamamlanmış veya halen devam eden olarak sınırlandırılmıştır. Aşağıdaki tabloda Türkiye'den seçilen yapılar ve cephe sınıflandırılması görülebilmektedir (Tablo 4.43).

Tablo 4.43: Türkiye'den seçilen 10 yapının cephe sistemi sınıflandırması.

Yapılar	Cephede Kullanılan Teknolojiler					Cephede Kullanılan Malzemeler	
	Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren
<i>Nidakule Göztepe</i>			✓				
<i>Allianz Kule</i>		✓	✓	✓	✓		✓
<i>İstanbul Kulesi 205</i>		✓	✓	✓	✓		
<i>Maslak No. 1 Kulesi</i>	✓		✓				

Tablo 4.43: Devam.

<i>Soyak Kristal Kule Skyland</i>		✓	✓	✓	✓		
<i>Zorlu Levent 199 Vakıfbank Genel Müdürlük Kulesi Palladium</i>		✓	✓	✓	✓		
<i>AND Kozyatağı</i>	✓		✓				

- Nidakule Göztepe Binası; cephesinde kullanılan alüminyum güneşlikler ve camın pasif bir şekilde bir arada bulunmasından ötürü pasif teknolojiye sahip olarak sınıflandırılmıştır.
- Allianz Kule’de yer deplasmanlı havalandırma sistemi elektro-mekanik teknoloji, low-e kaplamalı cam giydirme cephe pasif teknoloji, yapının tepesinde kullanılan led ekranların varlığı ve düzenli olarak yapılan reklam yayınları sebebiyle bilgi teknolojisi ve enerji değiştiren malzeme sınıfına dahil olmaktadır. Ayrıca elektro-mekanik, pasif ve bilgi teknolojilerinin bir arada kullanılmasıyla entegre teknoloji de bu binada kullanılmaktadır.
- İstanbul Kule 205’te üçlü gümüş kaplamalı cam giydirme cephe ve kulakçık şeklindeki gölgeleme elemanları kullanımı mevcuttur. Bunlardan ötürü pasif teknoloji sınıfına dahil olmaktadır. Ayrıca cephede kullanıcıların kullanım sıklığına bağlı olarak otomatik havalandırma sağlayan elektro-mekanik kapaklı bir havalandırma sisteminin var oluşu, kulede bilgi teknolojisi ve elektro-mekanik teknolojinin kullanımını da doğrulamaktadır. Pasif ve bilgi ve elektro-mekanik teknolojinin bir arada kullanılması ile entegre teknolojinin varlığı da yapıda mevcuttur.
- Maslak No.1 Kulesi yarı saydam filmli cephe ve havalandırma için kullanılan mekanik pencerelere sahiptir. Pasif ve mekanik teknoloji bu yapıda kullanılmaktadır.
- Soyak Kristal Kule elektro-mekanik olarak kullanılan otomatik panjurlara sahiptir. Çift gümüş kaplamalı cam ile pasif olarak gölgeleme sağlanmaktadır.

Ayrıca güneş ışığının yönünü ve iklim verilerini öğrenerek otomatikleştirilmiş panjur, karbon miktarını tespit ederek gerekli havalandırma sağlayan sistemler sayesinde yapıda bilgi teknolojisinin de varlığı ispatlanmaktadır. Pasif, elektro-mekanik ve bilgi teknolojilerinin birlikte kullanımı ile entegre teknolojinin varlığı da yapıda mevcuttur.

- Skyland'de elektronik pencere kullanımı ile elektro-mekanik teknoloji, pasif gölgeleme sağlayan cam cephe ve bilgi teknolojisi sayesinde iklim durumuna göre çalışan panjur ile entegre teknoloji yapıda kullanılmaktadır.
- Zorlu Levent 199 binasında kullanılan led ışıklandırmalar enerji değiştiren malzeme kullanımına ve fritli cam, yatay bant alüminyum güneşlik ile pasif teknoloji kullanımına işaretir.
- Vakıfbank Genel Müdürlük Kulesi cam giydirme cephe ile pasif olarak güneş kontrolü sağlamaktadır.
- Palladium; elektro-mekanik cephe sistemlerinin kullanımı ve dışta ısı yalıtımlı cam kullanımı ile iç mekân pasif olarak korunmaktadır. Böylelikle entegre teknolojinin varlığından da söz edilmektedir.
- AND Kozyatağı delikli bir cepheye, alüminyum gölgeliklere sahiptir. Ayrıca gerektiğinde temiz hava için açılabilir yüzeyler ile mekanik ve pasif teknolojinin yapıda kullanımından söz edilmektedir.

Araştırılan yapılardan elde edilen verilere bakıldığında Türkiye'de bulunan yüksek ofis yapıları cephelerinde en çok kullanılan akıllı sistemin pasif teknoloji olduğu görülmüştür. Bütün yapılarda pasif teknoloji olarak özellikle güneş kontrolü sağlanmıştır. Pasif teknolojiyi entegre teknoloji ve elektro-mekanik teknoloji takip etmektedir. Pasif teknolojiye dahil edilen herhangi bir aktif sistem sebebiyle cephe sistemi entegre olarak sınıflandırılmaktadır. Elektro-mekanik sistemler ise özellikle doğal havalandırma için kullanılan pencerelerde ve güneş kontrolü sağlamak adına cephede kullanılan panjurlarda kullanılmaktadır. Bilgi teknolojisi dört yapıda bulunarak pasif ve elektro-mekanik teknolojinin arkasından gelmektedir. Bilgi teknolojisi en çok iklim verileri ve kullanıcı özelliklerini öğrenen panjur sistemlerinde kullanılmaktadır. Yapıların hiçbirinde özellik değiştiren malzeme kullanımına rastlanmamaktadır. Enerji değiştiren malzemeler ise sadece iki yapıda bulunmaktadır.

Dünya üzerinde seçilen yapılar da Türkiye’deki ile benzer şekilde yüksek yapı sınıfına dahil olan, ofis olarak kullanılan ve yapımı 2010 sonrasında tamamlanan yapılar arasından seçilmiştir. Aşağıdaki tabloda dünyadan seçilen yapılar ve cephe sınıflandırılması görülebilmektedir (Tablo 4.44).

Tablo 4.44: Dünyadan seçilen 10 yapının cephe sistemi sınıflandırması.

Yapılar	Cephede Kullanılan Teknolojiler					Cephede Kullanılan Malzemeler	
	Mekanik	Elektro-Mekanik	Pasif	Bilgi	Entegre	Özellik Değiştiren	Enerji Değiştiren
<i>Torre Reforma Binası</i>		✓	✓	✓	✓		
<i>Al Bahar Kuleleri</i>		✓	✓	✓	✓		
<i>1 Bligh Sokağı Binası</i>		✓	✓	✓	✓		✓
<i>Pearl River Kulesi</i>		✓	✓	✓	✓		✓
<i>NBS Osaki Binası</i>		✓	✓		✓		✓
<i>The Leadenhall Binası</i>		✓	✓		✓		
<i>Salesforce Kulesi</i>		✓	✓	✓	✓		✓
<i>Doha Kulesi</i>		✓	✓		✓		
<i>PIF Kulesi</i>		✓	✓	✓	✓		✓
<i>One World Trade Center Binası</i>			✓				

- Torre Reforma Binası’nda çift katmanlı cephe ve sabit yatay gölgelikler pasif olarak kontrol sağlamaktadır. Ayrıca şafak sökmeden otomatik olarak açılan pencerelerin varlığı yapıda elektro-mekanik ve bilgi teknolojisinin de kullanıldığını göstermektedir.
- Al Bahar Kuleleri basit giydirme cephesi ile pasif olarak güneş kontrollü sağlamaktadır. Ancak dinamik olarak çalışan ve aktüatörlere bağlı pistonlarla

hareket eden dış gölgelikler hem elektro-mekanik teknoloji, güneşi simüle etmesi ve sensörler yardımıyla dış hava koşullarını öğrenmesi sebebiyle bilgi teknolojisi sınıflandırması altına girmektedir. Ayrıca bu sistemlerin bir arada kullanılması ile entegre teknolojinin yapıda varlığından söz edilmektedir.

- 1 Bligh Sokağı Binası yüksek performanslı çift cidarlı cephesi sebebiyle pasif teknoloji başlığı altında yer almaktadır. Elektro-mekanik teknolojiye bağlı olarak çalışan panjurlar yapıya doğal havalandırma sağlamaktadır. Bu panjurlar ayrıca sensörler sayesinde yağmur, sıcaklık vb. verilerin algılanıp incelenmesiyle çalışmaktadır ve bunun için bilgi teknolojisini de kullanmaktadır. Fotovoltaik güneş pilleri enerji değiştiren malzemelerin yapıda kullanıldığını göstermektedir. Ayrıca pasif ve aktif sistemlerin bir arada kullanılması sebebiyle entegre teknoloji de yapıda mevcuttur.

- Pearl River Kulesi fritli cam kullanımıyla pasif teknoloji kullanımına işaret etmektedir. Ayrıca yapıda bulunan iklim kontrol sistemleri sayesinde otomatik olarak çalışan panjurlar bilgi ve elektro-mekanik teknolojinin de yapıda kullanıldığını göstermektedir. Güneş panellerinin yapıya entegre edilmiş olması ile enerji değiştiren malzemelerde yapı cephesinde bulunmaktadır. Böylelikle yapı entegre teknoloji başlığı altında da kendine yer bulmaktadır.

- NBF Osaki Binası yapı cephesinde elektro-mekanik sistemlerle suyun sirküle edilmesini sağlamaktadır. Bu sistemin çalışması için kullanılan güneş pilleri ile enerji değiştiren malzemelerin yapıda kullanıldığında da bahsedilebilmektedir. Entegre teknolojiye sahip olan yapıda suyun çevre sıcaklığı ile buharlaşması ve böylelikle yapı içini ve çevresini soğutması da pasif yolla gerçekleşmektedir.

- The Leadenhall Binası'nda çift katmanlı şeffaf cam cephe pasif yolla güneş kontrolü sağlamaktadır. Ayrıca elektro-mekanik sisteme bağlı motorlu panjurlar sayesinde de yapıda istenmeyen ısı kazançları engellenebilmektedir. Pasif ve elektro-mekanik sistemlerin bir arada kullanılması ile yapı entegre teknoloji başlığı altında da sınıflandırılabilir.

- Salesforce Kulesi sedefli metal üzeri şeffaf cam metal güneşlik sayesinde pasif olarak gölgeleme sağlamaktadır. Yapının son altı katına yerleştirilen led ekranlar sayesinde çevre verilerini algılayarak üzerinden yayın yapılmaktadır. Böylelikle yapıda hem enerji değiştiren malzemelerin varlığı hem de bilgi teknolojilerin varlığından söz edilmektedir. Ayrıca cepheye entegre olan havalandırma sistemi ile

elektro-mekanik şekilde havalandırma sağlanmaktadır. Pasif ve aktif sistemlerin bir arada kullanılması yapının entegre teknoloji başlığı altında sınıflandırılmasını sağlamaktadır.

- Doha Kulesi çift cidarlı cephe ve alüminyum parçalardan oluşan katman ile pasif, otomatik kontrollü iç panjurlar ile elektro-mekanik olarak sınıflandırılmaktadır. Hem pasif hem de elektro-mekanik sistemlerin bir arada bulunuşu entegre teknolojilerin varlığını da söz konusu hale getirmektedir.
- PIF Kulesi pasif olarak üçlü yalıtımlı giydirme cephe, optimize edilebilen cam kanatçıklar ile bilgi ve elektro-mekanik teknolojileri başlıkları altında sınıflandırılmaktadır. Entegre olarak bir arada bulunan bu teknolojilerin dışında yapıda bulunan fotovoltaikler ile enerji değiştiren malzemelerin de yapıda bulunduğu söylenebilmektedir.
- One World Trade Center Binası ise sadece düşük demir tozu içeren cam giydirme cephe ile pasif olarak güneş kontrolü sağlamaktadır.

Araştırılan yapılardan elde edilen verilere bakıldığında dünyada bulunan yüksek ofis yapıları cephelerinde de en çok kullanılan akıllı sistemin pasif teknoloji olduğu görülmüştür. Bütün yapılar Türkiye’de olduğu gibi pasif teknoloji olarak özellikle güneş kontrolü sağlanmıştır. Pasif teknolojiyi entegre teknoloji ve elektro mekanik teknoloji takip etmekte ve 9 yapıda bulunmaktadır. Elektro-mekanik sistemler güneş kontrolü sağlamak adına cephede kullanılan panjurlarda ve cepheye eklenen gölgeleme elemanlarında kullanılmaktadır. Bilgi teknolojisi ise 6 yapı ile elektro-mekanik ve entegre teknolojinin arkasından gelmektedir. Bu teknoloji en çok yapılarda bulunan led ekranlarda ve sensörler aracılığıyla dış hava koşullarının yapı tarafından öğrenilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Dünya üzerinde incelenen yapılarda Türkiye’den farklı olarak enerji değiştiren bir malzeme olan fotovoltaiklerin kullanımına sıklıkla rastlanmıştır. Fotovoltaikler cephede hareket gerektiren elektro-mekanik parçaların çalışması için gereken enerjiyi karşılamak amacıyla kullanılmıştır. Son olarak Türkiye ile benzer şekilde yapıların hiçbirinde özellik değiştiren malzeme kullanımına rastlanılmamaktadır.

Özellik değiştiren malzemeler incelenen örnekler arasında rastlanmasa da dünya üzerinde farklı yapıların cephelerinde kullanımına rastlanmaktadır.

İsviçre’de bulunan Senior Citizens’ Apartmanı (Şekil 4.80)- [Ritter, 2007] cephesinde faz değiştiren malzemeye sahip bir yapıdır. Apartmanın güney

cephesindeki camlara depolama elemanı olarak eklenmiş olan hidrat tuzlu bloklar sayesinde yalıtımlı bir cam oluşturulmuştur. Yaz aylarında ısı birikimini azaltmak için cepheye yerleştirilen prizmatik paneller dik gelen güneş ışınlarını yansıtmaktadır. Kış aylarında ise eğimli gelen güneş ışınları cephe konstrüksiyonunun içinden geçerek faz değiştiren malzeme paneline çarpmakta ve termal bir radyasyona dönüşmektedir. Hidrat tuzu eriyerek bu ısıyı depolamaktadır. Oda sıcaklığı $+26^{\circ}$ altına düştüğünde erimiş tuz kristalleşerek depoladığı enerjiyi odaya vermektedir. Hidrat tuzunun farklı fazlarda bulunma durumu cephenin optik görünümünden gözlemlenebilmektedir. Eğer cephe opak görünüyorsa hidrat yüksüz, yarı saydam veya şeffaf halde ise hidrat tuzu yükleniyor veya tamamen ısı yüklü olduğu anlaşılmaktadır [Ritter, 2007].



Şekil 4.80. Senior Citizens' Apartmanı cephesi.

5.SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Yüksek yapılar ortaya çıkışından itibaren çok fazla gelişme göstermiştir. Sanayi devrimi ile malzeme teknolojisinde yaşanan gelişmeler yüksek yapıların cephelerini oldukça etkilemiştir. 1970'lerde yaşanan enerji krizi sonucu daha az enerji harcayan ancak bununla birlikte iç ortam konfor koşullarını iyileştiren cepheler oluşturulmaya başlanmıştır. Akıllı cephe kavramı da bu süreçte ortaya çıkmıştır.

Akıllı cephe gelişmeye sürekli devam eden bir kavram olduğundan net bir terminoloji ve sınıflandırmanın ortaya çıkmamış olması beklenen bir durumdur. Ancak akıllı cepheleri incelemek ve kullanılan sistemi anlamak adına cephede gerçekleşen dönüşümün nasıl gerçekleştiğini bilmek gerekmektedir. Bu yüzden bu cepheleri malzeme ve basit veya komplike aygıt boyutunda sınıflandırmak gerekmektedir. Çalışma kapsamında cephede kullanılan cihaz ve aygıtların neden olduğu değişim teknolojiler üzerinden pasif, mekanik, elektro-mekanik, entegre ve bilgi teknolojisi, malzemenin kendi iç özelliğinden kaynaklı değişimler ise enerji ve özellik değiştiren malzeme üzerinden sınıflandırılmıştır.

Belirlenen sınıflandırma doğrultusunda Türkiye ve dünya üzerinden seçilen toplam 20 yapıda en çok kullanılan sistemin pasif teknoloji olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Pasif teknoloji gereken enerjiyi doğadan karşıladığı için hem ekolojik hem de ekonomik yönden en çok tercih edilen yöntem olmuştur. Pasif teknolojinin ardından entegre teknoloji en çok kullanılan ikinci sistemdir. Çünkü pasif ve mekanik teknoloji gibi enerjiyi doğadan ve insandan alan sistemlere eklenen herhangi bir aktif teknoloji sistemi entegre teknoloji sınıfına dahil etmektedir ve beraber hibrit çalışmaktadır. En çok tercih edilen üçüncü teknoloji ise elektro-mekanik teknoloji olmuştur. Özellikle cephenin önemli elemanlarından olan pencere ve panjurların uzaktan kontrolü yapılarda elektro-mekanik teknolojinin kullanımını arttırmıştır. Bilgi teknolojisi tüm teknolojiler içerisinde en son ortaya çıkan ve hala büyük bir gelişme gösteren teknoloji türüdür ve dördüncü sırada yer almaktadır. Yapılar malzeme açısından incelendiğinde yapılarda sadece enerji değiştiren malzemelere fotovoltaik ve led ekranlar olarak rastlanmıştır. Mekanik teknoloji sadece Türkiye'de incelenen binalar 2 binada bulunmaktadır. Özellik değiştiren malzemelere incelenen hiçbir yapıda rastlanmasa bile mimaride cephe üzerinde kullanımı bulunmaktadır. Tüm incelemeler sonucunda

enerji değiştiren malzemelerin dünya üzerinde Türkiye'den daha fazla yapıda kullanıldığı ancak yine de paralel bir cephe gelişimi gösterdiği söylenebilmektedir.

Türkiye ve dünyadan seçilen yapılar belirlenen sınıflandırma kapsamında cephe gelişimi buldukları iklimsel bölge, tasarım senaryoları, taşıyıcı sistem, bütçe gibi durumlardan hariç tutulmuştur. Gelecek çalışmalarda bu kriterlerden bir veya birkaçı dikkate alınarak incelendiğinde yüksek ofis yapı cephelerinin nasıl bir değişim göstereceği ayrıca başka bir araştırma konusudur. Sınıflandırma kapsamı aynı tutulup farklı kullanıcı profillerine yönelik yapılmış olan diğer yüksek yapı örnekleri incelenerek, yüksek ofis yapıları ve diğer yüksek yapı cepheleri oluşumu arasındaki farkın ortaya çıkarılması da mümkündür.



KAYNAKLAR

- Addington M., Schodek D., (2007), “Smart Materials and Technologies for the Architecture and Design Professions, Oxford: Elsevier Architectural Press, 1. Edition, 24 December 2004.
- Adell J., Garrido I., (2009), The Solar B&W House, An Alternative Sustainable Building for the Future Cities. In: Proceedings of City Futures '09 – An International Conference on Globalism and Urban Change.
- Adriaenssens S., et al., (2014), “Dialectic Form Finding of Passive and Adaptive Shading Enclosures”, *Energies*, 7(8), 5201 – 5220.
- Aelenei D., Aelenei L., Pacheco Vieira C., (2016), “Adaptive Façade: Concept, Applications, Research Questions”, SHC 2015, International Conference on Solar Heating and Cooling for Building and Industry Energy Procedia, 91, 269 – 275.
- Aelenei L., Aelenei D., Romano R., Mazzuccheli E. S., Brzezcki M., Rico-Martinez J. M., (2018), “Case Studies-Adaptive Facade Network”, TU Delft Open for the COST Action 1403 Adaptive Facade Network.
- Aksamija A., (2013), “Sustainable Facades: Design Methods for High-Performance Building Envelopes”, Wiley Edit, 256 p.
- Akta E., (2010), “An Evolution of Skyscraper Facades in Terms of Sustainability: In Case of Buyukdere Avenue”, Master Thesis, Fatih Sultan Mehmet Vakıf University, İstanbul.
- Akyazıcı B., (2019), “Teknolojinin Konut Mekân Tasarımına Etkisi ve Akıllı Evler: İstanbul Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, Işık Üniversitesi, İstanbul.
- Altın M., Orhon A. V., (2014), “Akıllı Yapı Cepheleeri ve Sürdürülebilirlik”, 7. Çatı ve Cephe Sempozyumu, İstanbul, Türkiye, 3-4 Nisan.
- Aston A., (2007), ‘A Skyscrapers Banking on Green’, *Bussiness Week*, 28th February.
- Aytis S., (1989), “Yüksek Yapıların Gelişimine Toplu Bakış”, Yüksek Binalar I. Ulusal Sempozyumu, 15.
- Bar-Cohen Y., (2011), “Biomimetics: Nature-Based Innovation”, CRC Press.
- Başarır B., (2019) “Tepki Veren Cepheleerin Standart Ürünlerle Tasarımı: Yeniden Tasarım Modeli”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Beevor M., (2010), “Smart Building Envelopes”, 4th Year Project Report, University of Cambridge, Department of Engineering, Submitted: June 2010.

Bedon C., Honfi D., Kozłowski M., Machalická K. V., Santos F., Wüest T., Eliášová M., Vokáč M., (2018), “Key Structural Aspects for Adaptive Facades- Activity Progress”, EU-cost action TU1403 ‘Structural’ Task Group, Int. J. Struct. Glass Adv. Mater. Res. 2, 135–154.

Bilgiç S., (2002), “Akıllı Cephe Sistemleri”, Ege Mimarlık, Sayı:44.

Biler A., Tavitl A. U., Su Y., Khan N., (2018), “A Review of Performance Specifications of Trickle Vents”, Building 2018 Journal, November 6th, (8) 152.

Biner İ., (2003), “Deplasmanlı Havalandırma Sistemleri”, VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi.

Blok R., Herwijnen F., (2006), “Quantifying Structural Flexibility for Performance-Based Life Cycle Design of Buildings”, In Scheublin F., Pronk A. D. C. (Eds), Proceedings of the Joint CIB, Tensinet, ASS International Conference on Adaptability in Design and Construction, Adaptable 2006, Eindhoven, Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven.

Boy J., (2017), “Mexico’s New Tallest is an ‘Open Book’”, CTBUH Journal 2017, Issue 1: 12 – 19.

Brown R., (2012), “High-Rise Sydney”, Best Highrises 2012/2013: The International High-Rise Award 2012, edited by: Michaela Busenkell & Peter Cachola Schmal, 22-25. Munich: Edition Detail.

Brugnarò G., Caini M., Paparella R., (2014), “Energy Saving Through Building Envelope Innovation: Smart Skin Design”, Recent Advances in Urban Planning, Sustainable Development, and Green Energy, Computer Science Published 2014, 35 – 44.

Bulgurcu H., (2014), “Havalandırma Yöntemleri”, Deneysan Ders Notları, 22 – 53.

Capeluto G., Ochoa C. E., (2017), “Intelligent Envelopes for High-Performance Buildings, Design and Strategy”, Springer, Cham, Switzerland.

Chalabee H., (2013), “Performance-Based Architectural Design: Optimization of Building Opening Generation Using Generative Algorithms”, Master Thesis, University of Sheffield.

Chun D. M. K., (2007), “Investigation Into the Cause of Pneumatic Actuator Failure on the Hypo Surface”.

Cilento K., (2012), “Al Bahar Towers Responsive Facade/Aedas”, 05 September 2012, Archdaily. (Erişim Tarihi: 08/01/2023).

Corbusier L., (1923), “Toward a New Architecture”, London: John Rodker Publisher.

CTBUH, (2013), <https://www.skyscrapercenter.com/building/pearl-river-tower/454>, (Erişim Tarihi: 15/01/23).

CTBUH, (2014), <https://www.skyscrapercenter.com/building/city-place-i/3170>, (Erişim Tarihi: 09/09/22).

CTBUH, (2018), <https://www.skyscrapercenter.com/building/salesforce-tower/290>, (Erişim Tarihi: 12/02/20229).

CTBUH, (2019), <https://www.skyscrapercenter.com/building/istanbul-tower-205/14383>, (Erişim Tarihi: 23/01/23).

CTBUH, (2022), “CTBUH Height Criteria for Measuring & Defining Tall Building”, https://cloud.ctbuh.org/CTBUH_HeightCriteria.pdf, (Erişim Tarihi: 14/07/2022).

D’Estre’e Sterk T., (2005), “Building Upon Negroponte: A Hybridized Model of Control Suitable for Responsive Architecture”, *Automation in Construction*, 14 (2005), 225 – 232.

De Tammerman N., Alegria Am L., Vergauwen A., Hendrickx H., De Wilde W. P., (2012), “Transformable Structures in Architectural Engineering”, In de Wilde W. P., Brebbia C. A., Hernandez S. (Eds), *High Performance Structures and Materials VI*, WITPress.

Decker M., Zarzycki A., (2013), “Designing Resilient Building with Emergent Materials”, *The Proceeding of eCAADe 32(2)*: 179 – 184.

Dökmeci V., Akkal L. B., (1993), “İstanbul Şehir Merkezi’nin Deformasyonu”, *Yapı Dergisi*, 143:43-47.

Dörter E., (2015), <https://www.emredorter.com/tr/projeler/mimari/zorlu-levent-199>, (Erişim Tarihi: 22/10/22).

Drwiesh A., (2021), <https://omrania.com/project/capital-market-authority-headquarters/>, (Erişim Tarihi: 16/01/23).

Duncan S., Zhu Y., (2016), “SOM and China: Evolving Skyscraper Design Amid Rapid Urban Growth”, *CTBUH Journal*, Issue IV.

Edwards G., (2012), https://en.wikipedia.org/wiki/1_Bligh_Street#/media/File:Space_1_Bligh_001.jpg, (Erişim Tarihi: 24/12/22).

Erell E., (2004), “‘SOLVENT’:Development of a Reversible Solar-Screen Glazing System.”, *Energy and Buildings*, 36(5), 467 – 480.

Ergin Ö., (2019), “Uyarlanabilir Cephe Sistemlerinde Güncel Yaklaşımlar ve Akıllı Malzeme Kullanımı”, *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul*.

Eşsiz Ö., (2004), “Teknolojinin Cam Cephe Panellerine Getirdiği Yenilikler”, 1. Ulusal Çatı ve Cephe Kaplamalarında Çağdaş Malzeme ve Teknolojiler Sempozyumu, 2-3 Nisan 2004, Çatıder, İstanbul, 73-82.

Ferguson S., Siddiqi A., Lewis K., De Weck O., (2007), “Flexible and Reconfigurable Systems: Nomenclature and Review”, ASME 2007 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Las Vegas, Nevada, USA, 249 – 263.

Fiorito F., Sauchelli M., Arrayo D., Pesenti M., Imperadori M., Masera G., Ranzi G., (2016), “Shape Morphing Solar Shadings: A Review”, Renewable and Sustainable Energy Review 55, 863 – 884.

Foster+Partners, (1997), “Commerzbank Building”, <https://www.fosterandpartners.com/projects/commerzbank-headquarters/>, (Erişim Tarihi:05/05/2022).

Fox M. A., Yeh B. P., (1999), “Intelligent Kinetic Systems in Architecture.”, In Proceedings of Managing Interactions in Smart Environments.

Gadelhak M., (2013), “High Performance Facades: Designing Office Building Facades to Enhance Indoor Daylighting Performance”, Master of Science in Architecture, Ain Shams University, Cairo.

Gan C., (2009), “CFD Modelling of Transparent Bubble Cavity Envelopes for Energy Efficient Greenhouses.”, Building and Environment, 44(12), 2486 – 2500.

Godspeed Publishing Co. (1891), “Industrial Chicago”.

Gosztanyi S., (2018), “The Role of Geometry for Adaptability: Comparison of Shading Systems and Biological Role Models”, Journal of Facade Design and Engineering, Special Issue Façade 2018 – Adaptive!, Volume 6/Number3/2018.

Grobman Y. J., Pankratov Yekutieli T., (2014), “Controlling Kinetic Cladding Components in Building Facades: A Case for Autonomous Movement.”, Rethinking Comprehensive Design: Speculative Counterculture, Proceeding of the 19th International Conference of Computer-Aided Architectural Design Research in Asia.

Gruber P., (2008), “The Signs of Life in Architecture. Bioinspiration & Biomimetics”, 3(2):023001.

Günel M. H., ve İlgin H. E., (2010), ‘Yüksek Binalar, Taşıyıcı Sistem ve Aerodinamik Form’, ODTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları, Ankara.

Gür V., Aygün M., (2008), “Mimaride Sürdürülebilirlik Kapsamında Değişken Yapı Kabukları için Bir Tasarım Destek Sistemi”, İTÜ Dergisi/ A Mimarlık, Planlama, Tasarım, Cilt:7, Sayı:1, 74 – 82.

Hascher R., Jeska S., Klauck B., (2002), “A Design Manual: Office Buildings”, Birkhauser Verlag AG., Berlin.

Hasol D., (2016), “Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü”, Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları, Harbiye, İstanbul.

Harry S., (2016), “Dynamic Adaptive Building Envelopes – An Innovative and State-of-the-Art Technology”, *Creative Space*, 3(2), 167 – 184.

Heusler W., Kadija K., (2018), “Advanced Design of Complex Façades”, 220 – 233, Received 26 April 2018, Accepted 25 June 2018, Published Online: 17 Jul 2018.

Horn R., Neusinger R., Meister M., Hetfleisch J., Caps R., Fricke J., (2000), “Switchable Thermal Insulation: Result of Computer Simulations of Optimization in Buildings”, *High Temperatures – High Pressures*, 32(6), 669 – 75.

Imbabi M., (2006), “Modular Breathing Panels for Energy Efficient, HealtyBuilding Construction”, *Renewable Energy*, 31(5), 729 – 730.

İsmail K., (2001), “Thermally Effective Windows with Moving Phase Change Material Curtains”, 21(18), 1909 – 1923.

Kaplan D., DemSimone S., Anlar F., (2015), “Modern Tower, Ancient City: Ronesans Tower”, *Global Interchanges: Resurgence of Skyscraper City*, Conference Proceeding.

Kara B., (2017), “Akıllı Bina Cephelerinin Sürdürülebilir Kalkınma Bağlamında İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, İstanbul.

Karanouh A., Kerber E., (2015), “Innovations in Dynamic Architecture: The Al-Bahr Towers Design and Delivery of Complex Facades”, *Journal of Facade Design and Engineering*, 3, 185 – 221.

Karasu B., Sarıcaoğlu B., (2018), “Cam Yüzey Kaplama Teknolojileri”, *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5 (2), 475 – 500.

Karlessi T., Santamouris M., Apostolakis K., Synnefa A., Livada I., (2009), “Development and Testing of Thermochromic Coasting for Buildings and Urban Structures”, *Solar Energy*, 83(4), 538 – 551.

Khoo C., (2013), “Morphing Architecture: With Responsive Material System”, Thesis, Architecture and Design School, RMIT University, Australia.

Kırkan H. S., (2005), “Çok Katlı Yüksek Yapıların Tasarımına Etki Eden Faktörlerin İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

Kızıllıkan Ö., Akbaş Ç., (2015), “Güneş Enerjisi Destekli Çok Fonksiyonlu Trijenerasyon Sisteminin Termodinamik Analizi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22 (1), 71-77.

Kolarevic B., (2015), “Towards Architecture of Change”, In Kolarevic B., Parlac V. (Eds.), *Building Dynamics: Exploring Architecture of Change*, pp 1 – 17, New York: Routledge.

Kolarevic B., Parlac V., (2015), *Building Dynamics: Exploring Architecture of Change*, New York, Routledge Press.

Kurnitski J., (2004) "Efficiency of Electrically Heated Windows", *Energy and Buildings*, 36(10), 1003 – 1010.

Kuznik F., David D., Johannes K., Roux JJ., (2011), "A Review on Phase Change Materials Integrated in Building Walls", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 379 – 391.

Leung C., Gage S., (2008), "Dynamic Building Envelopes", *Middle East Art Design and Architecture Magazine*, 3(3), 76 – 80.

Lochhead H., Oldfield D., (2017), "The role of Design Competitions in Shopping Sydney's Public Realm", *CTBUH Journal* 2017, Issue IV.

Loonen R. C. G. M., Trcka M., Costola D., Hensen J. L. M., (2013), "Climate Adaptive Building Shells: State – of – the – Art and Future Challenges", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25, 483 – 493.

Loonen R. C. G. M., Rico – Martinez J. M., Favaino F., Brzezicki M., Menezo C., La Ferla G., Aelenei L. L., (2015), "Design for Façade Adaptability: Towards a Unified and Systematic Characterization", in 10th Conference on Advanced Building Skins, 3 – 4 November 2015, Bern, Switzerland, 1284 – 1294, Munich: Economic Forum.

Ma Y., Zhang X., Zhu B., Wu K., (2002), "Research on Reversible Effects and Mechanism Between the Energy-Absorbing and Energy-Reflecting States of Chameleon-Type Building Coating", *Solar Energy*, 72(6), 511 – 520.

Matin N. H., Eydgahi A., (2019), "Technologies Used in Responsive Systems: A Comparative Study", *Intelligent Building International*, 5 Mar.

Maver T. W., (2002), "Predicting the Past, Remembering the Future", In *Proceedings of the SIGraDi 2002 Conference*, Caracas, Venezuela: SIGraDi, 2002, pp. 2 – 3.

Meagher M., (2015), "Design for Change: The Poetic Potential of Responsive Architecture", *Frontiers of Architectural Research*, 4, 159 – 165.

Meagher M., (2014), "Responsive Architecture and the Problem of Obsolescence", *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research* 8(3), 95 – 104.

Micronal, (2006), "Intelligentes Temperaturmanagement Für Gebäude", BASF, Ludwigshafen.

Miranda W., Safarik D., (2011), "Sustainable Tall Building Design Exemplars", *CTBUH Journal* 2011, Issue III: 12 – 19.

Moloney J., (2012), "Designing Kinetics for Architectural Facades: State Change", New York, Routledge.

Möller E., Nungesser H., (2015), “Adaptable Architecture by Frei Otto: A Case Study on the Future Viability of His Visions and Some Forwards Ideas”, Proceedings of IASS Annual Symposia, IASS 2015 Amsterdam Symposium: Future Visions – Historical Structures, 1 – 12.

Ochoa C. E., Capeluto I. G., (2008), “Strategic Decision-Making for Intelligent Buildings: Comparative Impact of Passive Design Strategies and Active Features in a Hot Climate”, Building and Environment, 43 (11), 1829 – 1839.

Oldfield P., Trabucco D., Wood A., (2009) “The Sustainable Tall Building”, Edition: 1, Routledge.

Ohyama K., (2017), “Seagram Building”, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Seagram_Building_%2835098307116%29.jpg, (Erişim Tarihi: 25/04/2022).

Oosterhuis K., (2003), “Hyperbodies: Towards An E – Motive Architecture”, Basel; Boston; Berlin: Birkhauser.

Orhon A. V., (2012), “Akıllı Malzemelerin Mimarlıkta Kullanımı”, Ege Mimarlık, Aralık 2012, s. 18-21.

Özbek A. S., (2020), “Karma Yapılarda konutun Dönüşümü: Kağıthane-Ayazağa Aksı örneklerine Alt Bir Karşılaştırma”, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, İstanbul.

Özek V., Erdoğan N., (1992), “Tarihsel Kimliği Olan Yerleşme Çevrelerinde Yüksek Yapıların Konumu”, II. Ulusal Sempozyumu, 49.

Özer B., (1983), “Mimaride Cephe Sorunu ve Çözümleri”, Yapı Dergisi, sayı 51, İstanbul.

Özgür A. E., Üçgül İ., Selbaş R., (1999), “Radyant Soğutma Tesisatı”, IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, 389 – 399.

Patel I., Uzun M., (2011), “The Requirement for Piezoelectric Smart Material for Current and Future Application”, Sigma-Journal of Engineering and Natural Sciences, sayı 29.

Pohl G., Nachtigall W., (2015), “Biomimetics for Architecture and Design, Nature Analogies Technology”, Springer Switzerland.

Poppinga S., Lienhard J., Masselter T., (2010), “Biomimetic Deployable System in Architecture”, In Proceedings of the Six World Congress of Biomechanics, p. 40 – 43.

Puma J., (1906), “Larkin Administration Building”, https://en.wikipedia.org/wiki/Larkin_Administration_Building#/media/File:LarkinAdministrationBuilding1906.jpg, (Erişim Tarihi: 18/04/2022).

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), 170 – 177.

Ritter A., (2007), “Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design”, Birkhauser, Berlin.

Ross L. A., Anstey K., Hofer S. M., Butterworth P., (2008), “Harmonizing Data Across Nine Studies: An Example of Depression from the DYNOPTA Study”, Australian Society for Psychiatric Research, Newcastle, Australia.

Sacripanti M., (1983), “Cephenin Ardından”, *Yapı Dergisi*, Sayı 50, İstanbul.

Schnädelbach H., (2010), “Adaptive Architecture-A Conceptual Framework”, *MediaCity: Interaction of Architecture, Media and Social Phenomena*, January, 523 – 556.

Sev A., Gür V., Özgen A., (2004), “Cephenin Vazgeçilmez Saydam Malzemesi Cam”, <file:///C:/Users/simay/Downloads/cam%20malzemeler.pdf>, (Erişim Tarihi: 01/03/2023).

Sherbini, K., Krawczyk R., (2004), “Overview of Intelligent Architecture”, *The Proceeding of E-design in Architecture*, Dhahran, Saudi Arabia.

So A. T., Chan W. L., (1999) “Intelligent Building Systems”, Kluwer Academic Publisher, America.

Soto R., Al-Shihabi B., (2015), “Iconic Office Tower Propels Saudi Arabia into the New Global Century: Challenges and Innovations”, *The Middle East: A Selection of Written Works on Iconic Towers and Global Place-Making*, Conference Proceeding, 114-125.

Tashakori M., (2014), “Design of Computer-Controlled Sun-Tracking Facade Model”, Thesis, The Pennsylvania State University.

Teuffel P., (2004), “Entwerfen Adaptiver Strukturen”, PhD Thesis, Universität Stuttgart.

Tiger T., (2007), “Old Colony Building (Chicago)”.

Tomlinson R., Baker W., Leung L., Chen S., Zhu Y., (2014), “Case Study: Pearl River Tower, Guangzhou”, *CTBUH Journal*, Issue II.

Tovarovi’c J. M., Ivanovi’c C-Sekularac J., Sekularac N., (2017), “Renovation of Existing Glass Facade to Implement Energy Efficiency and Media Facade”, Faculty of Belgrade, 11000 Belgrade, Bulevar Kralja Aleksandra 73/11, Serbia, Article in *Energy and Buildings*, 152, July 2017.

US. Office of Technology Assessment (1979), “Chapter XI-Technical Options”, In *Residential Energy Conservation*, p. 237.

Upadhyay K., Ansari A. A., (2017), “Intelligent and Adaptive Façade System – The Impact on the Performance and Energy Efficiency of Buildings”, Journal of Civil Engineering and Environmental Technology, Volume 4, Issue 3, April – June, 2017, pp:295 – 300, Krishi Sanskriti Publications.

Velasco R., Brakke A. P., Chavarro D., (2015), “Dynamic Façades and Computation: Towards and Inclusive Categorization of High-Performance Kinetic Façade Systems”, from the book, Computer-Aided Architectural Design Futures, The Next City – New Technologies and the Future of the Built Environment: 16th International Conference, (AAI) Futures 2015, São Paulo, Brazil, July 8 – 10, 2015, 72 – 191.

Velikov K., Thün G., (2013), “Responsive Building Envelopes: Characteristic and Evolving Paradigms”, Inbook: Design and Construction of High-Performance Homes: Building Envelopes, Renewable Energies, and Integrated Practise, Edition: 1, Chapter: 1.3, Publisher: Routledge, Editors: FrancaTrubiano.

Vermillion J., (2002), “Phototropic Architecture: Intelligent Responses to Sunlight Stimuli”, MSc Thesis, Ball State University.

Vincent J. F. V., Bogatyrev O. A., Bogatyrev N. R., Bowyer A., Pahl A. K., (2006), “Biomimetics – Its Practise and Theory”, Journal of the Royal Society Interface, April 2006.

Web 1, (2022), <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/intelligent?q=intelligent>, (Erişim Tarihi: 11/04/2022).

Web 2, (2018), <https://yalova.csb.gov.tr/low-e-kaplamali-camlari-taniyalim-haber-228981#:~:text=Low-E%20kaplama%20cam%20içinden,tarafından%20yeniden%20başka%20yöne%20yayılır>, (Erişim Tarihi: 01/03/2023).

Web 3, (2023), <https://www.guardianglass.com/tr/tr/why-glass/build-with-glass/glass-functions/solar-control#:~:text=Güneş%20kontrol%20camı%20güneş%20ısısının,yüksek%20termal%20performansı%20optimize%20eder>, (Erişim Tarihi: 01/03/2023).

Web 4, (2012), <https://iwfa.com/about-window-film/>, (Erişim Tarihi: 01/03/2023).

Web 5, (2020), <https://jeolojibilgileri.wordpress.com/2020/08/17/frit-nedir-frit-nasil-uretilir-ve-frit-olusumu/>, (Erişim Tarihi: 01/03/2023).

Web 6, (2013), <https://www.ergunmimarlik.com.tr/proje-detay/nidakule-goztepe>, (Erişim Tarihi: 05/09/2022).

Web 7, (2013), <https://fxcollaborative.com/projects/31/allianz-tower>, (Erişim Tarihi: 15/09/2022).

Web 8, (2014), <https://www.fehmikobaldesign.com/portfolio/allianz-tower>, (Erişim Tarihi: 15/09/2022).

Web 9, (2013), <https://www.yesilbinadergisi.com/edergi/21/24/48/index.html>, (Erişim Tarihi: 22/09/2022).

Web 10, (2014), <https://www.infolightart.com/urunlerimiz>, (Erişim Tarihi: 22/09/2022).

Web 11, (2019), <https://theplan.it/eng/award-2018-officebusiness/istanbul-tower-205-4>, (Erişim Tarihi: 23/09/2022).

Web 12, (2015), <https://emrearolat.com/project/maslak-no-1-office-tower/>, (Erişim Tarihi: 02/10/2022).

Web 13, (2016), https://www.tucsa.org/images/celik_yapilar/49/49_celik_yapilar_pdf_22072016183800.pdf, (Erişim Tarihi: 02/10/2022).

Web 14, (2016), <https://www.pcf-p.com/projects/soyak-kristalkule-finansbank-headquarters/>, (Erişim Tarihi: 10/10/2022).

Web 15, (2016), <http://www.hasmimarlik.com.tr/tanitim/medya/160107-Kristalkule-Cati%20Cephe%20Dergisi.pdf>, (Erişim Tarihi: 11/10/2022).

Web 16, (2018), <https://www.elekon-tr.com/media/1399/candela-sayi-02.pdf>, (Erişim Tarihi: 11/10/2022).

Web 17, (2018), <https://www.skylandistanbul.com>, (Erişim Tarihi: 18/19/22).

Web 18, (2015), <https://www.theplan.it/award-2016-officebusiness/zorlu-levent-1>, (Erişim Tarihi: 21/10/2022).

Web 19, (2015), <https://www.yalitim.net/edergi/18/136/20/>, (Erişim Tarihi: 21/10/2022).

Web 20, (2022), <https://www.theplan.it/award-2022-mixed-use/vakfbank-head-office-service-building-and-facilities-a-symbol-of-islamic-architecture-tabanlioglu-architects>, (Erişim Tarihi: 07/12/2022).

Web 21, (2015), <https://www.palladiumatasehir.com.tr>, (Erişim Tarihi: 13/11/22).

Web 22, <https://e-architect.com/istanbul/palladium-tower>, (Erişim Tarihi: 25/10/2022).

Web 23, (2015), <https://www.altensis.com/proje/palladium-tower/>, (Erişim Tarihi: 25/10/2022).

Web 24, (2016), <https://www.arkiv.com.tr/proje/and1/3207>, (Erişim Tarihi: 13/09/2022).

Web 25, (2016), <https://www.lbrarquitectos.com/portfolio/torre-reforma/>, (Erişim Tarihi: 24/01/23).

Web 26, (2017), <https://compark.ch/it/progetto/mexico-city-torre-reforma.html>, (Erişim Tarihi: 02/12/22).

Web 27, (2012), <https://www.arup.com/projects/al-bahr-towers>, (Erişim Tarihi: 10/12/22).

Web 28, (2011), <https://architectus.com.au/projects/1-bligh-street/>, (Erişim Tarihi: 05/12/2022).

Web 29, (2011), <https://www.arup.com/projects/1-bligh-street-sydney>, (Erişim Tarihi: 05/12/2022).

Web 30, (2012), https://www.nikken.jp/en/projects/office/nbf_osaki_building.html, (Erişim Tarihi: 13/01/2023).

Web 31, (2014), <https://rshp.com/projects/office/the-leadenhall-building/>, (Erişim Tarihi: 13/01/2023).

Web 32, (2018), <https://pcparch.com/work/salesforce-tower>, (Erişim Tarihi: 15/01/23).

Web 33, (2018), <https://www.archdaily.com/889519/salesforce-tower-pelli-clarke-pelli-architects>, (Erişim Tarihi: 14/01/2023).

Web 34, (2018), <https://www.salesforcetower.com/about/>, (Erişim Tarihi: 14/01/2023).

Web 35, (2019), <https://pcparch.com/work/salesforce-tower>, (Erişim Tarihi: 14/01/2023).

Web 36, (2012), <https://www.jeannouvel.com/en/projects/doha-9-hifgr-rise-office-tower/>, (Erişim Tarihi: 16/01/2023).

Web 37, (2013), <https://www.arch2o.com/doha-tower-jean-nouvel/>, (Erişim Tarihi: 16/01/2023).

Web 38, (2021), <https://www.hok.com/projects/view/pif-tower-cma-riyadh/>, (Erişim Tarihi: 17/01/2023).

Web 39, (2014), <https://www.som.com/projects/one-world-trade-center/>, (Erişim Tarihi: 19/01/2023).

Web 40, (2015), <https://siny.org/project/one-world-trade-center-facade/>, (Erişim Tarihi: 19/01/2023).

Werner C., De M., (2013), “Transformable and Transportable Architecture: Analysis of Buildings Components and Strategies for Project Design”, Master Thesis, Excola T cnica Superior de Arquitectura de Barcelona.

Winginton, M., Harris J., (2002), “Intelligent Skins”, Butterworth-Heinemann.

Willis C., (1995), “Form Follows Finance”, Princeton Architectural Press, New York.

Xia J., (2010), “Case Study: Shanghai Tower”, CTBUH Journal, Issue II.

Xu X., Van Dessel S., (2008), “Evaluation of an Active Building Envelope Window-System”, Building and Environment, 43(11), 1785 – 1791.

Yamanashi T., (2015), “Innovative Façade Systems of Japan”, CTBUH Journal, Issue II.

Yamanashi T., Hatori T., Ishihara Y., Kawashima N., Niwa K., (2011), “BIO SKIN Urban cooling Facade”, John Wiley & Sons, Online Library.

Young A., Annereau N., Butler A., Smith B., (2013), “Case Study: The Leadenhall building, London”, CTBUH Journal, Issue II.

ÖZGEÇMİŞ

Simay Aydınç 2015 yılında başladığı Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünü 2020 yılında başarıyla tamamlayarak 2021 yılında yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalında başladı. 2022 yılından bu yana Aterko Yapı Danışmanlık San. ve Tic. A.Ş. Şirketi'nde mimar pozisyonunda prefabrik, hafif çelik ve ağır çelik yapılar alanında çalışmaktadır.



EKLER

Ek A: Tez Çalışması Kapsamında Yapılan Yayınlar

Aydiñ S., Okbaz F.T., Pakdamar F., (2022), ‘‘Yüksek Yapılarda Kullanılan Akıllı Cephe Teknolojilerinin İncelenmesi’’, In: E. Yıldız, S. Büyüksahin, Editörler, ‘‘Barınma Kültürü Kitabı’’, Necmettin Erbakan Üniversitesi Yayınları.

