

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK BİLİM DALI

OFİS YAPILARINDA BİYOMİMETİK TABANLI
UYARLANABİLİR CEPHELERİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zeynep MASMAS

İstanbul
Temmuz-2024

T.C.
İSTANBUL SABAHATTİN ZAİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK BİLİM DALI

OFİS YAPILARINDA BİYOMİMETİK TABANLI
UYARLANABİLİR CEPHELERİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zeynep MASMAS

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Hakan İMERT

İstanbul
Temmuz-2024

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Mimarlık Anabilim Dalı, Mimarlık Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Hakan İMERT

Doç. Dr. Serhat ANIKTAR

Doç. Dr. İldem AYTAR SEVER

Onay

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Prof. Dr. Erhan İÇENER

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ

Yüksek lisans tezi olarak hazırladığım “**Ofis Yapılarında Biyomimetik Tabanlı Uyarlanabilir Cephelerin İncelenmesi**” adlı çalışmanın öneri aşamasından sonuçlandırıldığı aşamaya kadar geçen süreçte bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle uyduğumu, tez içindeki tüm bilgileri bilimsel ahlak ve gelenek çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığımı, bu çalışmamda doğrudan veya dolaylı olarak yaptığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu beyan ederim.

Zeynep MASMAS

ÖN SÖZ

Araştırmamdaki her aşamada bana yardımcı olan değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Hakan İmert'e, eğitim alanında dersleriyle bize vizyon katan çok değerli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Zeynep Kerem Öztürk, Dr. Öğr. Üyesi Erdem Köymen, Doç. Dr. Serhat Anıktar'a, lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca benden desteklerini esirgemeyen sevgili anne, babama ve dostlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Zeynep MASMAS
İstanbul-2024

ÖZET
OFİS YAPILARINDA BİYOMİMETİK TABANLI
UYARLANABİLİR CEPHELERİN İNCELENMESİ

Zeynep MASMAS

Yüksek Lisans

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Hakan İMERT

Temmuz, 2024- 81 Sayfa

Günümüzde ofis yapılarının kurumsal dünyada büyümeyi teşvik eden, çalışanların refahını ve performansını artıran ekosistemlere dönüştüğü görülmektedir. Bu bağlamda tez kapsamında ofis binalarında cephe tasarım yöntemlerinin yanı sıra biyomimetik tasarımdan etkilenen bina kabuklarının da olumlu etkilere yol açabileceği düşünülmektedir. Bu etkileri açıklığa kavuşturmak için, biyomimetik tasarımın potansiyel uyarlanabilirlik ile etkileşimi üzerine araştırma yapılarak dünya çapındaki çeşitli ofis binalarından seçilen örnekler analiz edilmiştir. Uyarlanabilir cephe tasarımlarının biyomimetik tasarımın alt parametrelerine olan uyumuna göre çıkan sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmada araştırmanın örnekleme dair veriler toplanarak, nitel araştırma yöntemiyle analiz edilmiştir. Enerji etkinlik ve biyomimetik arasında bağlantılar kurularak, gözleme dayalı olarak elde edilen bulgular değerlendirilmiş, tez çalışmasında uyarlanabilir cephe tasarımlarının biyomimetik tasarımın alt parametrelerine olan uyumu ortaya konmuş, sürdürülebilir ve enerji etkin tasarımların oluşmasında biyomimetik cephelerin etkin rol oynayabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Biyomimetik, Uyarlanabilir Cephe, Ofis Yapıları, Yapı Kabuğu

ABSTRACT
INVESTIGATION OF BIOMIMETIC BASED ADAPTIVE
FACADES IN OFFICE BUILDINGS

Zeynep MASMAS

Master

Thesis Advisor: Asst. Prof. Dr: Hakan İMERT

July, 2024- 81 Pages

Today, it is seen that office buildings have turned into ecosystems that promote growth in the corporate world and increase the well-being and performance of employees. In this context, the thesis suggests that in addition to façade design methods, building envelopes influenced by biomimetic design can have positive effects on office buildings. In order to clarify these effects, research on the interaction of biomimetic design with potential adaptability was conducted and selected examples from various office buildings around the world were analyzed. The results were evaluated according to the compatibility of adaptive façade designs with the sub-parameters of biomimetic design. In the study, data on the sample of the research was collected and analyzed by qualitative research method. By establishing links between energy efficiency and biomimetics, the findings obtained based on observation were evaluated, the adaptability of adaptive facade designs to the sub-parameters of biomimetic design was revealed in the thesis study, and it was seen that biomimetic facades can play an active role in the formation of sustainable and energy efficient designs.

Keywords: Biomimetics, Adaptive Facade, Office Buildings, Building Envelope

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	i
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİMİ	ii
ÖN SÖZ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
KISALTMALAR LİSTESİ	xii
BİRİNCİ BÖLÜM	1
GİRİŞ	1
1.1.Çalışmanın Amacı	2
1.2.Çalışmanın Kapsam ve İçeriği	2
1.3.Çalışmanın Önemi	2
1.4.Çalışmanın Yöntemi	3
İKİNCİ BÖLÜM	4
MİMARİDE UYARLANABİLİR CEPHE KAVRAMI	4
2.1. Uyarlanabilir Mimarlık Kavramı ve Cepheler.....	4
2.2. Uyarlanabilir Cephelerin Sınıflandırılması.....	5
2.3. Uyarlanabilir Cephe Çeşitleri	5
2.3.1. Aktif Cepheler	5
2.3.2. Gelişmiş Cepheler.....	6
2.3.3. Biyomimetik veya Biyo-İlham Cepheler.....	7
2.3.4. Kinetik Cepheler	8
2.3.5. Akılcı ve Akıllı Cepheler.....	8

2.3.6. Etkileşimli Cepheler	10
2.3.7. Duyarlı Cepheler.....	10
2.3.8. Değişirilebilir Cepheler	11
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....	12
BIYOMİMETİK TASARIM YAKLAŞIMI İLE OFİS YAPILARINA AİT CEPHELERİN ETKİLEŞİMİ	12
3.1. Doğadan İlham Alan Tasarım: Mimaride Biyomimetik.....	12
3.1.1. Tarihsel Süreçte Biyomimetik ve Mimarlık	13
3.1.2. Mimarlıkta Biyomimetik Tasarım Yaklaşımları	15
3.1.2.1. Biyolojiyi Arayan Tasarım.....	16
3.1.2.2. Tasarımı Etkileyen Biyoloji	17
3.2. Biyomimetik Tasarımın Uygulanma Düzeylerine Bakış.....	18
3.2.1. Organizma Düzeyi.....	21
3.2.2. Davranış Düzeyi	21
3.2.3. Ekosistem Düzeyi	22
3.3. Biyomimetik Strüktürlerin Sınıflandırılması	23
3.3.1. Ağaç Benzeri Strüktürler	23
3.3.2. İskelet Benzeri Strüktürler.....	26
3.3.3. Ağ Benzeri Strüktürler.....	27
3.3.4. Pnömatik Strüktürler.....	28
3.3.5. Kabuk Benzeri Strüktürler	30
3.4. Biyomimetik Mimarlığın Ofis Yapılarının Cephelerine Etkisi	31
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	33
OFİS YAPILARINDA BIYOMİMETİK TABANLI UYARLANABİLİR CEPHE ÖRNEKLERİNE BAKIŞ	33
4.1. Capital Gate Tower.....	33
4.2. Al Bahr Kuleleri	36

4.3. Sinosteel Uluslararası Plaza.....	38
4.4. Swiss Re Kulesi	40
4.5. Doha Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı Binası	42
4.6. CH2 Binası (The Council House 2).....	44
BEŞİNCİ BÖLÜM.....	48
OFİS YAPILARINDA BİYOMİMETİK TABANLI UYARLANABİLİR	
CEPHE ÖRNEKLERİNİN ANALİZİ.....	48
5.1. Biyomimetik Yaklaşım, Düzey ve Sınıflandırmalar Üzerinden Analiz	48
5.2. Biyometik Yaklaşımın Alt Parametreleri Üzerinden Analiz	51
ALTINCI BÖLÜM	53
DEĞERLENDİRME VE SONUÇ.....	53
KAYNAKÇA.....	56
ÖZGEÇMİŞ	66

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1: Termit Örneği ile Biyomimetiğin Uygulanışı (Organizma Düzeyi)	19
Tablo 3.2: Termit Örneği İle Biyomimetiğin Uygulanışı (Davranış Düzeyi)	20
Tablo 3.3: Termit Örneği İle Biyomimetiğin Uygulanışı (Ekosistem Düzeyi)	20
Tablo 4.1: Capital Gate Tower'ın Özellikleri	34
Tablo 4.2: Al Bahr Kuleleri 'nin Özellikleri	38
Tablo 4.3: Sinosteel Uluslararası Plaza'nın Özellikleri	39
Tablo 4.4: Swiss Re Genel Merkezi'nin Özellikleri	42
Tablo 4.5: Doha, Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı Binası Özellikleri	43
Tablo 4.6: CH2 Binası (The Council House 2) Özellikleri	47
Tablo 5.1: Örnek Ofis Yapılarının Biyomimetik Özellikleri	50
Tablo 5.2: Örnek Ofis Yapılarının Biyomimetik Düzeylerine Ait Alt Parametrelerle Etkileşimi	52

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Children’s Museum, Pittsburgh PA., Cephesi.....	6
Şekil 2.2: Kiefer Technic Showroom Cephesi	6
Şekil 2.3: Breathing Skins Cephe Prototipi	7
Şekil 2.4: Campus Kolding Cephesi	8
Şekil 2.5: RMIT Design Hub Cephesi	9
Şekil 2.6: The University of Cincinnati Cephesi	9
Şekil 2.7: Eskenazi Hospital Parking Structure Cephesi	10
Şekil 2.8: Arap Dünyası Enstitüsü Cephesi	11
Şekil 2.9: Festo Otomasyon Merkezi Cephesi.....	11
Şekil 3.1: Doğa Ve Mimari Yapılar Arasındaki Benzerlikler	13
Şekil 3.2: İnsan İskeletinden Esinlenilen Yapı Payandası.....	15
Şekil 3.3: Biyolojiye Bakan (Problem Odaklı) Tasarım Yaklaşımı	16
Şekil 3.4: Daimler Chrysler’ın Biyonik Araç Tasarımı.....	17
Şekil 3.5: Biyoloji Esinli (Çözüme Dayalı) Tasarım Yaklaşımı	18
Şekil 3.6: Gül Kelebeğinin Kanadından Esinlenerek Geliştirilen Güneş Pili.....	18
Şekil 3.7: Namibya Hidroloji Merkezi (sol) ve Namibya Çöl Böceği (sağ)	21
Şekil 3.8: Eastgate Binası (sol) Ve Akkarınca Yuvası (sağ)	22
Şekil 3.9: Zira Island Projesi	23
Şekil 3.10: Frei Otto'nun Dallanma Teorisi.....	24
Şekil 3.11: Calatrava'nın Ağaç Benzeri Yapılarından Örnekler BCE Place (a), Bauschanzli Restaurant Oriente İstasyonu (b).....	25
Şekil 3.12: Çağdaş Ağaç Benzeri Yapılardan Örnekler Stuttgart Havaalanı Yolcu Terminali.....	25
Şekil 3.13: İskelet Benzeri Yapılardan Eyfel Kulesi (a) ve Femur Görüntüleri (b)	26
Şekil 3.14: Münih Olimpiyat Stadı.....	27
Şekil 3.15: Montgolfier Kardeşlerin Sıcak Hava Balonu (a) (1783) (Herzog, 1977) , Jacques Charles Hidrojen Balonu (b) (1783).....	28
Şekil 3.16: Tokyo Büyük Yumurta Kubbesi	29
Şekil 3.17: Archipelago (a), Architects of Air (b).....	30
Şekil 3.18: (a) Sydney Opera Binası, (b) L'Océanogrâfic	30
Şekil 4.1: Capital Gate Tower	33
Şekil 4.2: Capital Gate Diagrid Sistemi.....	35

Şekil 4.3: Al Bahr Kuleleri	36
Şekil 4.4: Al Bahr Kuleleri Mashrabia Gölge Mekanizması	37
Şekil 4.5: Al Bahr Kuleleri	37
Şekil 4.6: Sinosteel Uluslararası Plaza	38
Şekil 4.7: Pencereler, Yapının İçine Işık Ve Hava Girmesini Sağlayacak Şekilde Düzensiz Olarak Düzenlenmiştir	39
Şekil 4.8: Gherkin Kulesi/ Swiss Re Genel Merkezi.....	40
Şekil 4.9: Swiss Re Kulesi'ne Ait Strüktürel Sistem.....	41
Şekil 4.10: Swiss Re Kulesi'ne Ait Sistem.....	41
Şekil 4.11: Venüs bitkisi süngeri ve Swiss Re Kulesi	42
Şekil 4.12: Binanın Tasarımı Bir Kaktüs Bitkisine Dayanmaktadır.....	43
Şekil 4.13: CH2 Binası	44
Şekil 4.14: Binanın Termit Tepeciklerini Andıran Pasif Soğutma Sisteminin Nasıl Çalıştığını Göstermektedir	45
Şekil 4.15: Dalgalı Ve Termit Höyüğünü Andıran Tavan Hava Sirkülasyon Şeması	45
Şekil 4.16: Kuzey Cephesinde Bulunan Rüzgar Boruları , Cephenin Üst Üste Binen Katmanları	46
Şekil 4.17: Termit Kulesi.....	47

KISALTMALAR LİSTESİ

Çev.	: Çeviren
Vd.	: Ve Diğerleri
Bkz.	: Bakınız
Vb.	: Ve benzeri

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca toplumlar yaşamın devamlılığı üzerine düşünmektedir. Temel ihtiyaçlarını karşılayabilmek için doğa ile bir mücadele halinde bulunmaktadır. Bu bağlamda insanoğlunun ihtiyaçlarının zamana göre farklılaşması, teknolojiye ileriye adımlar ile doğaya zarar veren kaynakların kullanımındaki artış çevrede bozulmalara yol açmış ve canlıların yaşamını olumsuz yönde etkilemiştir (Gökşen, Güner ve Koçhan, 2017).

Bu süreçte insanlar doğayı izlemiş, doğada gördükleri farklılıkları takip etmişlerdir. Doğayla ilgili gözlem yoluyla anlaşılacak bilgiler ve bu bilginin insan problemlerine aktarılması yeni yaklaşımlar aranmasına yol açmıştır (Öztoprak, 2020). İnsanlarda tıpkı diğer canlılar gibi çevresinde bulunan nesnelere ve doğal varlıkları öğrenmeye, yaşamlarında kullanmaya başlamışlardır. Tasarım ölçütlerinde en temel aldıkları kıstas rüzgâr yönü, topografya, güneşin konumu gibi doğa olayları olmuştur (Ersahin, 2022).

Mimarlık disiplinde çalışan uzmanlar karşılaştıkları çevresel ve gelişen teknoloji ile şekillenen mekânsal sorunların olumsuz sonuçlarına çözümler üretebilmek için doğadan öğrendiklerini taklit etmeye başlayarak tasarıma ilham kaynağı olabilecek alternatifler geliştirmeye odaklanmışlardır (A. Yazıcıoğlu, 2020). Doğanın öğretici olması prensibinden hareket ile yapılara ait cephelerin tasarım sürecine de yönelmiş, daha az enerji tüketen, doğaya asgari ölçüde zarar veren, geri dönüştürülebilen ve enerjisini yenilenebilir kaynaklardan elde eden tasarımlar oluşmaya başlamıştır (Çakmaklı, 2020).

Günümüzde insanlar günlerini çoğunlukla evleri ve iş yerleri arasında geçirmektedir. Yaşamlarını devam ettirmek için çalışmak zorunda olan insanoğlu daha konforlu, performanslarını artırabilecek, verimli olabilecek ofis yapılarına yönelmektedir. Bu bağlamda ofis yapıları, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması noktasında uyarlanabilir cephelerle ve biyomimetik tasarımın etki ettiği yapı kabuklarıyla bütün olarak çalışmaya ihtiyaç duymaktadır (Gündoğdu, Arslan,2020).

İç ortam ile dış ortam arasında ara yüz olan cepheler, biyomimetik yaklaşımda önemli rol oynamaktadır. Bu bağlamda farklı disiplinler temel alınarak biyo-esin (bioinspiration), biyomimikri (biomimicry), biyomimetik (biomimetic), biyonik (bionic), biyofili (biophilia), biyomorfik (biomorphic) gibi temeli doğanın çözümlenmelerine dayanan terimler ortaya çıkmıştır. Bu terimler içinde biyomimetik ekolojik ve çevreci çözümleri ile diğerlerinden ayrılmıştır (Gündoğdu, Arslan,2020).

1.1.Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada doğal çevreyle olan uyumun artırılması noktasında ofis yapılarına ait uyarlanabilir cepheler doğadaki sistemlerden ilhamla tasarlanabilir mi? sorusuna odaklanılmış; uyarlanabilir cephe tasarımlarının Zari'nin (2007) bir hiyerarşi içerisinde oluşturduğu biyomimetik tasarım düzeylerinin alt parametreleriyle olan etkileşimine göre çıkan sonuçların değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

1.2.Çalışmanın Kapsam ve İçeriği

Çalışmanın kapsamı, güncel örneklem bütünlüğünü yeterli oranda sağlayabilmek adına son 20 senede üretilmiş biyomimetik tabanlı uyarlanabilir cephelere sahip ofis yapıları seçilerek oluşturulmuştur. Örneklemin seçiminde proje aşamasında ya da uygulanması tamamlanmış olan çeşitli ölçekte projelere yer verilmiştir. Bu doğrultuda uyarlanabilir cepheler ile biyomimetik tasarım yaklaşımları sınıflandırılarak ofis yapılarıyla etkileşimleri çeşitli görseller üzerinden incelenmiş ve kavramsal bir zemin oluşturulmuştur. Çalışmanın kapsamını belirleyen tüm bu içerik bağlamında biyomimetik tasarımların uyarlanabilir cephelerle etkileşimi doğadan esinlenerek oluşturulmuş tasarım yaklaşımları, uygulama düzeyleri ve strüktür tiplerine ait izdüşümleri üzerinden analiz edilmiştir.

1.3.Çalışmanın Önemi

Ofis yapılarında uyarlanabilir cephelerin biyomimetik tasarıma ait alt parametreler üzerinden derinlemesine bir analiz süreciyle değerlendirilerek güçlü/zayıf yönlerinin ortaya konması ve yeni oluşacak tipolojiler üzerinde yapılacak önerilere katkı sunma potansiyelleri bağlamında çalışmanın; literatürde sınırlı olarak var olan araştırmalar haricinde son 20 seneye odaklanmış bir örneklem bütünü içerisinde analiz edilmiş olması yönünden önemli olduğu düşünülmektedir.

1.4.Çalışmanın Yöntemi

Tez çalışmasında; araştırmanın örnekleme dair veriler toplanarak, nitel araştırma yöntemiyle analiz yapılmıştır. Gözleme dayalı olarak elde edilen bulgular doğrultusunda analiz tablosu oluşturulmuştur. Analizin derinleştirilmesi için biyomimetik tasarım yaklaşımlarına ait alt parametreler kullanılmış, doğa ile uyum sağlayabilen uyarlanabilir cephelerin biyomimetik alt parametrelerinin karşılanma durumuna göre analiz yapılmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

MİMARİDE UYARLANABİLİR CEPHE KAVRAMI

Bu bölüm içerisinde uyarlanabilirlik kavramı temelinde cephelerin işleyiş ve sınıflandırmalarına yer verilerek, ofis yapıları özelinde biyomimetik tasarım ile etkileşimlerinin incelenmesi için kavramsal bir zemin oluşturulması amaçlanmıştır.

2.1. Uyarlanabilir Mimarlık Kavramı ve Cepheler

Cepheler en basit tanımıyla iç ve dış mekanı ayıran bir tasarım elemanı, başka bir tanımla, “dış hava değişkenleri ve iç mekân dinamikleri arasında statik bir bariyerdir” (Fecheyr-Lippens, Bhiwapurkar, 2017). Terim mimarlık sözlüğünde; “yapıyı dışarıdan oluşturan yüzeylerin tümü” ve “yapının kimliğini kazandıran öğelerden biri” olarak tanımlanmıştır (Hasol, 2014). Uyarlanabilir (adaptif) yapı sistemlerinin ise literatürde farklı tanımları bulunmaktadır. Marco Werner (2013); uyarlanabilir mimariyi anlatırken işlevlerde değişiklik olduğunda buna uyum sağlayıp değişebilecek veya değiştirilebilecek sistemler olarak tanımlamıştır. Loonen (2013) ise; iç ve dış mekân arasında değişen koşullara bağlı olarak işlevlerini veya davranışlarını değiştirebilen yapı sistemleri olarak ifade etmiştir.

Cepheler mimari tasarımda uyarlanabilirliğe katkı sağlayan yapı elemanlarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Uyarlanabilir cephe kavramı ile binanın performansı genel olarak iyileştirilmekte ve içinde bulunan koşullar dikkate alınarak enerjiden tasarruf sağlanmaktadır. Uyarlanabilir cephe ile kullanıcının gereksinimlerine hızlıca cevap verilerek, konfor düzeyinin yüksek seviyeye çıkması amaçlanmaktadır (Ferguson, S., Siddiqi, A., Lewis, K., De Weck, O., 2007). Ayrıca, uyarlanabilir cephe ve akıllı cephe kavramları literatürde birlikte kullanılabilirlerdir.

Literatürde “akıllı” terimi değişen iklim şartları ve bu iklim şartlarına uyum sağlayabilen binalar için kullanılmaktadır. Cephelerde bu akıllı teriminin içerisine dahil olduğunda bu terim “uyarlanabilir” olarak değişmiştir. Uyarlanabilir cepheler etkilerini gerçek zamanlı bir şekilde çevreye göre adapte edebilmektedir. Bu nedenle de konvansiyonel yapılara göre doğaya daha yüksek oranda uyum sağlanması mümkün olmaktadır. Farklı coğrafi alanlarda inşa edilmiş olan uyarlanabilir cephe sistemleri, bina teknolojileri ile daha da gelişmektedir (Ergin,2019).

2.2. Uyarlanabilir Cephelerin Sınıflandırılması

Uyarlanabilir cephe sistemlerinde işleyiş ve sınıflandırma birçok alt parametrede değerlendirilmektedir. Literatürde araştırmacılar bu cephe sistemlerini farklı alt başlıklarda inceleme yoluna gitmişlerdir. Bu doğrultuda kültürel yapı, sosyal yapı ve yaşam şekilleri, kitlesel veya örgütsel yapı, çevresel şartlar, mekânsal özellikler, teknik sistemler, kullanıcı müdahalesi gibi alt başlıklar kullanılmıştır (Schnädelbach, H., 2010).

Schnädelbach (2010)'e göre uyarlanabilir cephe bileşenlerini detaylı pratikler ile alakalı kategoriler dizisi izlemektedir. Tasarım çerçevesi; cephenin hangi tepkiler, öğeler, yöntemler ve adaptasyon etkisine göre uyarlanabildiğini gösteren adımlardan oluşmaktadır. Araştırmacılar uyarlanabilir cepheleri sınıflandırabilmek için Schnädelbach'e benzer adımları takip etmişlerdir. Uyarlanabilir cepheler için genel bir sınıflandırma olmamakla birlikte en önemli noktalardan birisi kontroldür. Uyarlanabilir cephelerde kontrol iki şekilde ortaya çıkmaktadır. Dışsal kontrol istenen ile mevcut durum arasındaki geri bildirim uyarlamaya dönüştürmektedir ve yapının üzerindeki kontrolü dağıtan merkezi sistemler üzerinden yapılmaktadır. İçsel kontrolde ise çevresel etkiler dönüştürülmekte ve direkt olarak kontrole dayanmaktadır. Ayrıca, uyarlanabilir cephelerde makro ölçek ve mikro ölçek olarak iki farklı hareket sistemi mevcuttur. Makro ölçekte çoğunlukla büyük ölçekli uyarlamalara ihtiyaç vardır ve dışsal kontrolle uyumlu çalışmaktadır. Mikro ölçekte ise uyarlamalar içsel davranış ile şekillenmekte ve küçük bir ölçekte gerçekleşmektedir (Velasco, R., Brakke, A.P. & Chavarro, D., 2015).

2.3. Uyarlanabilir Cephe Çeşitleri

Literatürde uyarlanabilirlik kavramı tanımlanırken akıllı, etkileşimli, duyarlı, değiştirilebilir, aktif gibi birçok şekilde kullanılmaktadır. Bu terimler uyarlanabilir cephe ile eş anlamlı olmamalarına rağmen ortak noktaları olan çevresel ve kullanıcı etkenleri paralelinde birbiriyle etkileşim kurmaktadır (Ergin,2019). Uyarlanabilir cephe çeşitleri aşağıda başlıklar halinde incelenmiştir.

2.3.1. Aktif Cepheler

Aktif cepheler hem dış hem de iç ortama tek başına uyum sağlayabilen dinamik cephelerdir. Konforu maksimum düzeyde tutarak enerji tüketimini de minimum seviyeye düşüren teknolojik sistemlerle birlikte çalışmaktadır. Hareket etme yetenekleri kinetik cephelerle benzeşmektedir. Şekil 2.1'de Pittsburgh'da Children's Museum binası aktif

cephelere ilişkin örnek olarak verilmiştir. Çocuk müzesi olarak binlerce kare ile kaplı güneşlik görevi gören cephe, rüzgarla birlikte hareket etmektedir. Bu hareket sayesinde iç ortamda gölgeleme sağlanmaktadır (Ochoa, C.E. & Capeluto, I.G., 2008).



Şekil 2.1: Children's Museum, Pittsburgh PA., Cephesi

Kaynak: URL-1,2024

2.3.2. Gelişmiş Cepheler

Gelişmiş cepheler yapının soğutma, havalandırma, ısıtma ve aydınlatma ihtiyacını karşılayan cephelerdir. Dış hava koşullarına karşı verimi artırarak enerjide de tasarruf sağlamaktadır. Gelişmiş cepheler enerji verimliliği yüksek olan cepheler olarak da değerlendirilmektedir (Heusler, W. & Kadija, K., 2018). Şekil 2.2'de Kiefer Technic Showroom Cephesi gelişmiş cephelere ilişkin örnek olarak verilmiştir. Bad Gleichenberg'de (Avusturya) bulunan galeri 2007 yılında Ernst Giselbrecht + Partner tarafından tasarlanmıştır. Alüminyum cephe sistemi, görünüşünü değiştirebilme özelliğiyle donatılmıştır. Bu alüminyum cephe sistemi otomatik olarak hareket edebilmektedir. Kiefer Technic Showroom Cephesi gün içerisinde kendisi veya kullanıcı müdahalesi ile ihtiyaçlar doğrultusunda uyarlanabilir bir cephe oluşturmaktadır (URL-2, 2010).



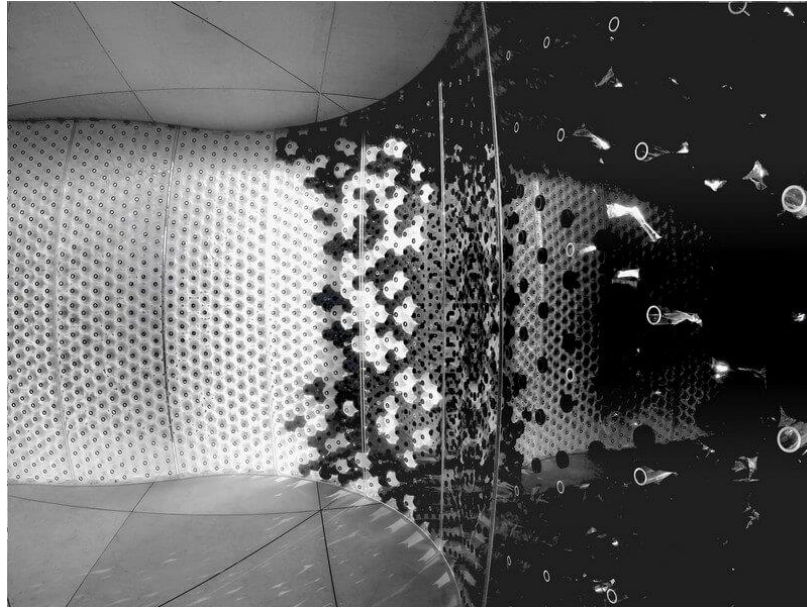
Şekil 2.2: Kiefer Technic Showroom Cephesi

Kaynak: URL-2, 2010

2.3.3. Biyomimetik veya Biyo-İlham Cepheler

Biyomimetik veya biyo-ilham cepheler doğadan ve canlılardan ilham alan cephelerdir. Biyo-ilham ile tasarım; malzeme kullanımı veya işlevsel olarak benzerlik dikkate alınarak yapılmaktadır. Biyo-ilham cephelerde dış etkenlere karşı ne zaman, nasıl tepki vereceğini bilen akıllı sistemler mevcuttur. Bu benzerlik insan derisinde de görülmektedir. İnsan derisi vücut sıcaklığını dengelemek için ter bezlerinin yaptığı; gözenek açma, terleme gibi işlemleri yerine getirmeye yardımcı olmaktadır (Badarnah, L. & Kadri, U., 2015).

Şekil 2.3'te biyomimetik veya biyo-ilham cephelere ilişkin örnek bir görsel verilmiştir. Breathing Skins Cephesi'ne ait prototip (Nefes Alan Deriler Cephesi) Tobias Becker tarafından tasarlanmıştır. Almanya'nın Mandelbachtal kentinde Simon Huffer ile ortaklaşa inşa edilen özel bir showroom'da sergilenmektedir. Breathing Skins Cephesi'ne ait prototip dış mekân ile iç mekân arasındaki ışık geçirgenliğini ayarlamak için canlı deriden ilham almaktadır. Kullanılan açıklık boyutu uyarlamaya göre değişmektedir. Prototip cephenin her metrekaresinde 'pnömatik kaslar' olarak tanımlanan 140 hava kanalı bulunmaktadır. Cephe iç ortama göre değişerek estetik bir görünüm kazanmaktadır (URL-3, 2016).



Şekil 2.3: Breathing Skins Cephe Prototipi

Kaynak: URL-3, 2016

2.3.4. Kinetik Cepheler

Kinetik cepheler, buldukları konuma ve çevreye kolayca uyum sağlayabilmektedir. Bu cephe tipinde belirli bir hareket mevcuttur. Ayrıca, bu hareketler sonucunda değişen cephelere uyum sağlayabilen teknolojik sistemler de söz konusudur (Gosztanyi, S., 2018). Şekil 2.4'te kinetik cephelere ilişkin Danimarka'da bulunan Campus Kolding yapısı örnek olarak verilmiştir. Cephesi üçgen panjurlardan oluşan yapı kinetik cephe uygulamasına örnektir. Üçgen panjurlar binadaki ışık hareketlerini sensörler sayesinde algılayarak çevirme hareketi yapmaktadır. Sensörler, panellerin açıktan yarıya ve tam açıklığa geçmesini sağlamaktadır (URL-4, 2015).



Şekil 2.4: Campus Kolding Cephesi

Kaynak: URL-4, 2015

2.3.5. Akılcı ve Akıllı Cepheler

Akıllı ve Akılcı cepheler birbirlerine çalışma biçimi bakımından benzer olmakla birlikte aralarında farklar bulunmaktadır. Akılcı cepheler minimum enerji ile maksimum verimi aktif ve pasif sistemlerden elde eden yapı kabuğu elemanları olarak tanımlanmaktadır. Akılcı cephelere bütün yapı entegre edilerek; iklimsel değişkenlere, iç ve dış mekân konforuna maksimum seviyede cevap verebilmektedir. İklimsel değişkenler mekân konforu gibi özellikler ile şekillenebilmektedir. Ayrıca, akılcı cephelerde canlıların birtakım özellikleri; algı, eylem, olaylar arası karşılaştırma yapabilme kapasitesi görülmektedir (Velikov, K., & Thün, G., 2013). Şekil 2.5'te akılcı cephelere ilişkin örnek bir görsel verilmiştir. RMIT Design Hub cephesi Avustralya'da bulunan cam disklerle kaplı çift cidarlı akılcı cephe örneklerindedir. Enerji kontrolünü sağlayabilmek için diskler adaptörler yerleştirilmiştir. Dahili bilgisayar buradaki hava durumuna göre diskleri yönlendirmekte, parametrik tasarım stratejisi cephe varyantlarında görülmektedir (URL-5, 2013).



Şekil 2.5: RMIT Design Hub Cephesi

Kaynak: URL-5, 2013

Akıllı cepheler ise; sürdürülebilir tasarımın bir parçası olan ısı kazanç ve kayıplarını dengeleme, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanarak enerji üretme, havayı temizleme gibi özellikleri uyarlanabilir ve akıllı malzemelerle sağlamaktadır (Birnur Kara, 2017). Şekil 2.6’da akıllı cephelere ilişkin örnek bir görsel verilmiştir (Brugnaro, G., Caini, M. & Paparella, R. 2014). The University of Cincinnati yapısı Chicago’da 2019 yılında yapılmış bir sağlık kompleksidir. Yapı cephesi karbon ayak izini düşünecek membran ile kaplanmıştır. Akıllı cephede kendi kendini temizleme özelliği bulunmaktadır (URL-6, 2024).



Şekil 2.6: The University of Cincinnati Cephesi

Kaynak: URL-6, 2024

Akıllı ve akılcı cephelerin ortak özelliği akıllı malzeme kullanmaları iken birbirinden ayıran önemli farklardan biri ise algı ve eylem kabiliyetidir. Akılcı cephelerde sisteme göre oluşturulmuş bir algı sistemi mevcuttur. Akıllı cephelerde ise eylem bazlı malzemeler kullanılmaktadır (Velikov, K., & Thün, G., (2013).

2.3.6. Etkileşimli Cepheler

Etkileşimli cepheler yapı ve insan arasında bağ kuran cephelerdir. Kinetik, aktif ve akılcı yapı kabuğu (ya da sistem) özelliklerine sahip etkileşimli cepheler insana karşı duyarlı olmaları nedeniyle diğer cephe örneklerinden ayrılmaktadır (Tovarovi'c, J.C., Ivanovi'c- Sekularac, J. & Sekularac, N., 2017). Şekil 2.7'de etkileşimli cephelere ilişkin örnek bir görsel verilmiştir. Eskenazi Hospital Parking Structure cephesi İndianapolis'de açılı ve mafsallı metal panelden yapılmıştır. Otoyola komşu cephedeki hareketlilik ile yolcular cepheyle etkileşimli olarak ilerlediğini hissetmektedir (URL-7, 2014).



Şekil 2.7: Eskenazi Hospital Parking Structure Cephesi

Kaynak: URL-7, 2014

2.3.7. Duyarlı Cepheler

Duyarlı cepheler çevresel faktörlere yanıt veren ve sensörler ile akıllı malzemeler gibi sistemleri kullanan cephelerdir. Mevcut iklim ve enerji tüketimine göre bu sistemler eylemlerinde değişiklik yapabilmektedir (Meagher, M., 2015). Şekil 2.8'de duyarlı

cephelere ilişkin örnek bir görsel verilmiştir. Arap Dünyası Enstitüsü cephesi üzerindeki motifler Arap mimari unsuru “mashrabiya”dan örnek alınarak yapılmıştır. Bu sistem içerisinde binlerce ışığa duyarlı sensör bulundurmaktadır. Çeşitli aşamalarda değişen motifler ile güneş enerjisi kontrolü sağlanmaktadır (URL-8, 2010).



Şekil 2.8: Arap Dünyası Enstitüsü Cephesi

Kaynak: URL-8, 2010

2.3.8. Değiştirilebilir Cepheler

Değiştirilebilir cepheler terimi genellikle şeffaf cepheli yapılarda kullanılıp, akıllı cam teknolojisi ile opaklık özellikleri değiştirilmektedir (Beevor, M., 2010). Şekil 2.9’da değiştirilebilir cephelere ilişkin örnek bir görsel verilmiştir. Almanya da 2015 yılında tamamlanan Festo Otomasyon Merkezi binası, güneş ışığını kontrollü ayarlayabilen cam bir giydirme cepheye sahiptir. Cephedeki cam uyumu kullanıcı kontrolü ile otomatik olarak gerçekleştirilmektedir (URL-9, 2017).



Şekil 2.9: Festo Otomasyon Merkezi Cephesi

Kaynak: URL-9, 2017

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BİYOMİMETİK TASARIM YAKLAŞIMI İLE OFİS YAPILARINA AİT CEPHELERİN ETKİLEŞİMİ

Cepheler biyomimetik tasarım stratejilerinde önemli yere sahiptir. Binaların ömrü boyunca cephelerde oluşan hasarlar; yapıların tasarımı, inşaatı, kullanımı ve dönüştürülmesi sırasında meydana gelmektedir. Yaşam döngüsü tasarım stratejilerinde; yapı öncesi dönem, yapı dönemi ve yapı sonrası dönem yöntemleri yer almaktadır. Yapı öncesi dönemde; arsa seçimi, uzun ömürlü ve esnek tasarımlı yapılar ortaya koyma gibi yöntemler bulunurken, yapı döneminde; atık yönetimi, kirliliği önleme, yapımda çalışan kişilerin güvenliğini koruma gibi yöntemler bulunmaktadır. Yapı sonrası dönemde ise geri dönüştürülmüş, alternatif malzeme kullanımı, malzeme tasarrufu sağlayan yapı gibi yöntemler kullanılmaktadır (URL-10, 2019). Bu yaşam döngüsü stratejileri ile enerji kaynaklarının tüketilmesinde cepheler rol oynamaktadır. Bu sebeple bina yapımında ve kabuğunda enerji tasarruflu ve çevreye duyarlı tasarımlar önem kazanmaktadır. Hem iç mekân hem de dış mekân için ara yüz olan cephe, doğrudan dış ortamlarla temas eden katman olması sebebiyle önemli bir paya sahiptir. Cepheler yenilenebilir enerji kaynaklarıyla (güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi gibi) ilişki halindedir ve enerji verimliliği de doğrudan teknolojinin sunduğu fırsatlarla sağlanabilmektedir (Gündoğdu, Arslan, 2020). Literatürde cepheler incelendiğinde uyarlanabilir cephelerde enerji verimliliği sağlanmasında fonksiyonel morfolojiler veya anatomiler ile biyomekaniklerin rol aldığı görülmektedir. Ekolojik veya enerji tasarruflu yapı cephelerinde doğanın çözümlerini kullanan biyomimetik cepheler, çevreci çözümler için özelleştirilmiştir (Arslan S., Gönenç Sorguç A., 2007). Bu bölümde biyomimetik mimarlığın ofis yapı cepheleriyle etkileşimi incelenmiştir.

3.1. Doğadan İlham Alan Tasarım: Mimaride Biyomimetik

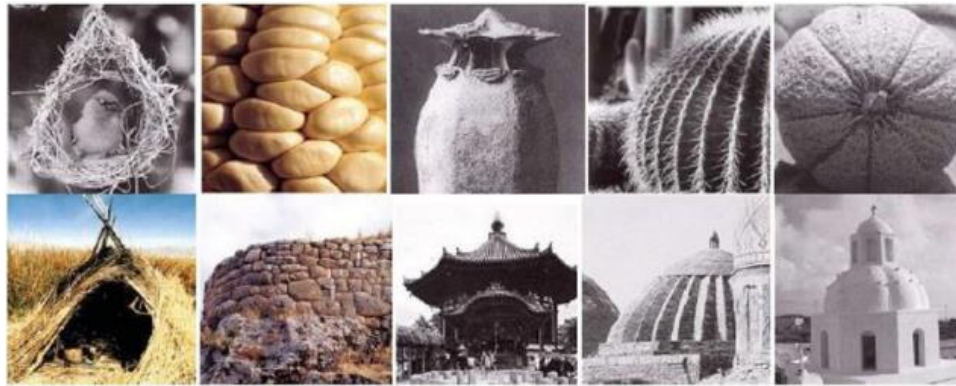
Doğada görülen form-yapı-işlev üçlemesinin “var olma” görevini yerine getirmeye yönelik karmaşık oluşum sürecinin, mimari tasarımda tüm potansiyelleriyle uygulamaya olanak sağlaması için çalışılması gerekmektedir. Biyomimetik, sistematik analiz ve sentez yolları sayesinde bu keşif sürecinde ilgi alanına özgü metodolojilerin geliştirilmesine olanak tanıyan yeni bir “araç” olarak değerlendirilmektedir (Arslan Selçuk, 2009).

Mimarlık ve doğa arasında benzerlikler oldukça fazladır. Mimarlık ürünü olarak görülen ve mimari bir eser olan yapılar hareketsiz olmaları dolayısıyla doğada bulunan taşınmaz varlıklarla benzerlik göstermektedir. Örneğin; tek bir yerde sabit olarak bulunmaları, benzer boylarda olabilmeleri, aynı çevre koşullarına maruz kalmaları nedeniyle ağaçlar ve yapılar arasında bir ilişki kurulmaktadır (Khelil, 2015). Ağaçlar ve kayalar çevrenin bir parçası olarak varlığını sürdürmekte, yapılar yapıldıktan sonra o çevrenin bir parçası olmakta ve ağaçlar gibi çevresel etkilere maruz kalmaktadır (Roth, 2015; Fechey-Lippens, Bhiwaparkur, 2017).

Mimarlık ve doğa ilişkisi içerisindeki önemli konulardan biri, biyomimetik tasarım ile oluşturulmuş stratejilerin mimarlıkla ilişkisinin açıklanmasıdır (Aslan, 2019). Çevreye zarar vermemenin en iyi yolu doğal sistemlere benzer şekilde davranarak onun bir parçası gibi hareket etmektir. Bu doğrultuda, doğadan ilham alarak tasarım üretme süreci organizmadan ekosisteme kadar geniş bir etkileşimi yapıya entegre etmek mümkün olmaktadır. Bu entegrasyon sürecinde yapıların doğayla etkileşiminde artış sağlanmaktadır (Erşahin,2022; İmert, 2023).

3.1.1. Tarihsel Süreçte Biyomimetik ve Mimarlık

Mimarlık doğanın taklit edilmesi ve gözlenmesi ile ortaya çıkmıştır. İnsanların çevresel zorluklarla baş etmeye çalışması ile birlikte; kimileri barınaklarını yapraklardan yapmış, kimileride “kırlangıçların yuvalarını ve bu yuvaları yapma tekniklerini taklit edip balçıktan, çalı çırpıdan başlarını sokabilecekleri sığınaklar” oluşturulmasını sağlamıştır. Bu olaylar sonucu taklit ve öğrenmeye doğuştan yatkın insanlar birbirlerine yaptıkları yapıları miras bırakmışlardır (Şekil 3.1) (Vitruvius, 2019).



Şekil 3.1: Doğa Ve Mimari Yapılar Arasındaki Benzerlikler

Kaynak: Arslan Selçuk, 2009

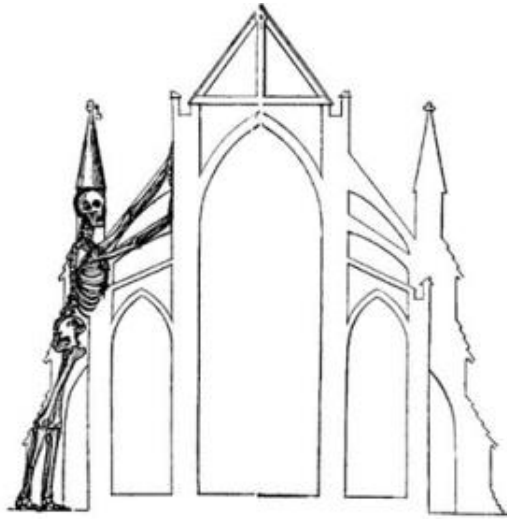
Doğa mimarlara pek çok konuda ilham kaynağı olmuştur. Mimari bir tasarım için fikir geliştirilirken doğadan yardım almışlardır. Antik çağda yaşamış ilk mimari teorisyen Vitruvius biyolojik analogi ile mimarlığın birbirinden ayrılamaz olduğunu ifade etmiştir. Dayanıklılık, uygunluk ve güzellik olmak üzere üç şeyin mimari için gerekli olduğunu ve bu ilkelerin doğadan ayrı düşünülmemeyeceğini savunmuştur (Günaydın, 2019). Marcus Vitruvius Pollio, eskilerin “yapıların mimarisinde tek tek her elemanın bütün yapının şemasına tam tamına uygun düşmesini” istemelerini, doğanın “insan bedenini, azaları ile tüm biçimi arasında orantılı bir ilişki olacak şekilde” tasarlamasına bağlamıştır (Vitruvius, 2019).

Vitruvis’un düşüncelerine benzer olarak Antik Yunanlılar mimari yapıları tasarlayıp inşa etmişlerdir. Bu yapıları insan vücudunun oranlarından yola çıkarak yapmışlardır. Vitruvius’un insan vücudunu inceleme sonucunda daire, kare gibi basit geometrik şekillerden oluşan “Homo-Quadratus”(Vitruvius Adamı) adı verilen çizimleri mevcuttur. Bütün bu analizler iki ilhamı ortaya çıkarmıştır; Birinci “görsel görünüm ve kompozisyon”, ikincisi “işlevsel özelliklerdir” (Güler,2022). 1500’lü yıllarda Leonardo da Vinci, kuşun uçuş sırasında kanatlarındaki tüylerinin üst üste gelmesi prensibini geliştirmiştir (Pohl ve Nachtigall, 2015). Leonardo da Vinci’nin eskiz defterinde, kuşların kafatası ve kanat şekillerini de dikkatle incelediği bilinmektedir. Yaptığı çalışmalar sonucunda birçok bakımdan biyomimetik alanında öncü bir tasarımcı olarak kabul edilmektedir (Pawlyn, 2016; Mazzoleni, 2013).

Düşünürler 19. yüzyılda gözlem yapmaktan uygulamaya adım atmışlardır. 19. yüzyılda yaşamış Fransız mimar ve teorisyen Eugène Emmanuel Viollet Le Duc’e göre mimarlık bir sanattır ve bu sanatı insan yaratmaktadır. Mimarlık sanatını gerçekleştirebilmek için, doğa nesnelere oluşturmak amacıyla nasıl yol izliyorsa insanlarda bu yolu devam ettirmekte, doğanın kullandığı elemanları ve mantıksal yöntemlerin aynısını kullanmaktadır (Le Duc, t.y.; aktaran Özdemir, Cengizoglu, 2016). 20. yüzyılda, “atölyemin dışındaki ağaç; benim akıl hocamdır” diyen Sagra da Familia kilisesinin kolonlarında doğadan aldığı ilhamla dallanmış ağaçları anımsatan tasarımıyla Antonio Gaudi (Gaudi, t.y.; aktaran İner, 2019) eserleri karşımıza çıkmaktadır. Organik biçimlerin kullanıldığı Art Nouveau akımının öncüsü Antonio Gaudi iskelet ve kemik anatomisinden yararlanmıştır. Hayvan iskeletlerini, bitkileri ve kabuklu canlıları analiz etmiş ve yapılarına uyarlamıştır (Güler, 2022). Organik mimarının önemli savunucularından Frank Lloyd Wright doğa ile her zaman iç içe

olan 20. yüzyıl mimarlarından birisidir. (Pohlmann, 2014). Bu yaklaşımların daha sonraları biyomimetik adını alacağını bilmeden birçok çağda görüldüğü ortaya çıkmaktadır (Erşahin,2022).

1950'lerde biyofizikçi Otto Schmitt biyomimetik kavramını ilk ortaya atan kişidir (Doruk, 2021). Janine Benyus 1997 yılında 'Biomimicry: Doğadan İlham Alan Yenilik' isimli kitabında ilk defa bu terimi kullanmıştır. Janine Benyus biyomimetik alanında pek çok çalışma yapmış ve disiplinler arası bir kavram olan biyomimetikğin bir alan olarak yerleşmesine katkıda bulunmuş önemli bir bilim insanıdır (Yıldız, 2012). Biyomimikri Enstitüsü'nün kurucularından biyolog Janine Benyus, biyomimikriyi 'yaşam dehasının bilinçli taklidi' olarak tanımlamaktadır (Benyus, 1997). Benyus'un öncülüğünde ilerleyen sürdürülebilirlik, ekoloji, biyomimetik gibi kavramlarla doğadan ilham alınarak yapılan tasarımlar 21. yüzyılda da devam etmektedir (Güler, 2022). İnsanın kemik ve iskelet yapısından yola çıkarak yapıları tasarlarken destek payandaları kullanılmıştır (Şekil 3.2) (Steadman, 2008). Bu payandalardan ağaç figürleri, yapıya destek veren kaburga formundaki strüktürlerde görülmektedir (Güler, 2022).



Şekil 3.2: İnsan İskeletinden Esinlenen Yapı Payandası

Kaynak: Steadman, 2008

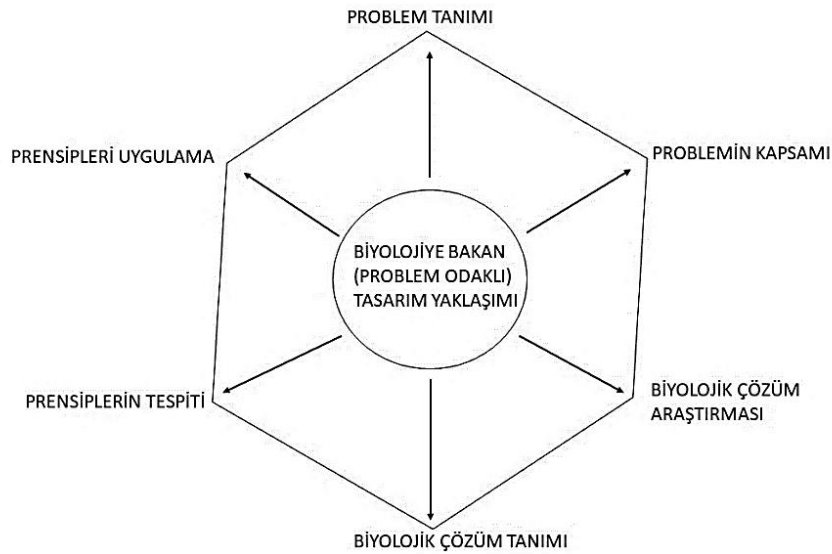
3.1.2. Mimarlıkta Biyomimetik Tasarım Yaklaşımları

Organizmaların biyolojik süreçlerini bilimsel bir iş birliği yapmadan taklit etmek çok zordur. Biyomimetik tasarım üzerine “biyolojiyi arayan tasarım” ve “tasarımı etkileyen biyoloji” olmak üzere iki temel yaklaşım bulunmaktadır. Tasarımı etkileyen

biyoloji yaklaşımı mevcut çözümleri tasarıma dönüştürmeye çalışırken biyolojiyi arayan tasarım ise tanımlanmış bir problemi çözmeye odaklanmaktadır (Zari, 2007).

3.1.2.1. Biyolojiyi Arayan Tasarım

Biyolojiyi arayan tasarım yaklaşımının literatürde; “yukarıdan aşağıya yaklaşım”, “probleme dayalı biyolojik ilham alınan tasarım” gibi farklı şekillerde tanımlandığı görülmektedir (Aziz ve El sherif, 2015). Biyolojiyi arayan tasarımda; tasarımcılar, çözümler için ilk olarak yaşadıkları dünyayla ilişki kurmakta; biyologlar tarafından yapının yapılacağı bölgedeki sorun tanımlanmakta; daha önce bu sorunla karşılaşıldığında nasıl çözümlendiği incelenmektedir. Bu yaklaşımla tasarımcılara ilk tasarım amaçlarını ve parametrelerini belirlemede kolaylık sağlanmaktadır (Şekil 3.1) (Zari, 2007). Şekil 3.3’te biyolojiye bakan (problem odaklı) tasarım yaklaşımının izlediği süreç şematik olarak gösterilmektedir. Biyolojiyi arayan tasarım yaklaşımında ilk olarak problem tanımı yapılır. Daha sonra problemin kapsamı ve biyolojik çözüm araştırması yapılmaktadır. Araştırma sonucu bulgular ile biyolojik çözüm tanımlanarak prensipler tespit edilip uygulama aşamasına geçilmektedir (Aslan, 2019).

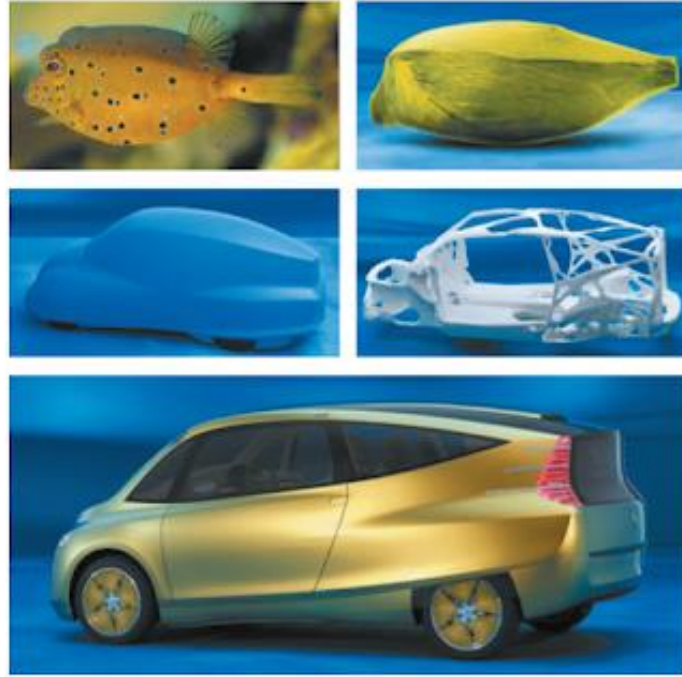


Şekil 3.3: Biyolojiye Bakan (Problem Odaklı) Tasarım Yaklaşımı

Kaynak: Aslan, 2019

Daimler Chrysler’ın prototipi olan biyonik araba biyolojiye bakan (problem odaklı) tasarım yaklaşımına örnektir. Bu yaklaşımda; kutu balığından esinlenerek büyük hacimli, küçük tekerlekli bir araba tasarlanmıştır. Kutu balığının aerodinamik yapısı arabaya şeklini vermektedir. Kutu balığının yapısı neredeyse iskelet görünümünde, malzeme kullanımı en az seviyede, yalnızca gereksinim duyulan yerlerde

kullanılmıştır (Şekil 3.4) (Vincent vd., 2006). Kutu balıklarının taklit edilmesinden ötürü yapısı aerodinamik olan biyonik araba yakıt kullanımı açısından verimlidir. Arabanın gövdesindeki malzeme miktarının saptanması için ağaçların büyüme modellerinin taklit edilmesi ile malzeme verimliliği artmaktadır (Zari, 2007).

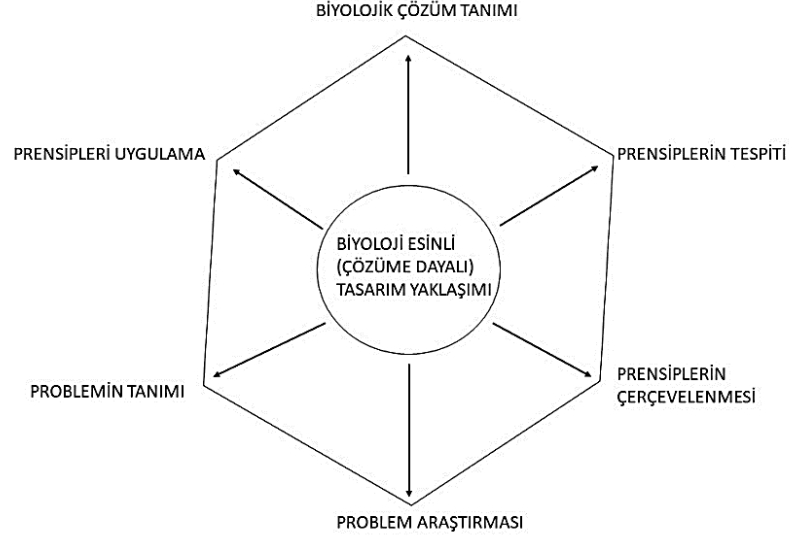


Şekil 3.4: Daimler Chrysler'ın Biyonik Araç Tasarımı

Kaynak: URL-11, 2017

3.1.2.2. Tasarımı Etkileyen Biyoloji

Tasarımı etkileyen biyoloji; “çözümüne dayalı biyolojik ilham veren tasarım” ve “biyolojiden tasarıma” gibi farklı isimlerle farklı şekillerde adlandırılmıştır (Aziz ve El sherif, 2015). Tasarımı etkileyen biyolojik yaklaşımda ilk olarak probleme ait çözümün tanımı; daha sonra prensiplerin tespiti, çerçevesi, problem araştırması ve problemin açıklaması yapılmaktadır. Şekil 3.5'te biyoloji esinli (çözümüne dayalı) tasarım yaklaşımının izlediği süreç şematik olarak gösterilmektedir (Aslan, 2019). Bu yaklaşımın avantajları; biyolojide önceden belirlenmiş problemler haricinde, daha önce olmayan teknolojiler ya da sistemlerin ve tasarım çözümlerindeki yaklaşımların sonucunda oluşmasıdır (Vincent vd., 2005). Dezavantajı ise biyolojik araştırmanın yürütülmesi ve sonrasında tasarım bağlamıyla alakalı tanımlanması gerekliliğinden kaynaklanmaktadır (Zari, 2007). Biyoloji esinli (çözümüne dayalı) tasarım yaklaşımına birçok örnek gösterilmekle birlikte; güneş pilleri yaygın örneklerindedir.



Şekil 3.5: Biyoloji Esinli (Çözüme Dayalı) Tasarım Yaklaşımı

Kaynak: Aslan, 2019

Güneş pilleri gül kelebeğinden ilham alınarak geliştirilmiştir. Hindistan’da rastlanan bu kelebeğin soğuk havalarda siyah yumuşak kanatlarıyla kendini ısıtma yeteneği görülmektedir. Bu özellik üzerinde duran araştırmacılar incelemeler sonucunda bu kelebeğin kanatlarının delikli yapıda pulla kaplı olduğunu ve bu sayede yüzeye çarpan güneş ışığının saçılarak emildiğini saptamışlardır. Bu özellik tasarımcılara ilham kaynağı olmuş ve bunu taklit ederek güneş pillerini geliştirmişlerdir (Şekil 3.6) (URL-12, 2017).



Şekil 3.6: Gül Kelebeğinin Kanadından Esinlenerek Geliştirilen Güneş Pili

Kaynak: URL-12, 2017

3.2. Biyomimetik Tasarımın Uygulanma Düzeylerine Bakış

Zari (2007)’ye göre; biyomimetik tasarım yaklaşımlarından hem problem odaklı (biyolojiyi arayan tasarım) tasarım yaklaşımında hemde sonuç odaklı (tasarımı etkileyen biyoloji) tasarım yaklaşımında organizma, davranış ve ekosistem düzeyi olmak üzere üç farklı biyomimetik seviyesi bulunmaktadır. Organizma düzeyinde

biyomimetride bir hayvan veya bitki gibi organizmanın tamamı ya da bir kısmı ilham alınmaktadır. Davranış düzeyinde; bu organizmanın nasıl tepki verdiği, nasıl davranış gösterdiği gibi daha geniş kapsamlı sonuçlar aranmaktadır. Ekosistem düzeyinde ise; ekosistemin taklit edilmesi ve işlenmesi sağlamaktadır.

Organizma, davranış ve ekosistem düzeyinin her birinde ise beş farklı olasılık bulunmaktadır. Bunlar; tasarımın nasıl yapıldığı (yapım aşaması), tasarımın ne şekilde işlendiği ya da ne yapılabildiği (işlev), tasarımın neye benzediği (form), tasarımın neyle yapıldığı (malzeme) ve tasarımın oluşma sürecidir. Termit örneği üzerinden Zari (2007)'den uyarlanmış biyomimetik düzeylerinin farklı yönlerinin tasarıma nasıl ve ne şekilde etki edebileceği Tablo 3.1'de organizma düzeyinde, Tablo 3.2'de davranış düzeyinde Tablo 3.3'de ekosistem düzeyinde gösterilmektedir.

Tablo 3.1: Termit Örneği ile Biyomimetğin Uygulanışı (Organizma Düzeyi)

Biyomimetik Düzey	Biyomimetik Unsur	Örnek: Termitleri taklit eden bir yapı
Organizma Düzeyi (Belirli bir organizma taklidi)	Form	Yapı form olarak termitle benzer forma sahiptir.
	Malzeme	Yapı malzeme olarak termite benzemektedir. Dış derisini taklit edebilmektedir.
	Yapım	Yapım olarak termite benzer şekilde inşa edilmektedir. Çeşitli büyüme evrelerinden geçmektedir.
	Süreç	Süreç olarak yapı bir termit gibi çalışmakta, genlerin kopyalanma sürecinde hidrojen üretmektedir.
	İşlev	Yapının işlevleri termite benzemektedir. Selüloz ağı gibi işlev görebilmektedir.

Kaynak: Zari'den derlenmiştir, 2007

Tablo 3.2: Termit Örneği İle Biyomimetik Uygulanışı (Davranış Düzeyi)

Biyomimetik Düzey	Biyomimetik Unsur	Örnek: Termitleri taklit eden bir bina
Davranış Düzeyi (Bir organizmanın nasıl davrandığı ya da daha geniş bağlamda nasıl ilişkilendirilebileceğinin taklidi)	Form	Yapı termit yapmış gibi algılanmaktadır. Örnek olarak; termitte bulunan tepeciğe benzeyebilmektedir.
	Malzeme	Yapı termit yapılırken kullanılan malzeme ile benzer malzeme kullanılarak yapılmış gibi görünmektedir.
	Yapım	Bina termit yapılırken kullanılan benzer çözümlerle inşa edilmektedir.
	Süreç	Yapı termitlerde bulunan tepecikle aynı yöntemlerle çalışmaktadır.
	İşlev	Yapının fonksiyonları termit gibi işlemektedir.

Kaynak: Zari'den derlenmiştir, 2007

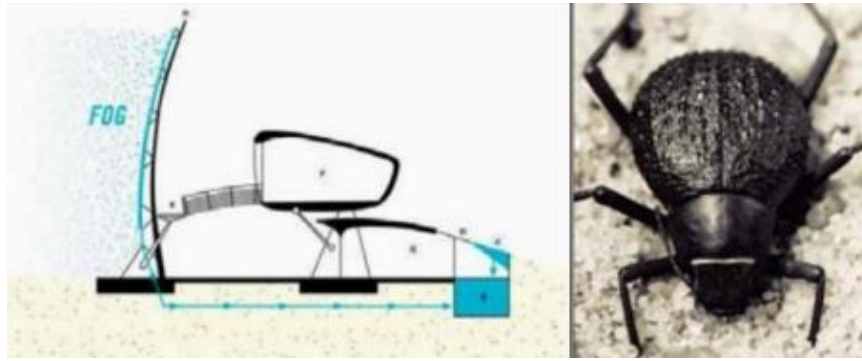
Tablo 3.3: Termit Örneği İle Biyomimetik Uygulanışı (Ekosistem Düzeyi)

Biyomimetik Düzey	Biyomimetik Unsur	Örnek: Termitleri taklit eden bir bina
Ekosistem Düzeyi (Bir ekosistemin taklidi)	Form	Bina yapısı termitlerin yaşayabileceği ekosisteme benzemektedir.
	Malzeme	Yapı termit ekosistemiyle benzer malzemelerden yapılmıştır. Örneğin doğada yaygın olarak kullanılan maddeler kullanılmakta, birincil kimyasal olarak su kullanılmaktadır.
	Yapım	Bina bir termit ekosistemi olarak bir araya getirilmiştir. Örneğin karmaşıklık ve ilkel zamanla artar.
	Süreç	Bina tıpkı bir termit ekosistemi gibi çalışmaktadır. Örneğin güneş enerjisini dönüştürür ve suyu depolar.
	İşlev	Bina, termit ekosistemine benzer bir işleve sahip olabilir ve süreçler arasındaki ilişkileri kullanan karmaşık bir sistemin parçası olabilir.

Kaynak: Zari'den derlenmiştir, 2007

3.2.1. Organizma Düzeyi

Pawlyn (2011)'e göre; doğal formun taklit edilmesi biyomimetikğin ilk seviyesidir. Doğayı taklidin bu seviyesi; organizmanın bileşenleri, malzemesi, şekli yada görünüşü gibi morfolojik özelliklerini yani tasarımını taklit etmektir. Organizmalar taklit edilirken, mimarlık alanındaki binalara eklenen teknolojilerin gelişmesine de yol açmaktadır (Armstrong, 2009). Namibya Hidroloji Merkezi'nde mimarların Namibya çöl böceğinin formunu taklit etmesi organizma düzeyinde biyomimetikğe örnek olarak gösterilmektedir. Neredeyse hiç yağış almayan bir yerde yaşayan Namibya çöl böceği, vücudunu rüzgar geçiş yönünde tutarak içerisindeki nemi tutmaktadır. Sırt ve kanatlarındaki pürüzlü yüzey sayesinde su damlacıkları oluşmakta ve bu damlacıklar ağzına doğru hareket etmektedir. Namibya çöl böceğinin yüzeyindeki özellikleri taklit edilerek Namibya Hidroloji Merkezi projesi uygulanmıştır (Şekil 3.7) (Zari, 2007).

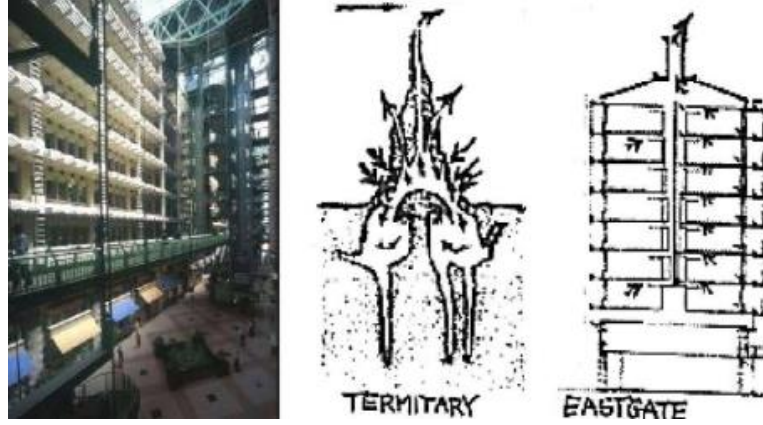


Şekil 3.7: Namibya Hidroloji Merkezi (sol) ve Namibya Çöl Böceği (sağ)

Kaynak: Zari, 2007

3.2.2. Davranış Düzeyi

Davranış düzeyinde taklit edilen organizmanın formu değil davranışlarıdır. İnsanların karşılaştığı benzer çevresel koşullarla doğada bulunan organizmalarda karşılaşmaktadır (Reap ve diğerleri, 2005). Davranış düzeyinde biyomimetriye Zimbabwe'deki Eastgate Binası, termal bir iç ortam için akkarınca büyüklüğünde gözlemlenen pasif havalandırma sistemlerini içinde bulundurması sebebi örnek olarak verilmiştir. Akkarıncalar incelendiğinde; davranışlarını taklit etmek pasif olarak düzenlenmiş, termal konforlu binaların oluşturulmasına olanak sağlamaktadır (Şekil 3.8.) (Zari, 2007).



Şekil 3.8: Eastgate Binası (sol) Ve Akkarmca Yuvası (sağ)

Kaynak: Zari, 2007

3.2.3. Ekosistem Düzeyi

Ekosistem düzeyinde biyomimetik; temelde bileşenlerin ve süreçlerin bir ekosistemi oluşturduğu ve bu ekosistemlerin düzgün işlemesi için birbirleriyle uyumlu çalışarak taklit edildiği görülmektedir (Zari ve Storey, 2007). Ekosistem düzeyinde biyomimetik; organizma ve davranış düzeyleriyle birlikte kullanılabilirliği ve farklı zamansal, mekansal ölçeklere uyum sağlaması açısından avantaj sağlamaktadır (Zari, 2007). Ekosistemler; esnek, uyarlanabilir, geliştirilebilir ve iyileşme kapasitesine sahip, devam eden yaşama elverişli koşullar sağlayan sistemlerdir (Kibert, Sendzimir ve Guy, 2002).

Bjarke Architecture Group (BIG) tarafından tasarlanmış Zira Adası, bitki örtüsü ve su kaynaklarının mevcut coğrafyada bulunmaması nedeniyle projenin kendisinin bir ekosistem oluşturmasını hedef almış bu nedenle ekosistem düzeyinde biyomimetriye örnek olarak gösterilmiştir. Doğal ekosistemlerde olduğu gibi minimum enerji tüketimi olan bir yapı tasarlanması hedeflenmiş; bu amaca yönelik olarak su arıtma sistemleri, enerji üretimi için rüzgar türbinleri tasarlanmıştır. Güneş enerjisini kullanabilmek içinde çatı ve cephelerde fotovoltaik paneller kullanılarak ekosistemdeki çalışma prensibinin bütünsel yaklaşımı amaçlanmıştır (Şekil 3.9) (Abaeian, Madani ve Bahramian, 2016).



Şekil 3.9: Zira Island Projesi

Kaynak: BIG, 2010

3.3. Biyomimetik Strüktürlerin Sınıflandırılması

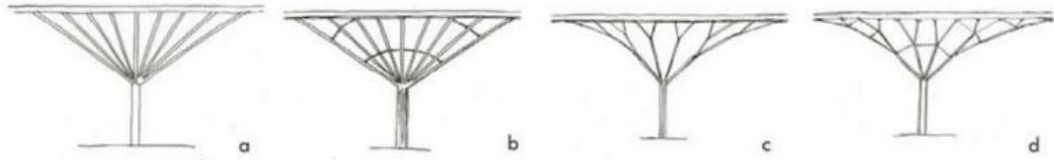
Biyomimetik strüktürlerin sınıflandırılmasında araştırmacılar taklit ettikleri doğayı yorumlayıp kullanmış ve ihtiyaçlarını karşılayabilmek için sürekli geliştirmeye odaklanmıştır. Bu bölümde biyomimetik tasarım içerisinde bulunan mimari strüktürlerden bahsedilmiştir. Bunlar; ağaç benzeri strüktürler, iskelet benzeri strüktürler, ağ benzeri strüktürler, pnömatik strüktürler ve kabuk benzeri strüktürlerdir (Ercan, 2018).

3.3.1. Ağaç Benzeri Strüktürler

Ağaç benzeri strüktürler, doğadaki büyüme ve çoğalma fikrini temsil etmektedir. Gövdesi, dalları, yaprakçıkları ve yapraklarının düzeni, mimari sistemleri anımsatmaktadır. Ağaçlar; yaşamak için temel ihtiyaç olan barınmadan ısınmaya kadar çeşitli amaçlar için tercih edilmişlerdir. Ağaçlara benzeyen analogiler gözlemlenmesi sonucunda insanoğlu, taleplerini karşılamak için yeni inşa teknikleri ve yapısal sistemler geliştirmiştir. Mimarlık tarihi, kendi dönemlerinin temel teknolojik ve mimari özelliklerini sergileyen ağaç benzeri yapıların örnekleriyle doludur. Projelerinde ağaç benzeri strüktürleri kullanan çok sayıda tasarımcı bulunmaktadır (Arslan Selçuk,2009). Plymouth'un güneybatısında 1759 yılında John Smeaton tarafından inşa edilen Eddystone Deniz Feneri, ağaç benzeri bir yapının ilk örnekleri arasındadır. Smeaton'ın modelinin temeli bir İngiliz meşe ağacına dayanmaktadır (Addis, 2001). Benzer bir şekilde, Antonio Gaudi'nin eseri olan

Barcelona'daki Sagra da Familia mahzenine girildiğinde göze çarpan dört eğik bazalt sütun, bir ormandaki ağaçlara benzer şekilde organik, doğal bir yapı izlenimi vermektedir (Arslan Selçuk,2009).

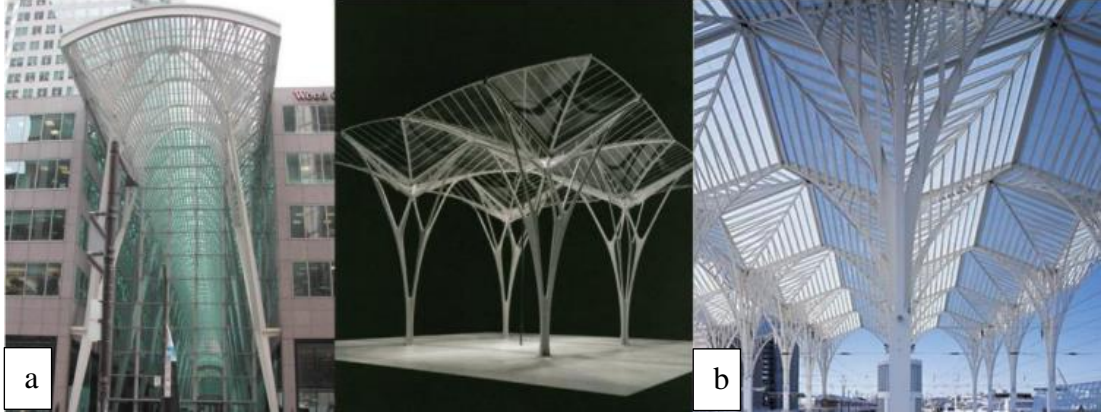
Dallanma fikrinden esinlenen mimari anlayış ise, 1970'lerde büyük ilgi uyandırmıştır. Frei Otto sıkıştırma yüklü çatı ve tavanlara bir form araştırmak için "minimum yol sistemi" üzerinde çalışma yapmıştır (Roland, 1970). Otto, çelik ve ahşap binalarda kullanılan dallanma yapısı (a) ile ilgili olarak doğrudan kanal ağının ele alınabileceğini ileri sürmektedir. Dallarını olan mimari (b) birçok durumda daha etkili olmaktadır. Çünkü basınç elemanlarının burkulma uzunlukları kısalmaktadır. Bunun aksine ağaç dallı yapı (c) az sayıda dolambaçlı yola sahiptir. Nispeten az miktarda malzeme gerektiren ve ince dallarla artırılabilen (d) yük taşıma kapasitesine sahip somutlaştırılmış bir yoldur (Otto, 1995). Otto bu fikre dayanan bir dizi bina inşa etmiş ve diğer mimarlar da onun tasarım felsefelerini benimsemiştir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10: Frei Otto'nun Dallanma Teorisi

Kaynak: Otto, 1995

Modern mimaride ağaç benzeri kolonların yaygın kullanımı CAD-CAM teknolojilerindeki ve çelik endüstrisindeki gelişmelere dayanmaktadır. Ağaç benzeri yapılara Tzonis tarafından, Santiago Calatrava'nın Toronto'da tasarladığı karma kullanımlı BCE Place (1987) örnek gösterilmektedir. Kompleksin yapısını oluşturan içe doğru eğimli sekiz çelik destek birleşerek, iç mekânı 14 metre boyunca kaplayan sivri parabolik tonozlar oluşturmaktadır. Üst üste binen dokuz beşik tonoz, 30'a 3 metrelik düzenli bir plan üzerinde yükselen ve bir "orman" izlenimi veren ağaç benzeri strüktürler tarafından desteklenmektedir (Tzonis, 1999). Calatrava, bu emsalleri sadece kopyalamak yerine, yapısal "ağaçlardan" oluşan "ormanlar" olarak yeniden yorumlamaktadır. Zürih'teki Bauschänzli Restoranı (1988), New York'taki Aziz John Katedrali (1991), Lizbon'daki Oriente İstasyonu (1993-1998) ve Madrid'deki Reina Sofia Ulusal Sanat Müzesi (1999), Calatrava'nın ağaç benzeri strüktüre örnek olarak yaygın kullanılan tasarımlarındandır (Şekil 3.11) (Arslan Selçuk, 2009).



Şekil 3.11: Calatrava'nın Ağaç Benzeri Yapılarından Örnekler BCE Place (a), Bauschanzli Restaurant Oriente İstasyonu (b)

Kaynak: Zardini, 1996

Modern ağaç benzeri yapılara araştırmacılar tarafından verilen yaygın örneklerden biride Almanya'daki Stuttgart Havaalanı Yolcu Terminali'nin üst çatı örtüsüdür. Meinhard von Gerkan tarafından büyük ölçüde eğimli tavan, ağırlıklı dal ve gövdelerden oluşan karmaşık bir hiyerarşi içerisinde ağaç benzeri on iki çelik strüktür tasarlanmıştır. Daha özgül olarak, Stuttgart Havalimanı, terminal çatısının bir ağacın yapısına benzer şekilde modellenmesinin sonucu olarak ayırt edici bir özelliğe sahiptir (Şekil 3.12) (Arslan Selçuk, 2009).



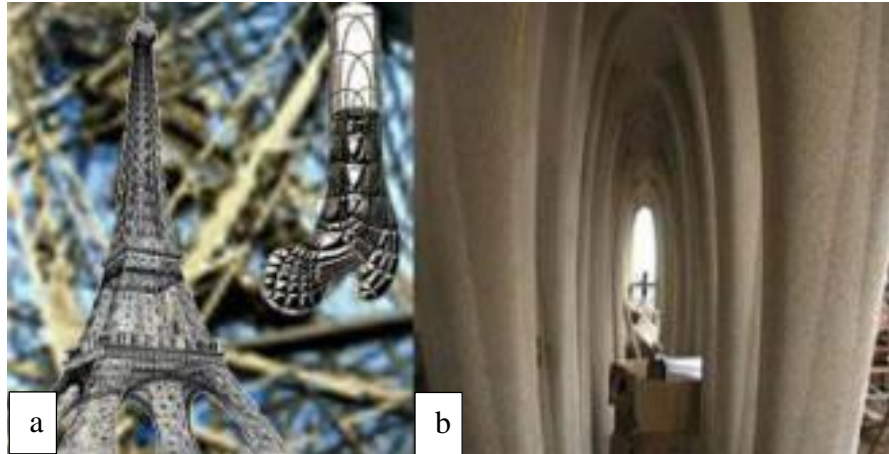
Şekil 3.12: Çağdaş Ağaç Benzeri Yapılardan Örnekler Stuttgart Havaalanı Yolcu Terminali

Kaynak: Von Gerkan, 2007

3.3.2. İskelet Benzeri Strüktürler

Doğadaki morfolojilerin çoğu yakından incelendiğinde, iskeletteki her bir kemik ve iskelet sistemi, doğanın kinetik tasarım için ideal olan karmaşık, hafif ve sert bir yapıyı nasıl yarattığını göstermektedir. Doğadaki morfolojilerin çoğunun mimari yapısal unsurun temelini oluşturduğu düşünülmektedir. Doğal yaşamda, iskelet ve omurga destek/koruma sağlamak için işbirliği içerisinde çalışmaktadır. İskelet strüktürler, yapı kabuğu şeklinde bir muhafaza oluşturmanın yanı sıra çatıları da desteklemektedir. Binalar yapı malzemelerinin kullanımını en üst düzeye çıkarırken aynı zamanda yapının iskeletine esneklik ve sağlamlık kazandıracak şekilde tasarlanmakta ve inşa edilmektedir (Williams, 2003). Buna benzer olarak dünyaca ünlü Eyfel Kulesi'nin inşası sırasında mimar Maurice Koechlin'e ilham kaynağı olan insan vücudundaki en hafif ve güçlü kemik femur kemiği, gözenekli yapısı nedeniyle kendi kendini havalandırma özelliği göstermektedir (Şekil 3.13).

İspanyol mimar Santiago Calatrava, çok sayıda köprü ve binanın tasarımında hayvan morfolojilerini ve iskelet sistemlerini kullanmıştır (Williams, 2003; Sharp, 1994). Calatrava, üretimi daha ucuz olan ve insan yapımı yapılarda kullanıldığında eşit olarak dağıtılan ağırlıklar için yüksek taşıma kapasitesine sahip, özdeş iskelet benzeri elemanları kullanarak bir vücudun birçok bileşenine ve kuvvetine uyacak şekilde nasıl değiştiğini gözlemlemektedir (Arslan Selçuk, 2009).



Şekil 3.13: İskelet Benzeri Yapılardan Eyfel Kulesi (a) ve Femur Görüntüleri (b)

Kaynak: Williams, 2003; Masso, 1999

3.3.3. Ağ Benzeri Strüktürler

Ağ benzeri yapılar küçük ağırlığına rağmen çok yüksek yük taşıma kapasitesine sahiptirler. Ağ benzeri yapılar membran özelliği göstermekte buna çadırlar örnek verilmektedir. Çadırlar doğada bulunan ağ benzeri yapılara benzeyen yapay membran yapılarıdır (Beukers, 1990). 1958'de inşa edilen Sidney Myer Music Bowl ve Vladimir Shukhov'un 1896'da Nizhny Novgorod Fuarı için yaptığı üçgen çatılı sergi pavyonları, çeşitli bölgelerdeki yerli halkların çadırlarından esinlenerek membran kaplı gerilebilir yapının büyük ölçekli kullanımının erken iki örneğidir (Kronenburg, 1996).

Frei Otto 1960'larda çadırlar ile ağ yapılarını araştıran ilk mimarlardandır. Araştırmalarını yapısal bir sistemde mevcut olan ana kuvvetlerden çekme gerilmeleri üzerine yoğunlaştırarak yeni teorilerini geliştirmiştir. Otto'nun araştırma ve tasarımlarından ilham alan modern çadır, zarafeti ve gücü bir bütün haline getirebilmesi açısından bir örümcek ağına benzetilmektedir. Otto, geleneksel çadırların kullanımını esnek, hafif yapılar için bir model olarak öne çıkarmaktadır (Otto, 1995). Münih Olimpiyat Stadı Otto'nun önemli eserleri arasındadır (Şekil 3.14) (Selçuk, 2009). Ove Arup, Buro Happold, Eero Saarinen, Horst Berger, Matthew Nowicki, Jorg Schlaich, FTL Design & Engineering Studio'dan Nicholas Goldsmith & Todd Dahland ve David Geiger gibi tasarımcı ve mühendisler 1970'lerden bu yana ağ benzeri sistemleri kullanmıştır (Robbin, 1996).



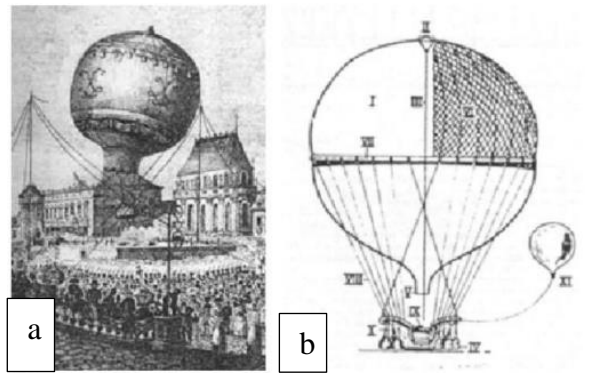
Şekil 3.14: Münih Olimpiyat Stadı

Kaynak: URL-13

3.3.4. Pnömatik Strüktürler

Doğada ortaya çıkan pnömatik yapılar; bitkilerin ve hayvanların formlarında kolayca bulunabilmektedir. Pnömatik yapılar, tek bir yapı ile gerilime dayanıklı, esnek zarfın bir dolguyu çevrelediği bir sistem ile geliştirilmiş ve inşa edilmiştir (Dent, 1972).

Pnömatik yapılarla ilgili ilk araştırmalar, sıcak hava balonlarının oluşturulması sırasında gerçekleştirilmiştir. Montgolfier kardeşler 18. yüzyılın sonlarında kağıt ve ketenden 11 metre çapında bir sıcak hava balonu inşa etmişlerdir. 1800'lerin sonunda Zeplinlerin babası Jaques A. C. Charles, büyük ve sert bir zeplin olan ilk hidrojen balonunu inşa etmeye başlamıştır (Şekil 3.15) (Herzog, 1977; Forster, 1994).



Şekil 3.15: Montgolfier Kardeşlerin Sıcak Hava Balonu (a) (1783) (Herzog, 1977) , Jacques Charles Hidrojen Balonu (b) (1783)

Kaynak: Herzog, 1977

İngiliz otomobil üreticisi Frederick William Lanchester, 1917 yılında çadırları güçlendirmek için iç hava basıncının kullanılması gerektiğini ortaya koyan ilk kişi olarak anılmaktadır (Topham, 2002). Havanın pnömatik binalarda destekleyici olarak kullanılması, sonraki yıllarda standart bir mimari dil haline gelmiştir. Frei Otto, pnömatik bina inşaatı konusundaki çalışmalarına, dünyadaki öncül olan sıvıların içinde gelişen hava kabarcıklarını inceleyerek başlamıştır. Otto ve ekibinin teknik pnömatik yapılar için metodik çalışma ve form bulma süreçleri, birçok yeni bina formunun inşa edilmesine katkı sağlamaktadır. Bu ilerleme, kökleri doğadaki pnömatik formlara dayanan yeni yapısal sistemlerin geliştirilmesini mümkün kılmıştır (University of Stuttgart, 1967). Otto, bir dizi kuramsal yaklaşım ve tasarımla genel olarak gergi yapıları ve pnömatik strüktürlerin uygulama alanını genişletmiştir (Otto, 1995). Richard Buckminster Fuller da pnömatik konusunda çalışmalar yapmış, New York'u pnömatik bir kubbe ile örtme önerisi pnömatik mimarinin en bilinen örnekleri arasında yerini almıştır (Baldwin, 1996). Amerikan ve Fuji Pavyonları gibi pnömatik

yapılar bölgenin güçlü depremselliği ve düşük toprak kalitesi nedeniyle, sergiler için yaygın olarak kullanılmıştır. Bu eğilim Japonya'nın Osaka kentindeki Expo '70 sırasında zirveye ulaşmıştır. Pnömatik konstrüksiyonun bu alışılmadık örneği, yapının tek katmanlı bir membranla birleştirilen ve sıfır iç basıncı muhafaza eden üç adet yüksek basınçlı şişirilmiş tüpü sayesinde imal edilmiştir (Wilkinson, 1996).

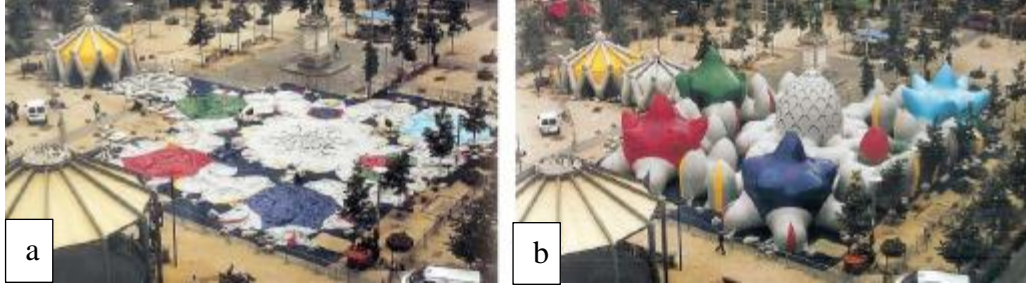
David Geiger 1974'ten 1984'e kadar ABD ve Kanada'daki spor stadyumları için şişirilmiş, kablo takviyeli membranların kullanıldığı birçok projede çalışmıştır. Bu stadyumların boyutları; Michigan'daki Pontiac Silverdome'dan (1975), Vancouver Amfitiyatrosu'na (1983) ve Minneapolis Metrodome'a (1982) kadar uzanmaktadır, hepsi de 60.000'den fazla koltuk kapasitesine ve 40.000 metrekareden fazla alana sahiptir (Foster, 1994). Tokyo'daki Büyük Yumurta Kubbesi (Şekil 3.16), Sevilla'daki Expo'92 Alman Pavyonu ve Roma'daki Nimes Roma Arenası gibi strüktürel sistem 1990'larda geniş açıklıklı çatılar için oldukça yaygın görülmektedir.



Şekil 3.16: Tokyo Büyük Yumurta Kubbesi

Kaynak: Foster, 1994

Pnömatik strüktürler; modern mimaride, işlevsel nedenlerden çok estetik nedenlerle yaygın olarak kullanılmaktadır. Yeni formların araştırılmasında daha az sınırlamanın olduğu nesne tasarımı alanında yüksek teknoloji malzemelerin erişilebilirliği sayesinde pnömatik strüktürlerin geri dönüşü dikkat çekmektedir. Maurice Agis pavyonları ile Architects of the Air ve Buildair ofisleri buna birer örnek teşkil etmektedir (Şekil 3.17) (Arslan Selçuk, 2009).

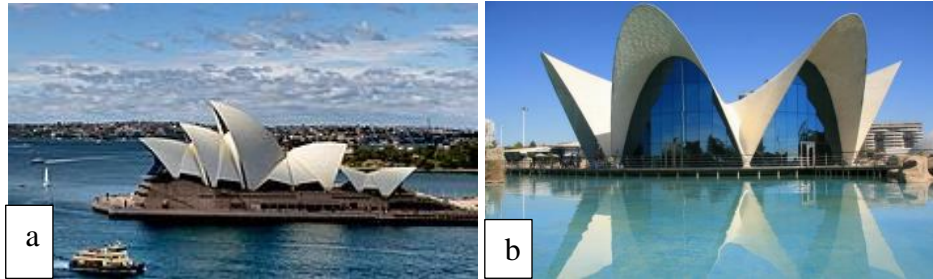


Şekil 3.17: Archipelago (a), Architects of Air (b)

Kaynak: Topham, 2002

3.3.5. Kabuk Benzeri Strüktürler

Kabuk benzeri strüktürler; yüksek esneklikleri, düşük malzeme gereksinimleri, geniş yayılma kapasiteleri ile barınak sağlama yetenekleri nedeniyle doğadaki yaygın ve etkili yapısal bileşenler arasındadır (Melaragno, 1991). Yapıdaki kabuk formu, çeşitliliği ve tasarımı, onu çalışmalarında ilham kaynağı olarak kullanan birçok sanatçıya katkı sağlamıştır. İstiridyeler, deniz tarakları, salyangozlar ve diğer deniz yumuşakçaları ile tasarlanan bu "doğa harikalarının" geometrisi ve barınak sağlama yeteneği, mimari üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuştur. Sydney Opera Binası ve L'Océanogràfic kabuk benzeri strüktürlerin ünlü örneklerindendir (Şekil 3.18) (Ercan, 2018).



Şekil 3.18: (a) Sydney Opera Binası, (b) L'Océanogràfic

Kaynak: URL-14, 2024; URL-15, 2017

Mimari fikirlerde ve strüktürel sistemlerde ince kabukların tasarlanması, çimentonun keşfiyle birlikte mümkün hale gelmiştir. Ayrıca, 20. yüzyılın başında betonun yeni bir yapı malzemesi olarak kullanılmaya başlanması, hem geleneksel inşaat yöntemini hem de yeni kubbelerin tasarımını önemli ölçüde etkilemiştir. Franz Dischinger ve Walter Bauersfeld 1920'lerde betonarme kabukların doğayı referans alarak mühendislik aşamalarını sonuçlandırmışlar ve kubbeleri ile yumurta kabukları arasında karşılaştırmalar yapmışlardır (Gössel & Leuthauser, 1991).

Kabuk benzeri strüktürler, yüksek yapısal performansları ve açık alanlar ortaya çıkarabilme yetenekleri sebebiyle uzun süredir mimaride sık kullanılan bir malzeme özelliği göstermektedir. Kabuklar, doğal yapıların "çok boyutlu" özelliklerine meydan okumak ve doğadaki nihai yapı konfigürasyonlarının inşasına yol açan doğal süreçleri anlamak için de yararlı olmaktadır (Arslan Selçuk, 2009).

3.4. Biyomimetik Mimarlığın Ofis Yapılarının Cephelerine Etkisi

Biyomimetik yaklaşım mimarlıkta; mekan organizasyonu, nazım planı, iç mekan tasarımı, yapı cephesi gibi açılardan tasarımı desteklemektedir (Erşahin, 2022). İnsanların etrafta bulduğu çalılar yardımı ile inşa ettiği ve zamanla megaronlara dönüşen bina cephelerinin asıl amacı, insanları olumsuz çevre koşullarından mümkün olduğu kadar korumak ve onlara rahat bir ortam sağlamaktır (Sick,Erge, 2000; aktaran Turhan, Çetiner, 2012).

İçinde bulunulan zaman gereksinimlerine göre cephelerde istenenler değişkenlik göstermektedir. Sadece soğuk yada sıcak havadan etkilenmemek için inşa edilen dört yanı kapalı yapılar zamanla boşluklar kazanmıştır. Pencerelerin yetersiz kaldığı yerde cepheler saydam yapılmıştır. Örneğin; soğuk iklim bölgesinde bulunan yapılarda geniş açıklık bırakılırsa iç ortamda elde edilmek istenen ısısal konfora ulaşılamamaktadır. Sıcak iklim olan yerlerde ise güneş ışığını daha fazla almak için pencereler geniş tasarlanmaktadır. Bu durumda iç ortamda ısı kazancının daha fazla olması amaçlanmaktadır (Sick,Erge, 2000; aktaran Turhan, Çetiner, 2012).

Mimarlar ofis yapılarını tasarlarken yukarıda sıralanan kriterleri kıstas alarak tasarım sürecine odaklanmış, insanların günlerinin büyük bir kısmını iş yerlerinde geçirdiklerini düşünerek günümüzde refahı ve performansı arttıran ekosistemlere dönüşen ofis yapılarının cephelerinde biyomimetik mimariden faydalanmışlardır. Enerji tüketimini minimumda tutan biyomimetik tabanlı ofis yapılarına katkı sağlayan uyarlanabilir cephelerin tasarımı, mimarların tasarım süreçlerinde kullandığı en etkin yapı elemanlarından biri haline gelmiştir. Bu sebeple binanın iç ve dış ortamı arasında sınır ve aracı görevi gören uyarlanabilir cephelerin, yapının enerji verimliliğini sağlamadaki rolünü ortaya çıkarmak için birçok araştırma yapılmaktadır (Gündoğdu, 2020).

Cephe tasarımında alınan kararların binanın işlevini çevreyle olan uyum üzerinden etkilediği açıktır, bu nedenle biyomimetik ofis yapısı örneklerinde uyarlanabilir

cephelere sıkça rastlanmaktadır. Uyarlanabilir cepheler doğadan ilhamla tasarlanan parametreler ile birleşerek, ofis yapılarının mimarisinde insanların yaşam kalitesini ve konforunu artıracak bir nevi yapı zarfı görevi üstlenmektedir.

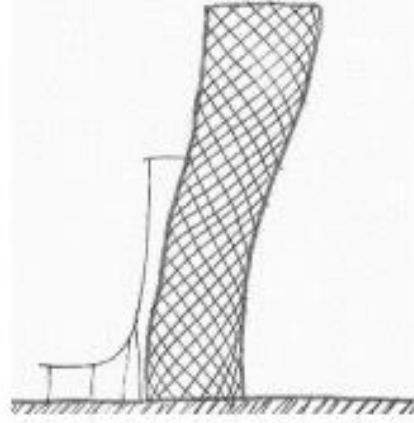
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

OFİS YAPILARINDA BİYOMİMETİK TABANLI UYARLANABİLİR CEPHE ÖRNEKLERİNE BAKIŞ

Bu bölümde dünyanın farklı bölgelerinde son 20 yıl içerisinde projesi ya da inşası tamamlanmış biyomimetik tabanlı ofis yapılarının uyarlanabilir cephe örnekleri incelenmiştir.

4.1. Capital Gate Tower

2011 yılında tamamlanan Capital Gate binası Birleşik Arap Emirlikleri'nin Abu Dabi kentinde yer almaktadır. Bu yapı, 18 derecelik eğime sahip, dünyanın en geniş eğimli insan yapımı kulesidir (Gate ve Dhabı, 2012) (Şekil 4.1)





Şekil 4.1: Capital Gate Tower

Kaynak: URL-18, 2022

Deniz ve çöl, kulenin kıvrımlı tasarımını büyük ölçüde etkileyen iki temel coğrafik özelliktir. Şehir bu iki bileşende canlı bir şekilde yansıtılmaktadır. Ana binanın tasarımının kumdan oluşan spiral bir rüzgar perdesine benzemesi ve "sıçrama" adı verilen kavisli kanopinin okyanus dalgalarına benzemesi amaçlanmıştır. Doğadan esinlenen bu tasarımda bina bir deniz ekosistemine benzer işlevde hareket etmekte ve süreçler arasındaki ilişkiyi kullanarak karmaşık sistemin parçası olabilmektedir. Kentin denizcilik tarihini ve binanın suya yakınlığını sembolize eden dalga benzeri bir etki yaratmaktadır. Huni şeklindeki kulenin yükselen kütlesi, organik olarak akan kıvrımı ve kendine özgü eğimi bulunmaktadır (URL-18, 2022). Capital Gate Kulesi'nin özelliklerini gösteren analiz, Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Capital Gate Tower'ın Özellikleri

Örnek Ofis	Capital Gate Tower	
Yapı Künyesi	İşlev	Ofis+Otel
	Yapım Yılı	2011
	Konum	Abu Dabi 
Yapının Mevcut Durumu	Fikir Aşaması	
	Tasarım Önerisi	
	Laboratuvarda Test Edilmiş	
	İnşaat Halinde	
	Mevcut yapı, Sistem	✓
Biyomimetik Yaklaşım	Esinlenen Organizma	Okyanus Dalgası 

Ana yapıyı; iki çelik makas sistemi (diagrid sistem) ve alt germeli bir beton çekirdeği çevrelemektedir. Beton zemin, diagrid sistem boyunca düğüm aralıklarında yatay olarak konumlandırılmış çelik kirişler tarafından desteklenmektedir. Dış destek sistemini bina çekirdeğine birleştirmek için payanda adı verilen yatay makaslar kullanılmaktadır. Temel; 2 metre derinliğinde 7000 metreküp betonarme dikdörtgen bir radye temeli destekleyen bir metre çapında 490 beton kazıktan oluşmaktadır. 20 metre derinlikte kazıkların yarısı sıkışmaktadır. Binanın büyük çıkıntısı, toprağa sıkıca tutunan ve yaklaşık otuz metre derinlikte ana kayaya inen kazıkların diğer yarısında gerilime neden olmaktadır (URL-19, 2020).

Beton çekirdek önceden oyulmuştur; bu da binanın ağırlığının, ilk olarak çıkıntıdan uzağa doğru eğilip sonra onu düzelttiği anlamına gelmektedir. Çekirdeği inşa etmek için sıçramalı şekillendirme olarak bilinen süreç kullanılmıştır. Yoğun öğle sıcaklığında betonun kurummasını ve çatlamasını önlemek için betonlama işlemi geceleri yapılmıştır. İç ve dış diagridleri ana çekirdeğe bağlayan kompozit bir zemin sistemi mevcuttur. Beton duvarlara önceden dökülmüş olan gömme plakalar aracılığıyla zemin kirişleri beton çekirdeğe birleştirilmektedir. Döşeme plakaları 1. kattan 10. kata kadar üst üste yığılıp daha sonra 800-1400 mm'lik bir mesafede birbirlerinin üzerine binmeye

başlamaktadır ve 10. ve 27. katlar arasında binanın eğimine uygun olarak 900 mm'ye geri dönerek yapıya şeklini vermektedir. Kalan katların yüksekliği 27. ve 34. katlar arasında 900 mm ile 300 mm arasında değişmektedir (URL-19, 2020).

Çelik diyagonal çerçeve sistemi veya diagridler ve elmas şeklindeki cam modüller cepheyi oluşturmaktadır. Çelik kesitler olan haç formları diagridi göstermektedir. Dış diagridte bu haç formlarından yedi yüz tane bulunmaktadır. Her haç formu kalınlık, uzunluk ve eğrilik açısından birbirine benzememektedir. Diyagonal düğüm, haç formunun birbirine kilitlenen bölümüdür ve yatay bir bağlantı kirişi, sağlam bir destek sistemi sağlamak için binanın çevresi boyunca tüm düğümleri birbirine bağlamaktadır. Dış haç formlarını oluşturan 600×600 mm'lik içi boş parçaların kalınlığı kulenin tepesinde 40 mm'den, altta 80 mm'ye kadar değişmektedir. Elmas şeklindeki her bir cam modül, 8 metreye 8 metre boyutlarında ve dikey olarak iki kata yayılan bir panel oluşturmak için menteşe bağlantılarında bir araya getirilen 18 üçgen panelden oluşmaktadır. Elmas modüller iki katmanlı bir conta ile birbirine bağlandığı için su geçirmezdir ve şekil değiştirerek 20 mm hareket edebilmektedir (Şekil 4.2) (URL-19, 2020).



Şekil 4.2: Capital Gate Diagrid Sistemi

Kaynak: URL-19, 2020

Capital Gate Kulesi sürdürülebilir yöntemler kullanılarak inşa edilmiştir. Yeşil çatı, çift cidarlı cephe, enerji tasarruflu camlar, güneş kırıcı ağlar, düşük akışlı su armatürleri, akıllı HVAC ve enerji kontrol sistemleri gibi birçok özellik, sürdürülebilir bir yapı olduğunu ortaya çıkarmaktadır. Binayı doğrudan güneş ışığından korumak için, güney tarafını gölgelikli metal bir ağ kaplamaktadır. Bu gölgelikli metal ağ, ısı kazancının %30'unu alarak iklimlendirmeye olan talebi azaltmaktadır. Kulenin karbon ayak izi, inşaat sırasında büyük miktarda çelik, cam ve beton tasarrufu sağlayan

organik, kıvrımlı şekli nedeniyle azaltılmıştır. Daha az sulama gerektirirken ısı yalıtımını iyileştirmek için bitkilendirilmiş çatıda yerli bitkiler kullanılmıştır. Enerji tasarruflu bir iklimlendirme yöntemi olarak, arazide bir soğutma tesisi inşa etmek yerine bölgesel soğutma kullanılmıştır. Binanın akıllı HVAC, aydınlatma ve elektrik sistemleriyle genel enerji korunumunu yapmıştır (URL-20, 2017).

4.2. Al Bahr Kuleleri

Birleşik Arap Emirlikleri Abu Dhabi'de, Aedas Architects (AHR) tarafından 2012 yılında, kinetik gölgeleme sistemiyle kaplı perde duvarlara sahip 150 metre yüksekliğinde iki dairesel yapı içeren Al Bahr Kuleleri tasarlanmıştır. Abu Dabi'nin genel olarak hava durumu; kesintisiz güneş ışığına sahiptir ve sürekli olarak 37 dereceyi aşan sıcaklıklar, çok az yağmur göstermektedir. Aşırı ısı ve ışık yeterince yönetilmezse, konforlu bir iç mekan atmosferi yaratmak neredeyse imkansız hale gelmektedir (URL- 21, 2004). Bölgeye yeni yapılacak ofislerin Abu Dhabi Adası'nın kuzey kıyısında, Sadiyaat Adası ve ötesindeki Basra Körfezi'nin yanı sıra Doğu Mangrovları'nı da görece şekilde konumlandırılması istenmiş ve projeye "deniz" anlamına gelen Arapça Al Bahr adı verilmiştir (Şekil 4.3) (Attia, 2016).

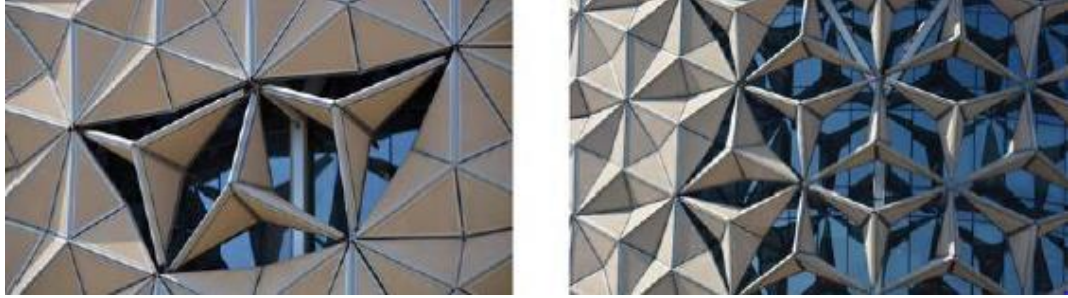


Şekil 4.3: Al Bahr Kuleleri

Kaynak: Attia, 2016

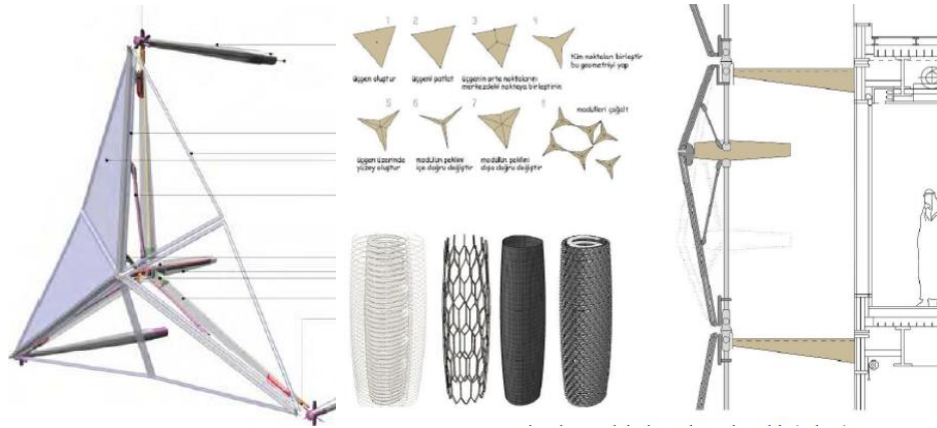
Geleneksel İslam mimarisi, mahremiyet sağlamak ve doğal havalandırma, güneş radyasyonu ve parlamayı azaltmak da dahil olmak üzere çevreyi düzenlemek için "Mashrabiya" adı verilen ahşap bir kafes perde kullanmaktadır (Şekil 4.4). Mashrabiya ahşap kafes perde, bina cephesinin iki metre dışında bağımsız bir çerçeve üzerinde yer almaktadır. Güneş kazancını ve parlamayı azaltmak için üçgen şeklindeki forma sahip fiberglas kabuk malzemesi ile kaplanmış ve güneşteki değişikliklere tepki verecek

şekilde tasarlanmıştır (Şekil 4.5) (URL-21, 2004). Bu tür ahşap kafes perdelerin yapıya etki eden güneş ışınlarını %50'nin üzerinde azaltacağı ve yapıdaki yoğun iklimlendirme talebini indirgeyeceği amaçlanmaktadır (Attia, 2016).



Şekil 4.4: Al Bahr Kuleleri Mashrabiya Gölge Mekanizması

Kaynak: Attia, 2016


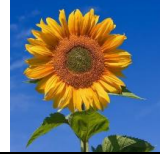


Şekil 4.5: Al Bahr Kuleleri

Kaynak: URL-21, 2004

Bu yapının tasarımında, otomatik dinamik güneş perdesi, bal peteğine benzeyen bir kabukla kaplı iki dairesel kule ve Mashrabiya etkili olmuştur. Otomatik güneş perdesi sistemi; ayçiçeğinin güneş hareketine tepki vermesinden yola çıkarak tasarlanmıştır. Gün ışığının istenmeyen açılarını kontrol etmek üzere bina için ayçiçeğinden yola çıkılarak tasarlanan gölgeleme sisteminin seçilmesi biyomimetik cephe içinde ilham oluşturmaktadır (Attia, 2016). Tablo 4.2’de Al Bahr Kuleleri’nin bir takım özellikler kapsamında incelemesi görülmektedir.

Tablo 4.2: Al Bahr Kuleleri 'nin Özellikleri

Örnek Ofis	Al Bahr Kuleleri	
Yapı Künyesi	İşlev	Ofis
	Yapım Yılı	2012
	Konum	Birleşik Arap Emirlikleri 
Yapının Mevcut Durumu	Fikir Aşaması	
	Tasarım Önerisi	
	Laboratuvarda Test Edilmiş	
	İnşaat Halinde	
	Mevcut yapı, Sistem	✓
Biyomimetik Yaklaşım	Esinlenen Organizma	Ayçiçeği 

4.3. Sinosteel Uluslararası Plaza

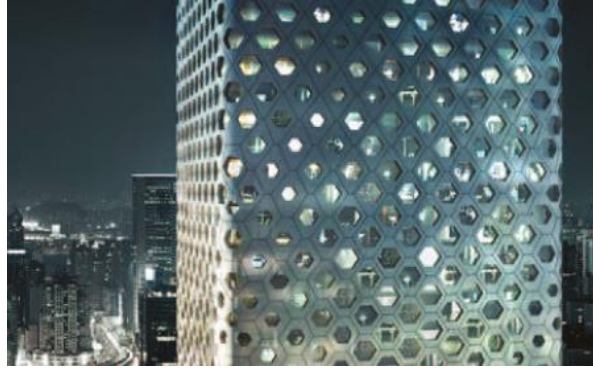
Pekin merkezli mimarlar MAD 9 ofisi tarafından Çin'in Tinajin kentinde Sinosteel Uluslararası Plaza tasarlanmıştır. Şekil 4.6'da gösterildiği gibi, yapı 358 metre yüksekliğe sahip bir ofis yapısı ve 88 metrede yer alan yakındaki bir otelden oluşmaktadır (A. Mohamed vd., 2019).



Şekil 4.6: Sinosteel Uluslararası Plaza

Kaynak: Mohamed vd., 2019



Cephe, bal peteğini andıran beş farklı boyutta altıgen pencereden oluşmaktadır. Bu pencereler, Şekil 4.7'de görüldüğü gibi, doğal şekilde gelişen formla yapı boyunca düzenlenmiştir. Binanın enerji verimliliği, güneşin ve rüzgarın yapı üzerindeki etkilerine uyum sağlayan bal peteğinden esinlenilmiş altıgen formla birlikte artmıştır. Farklı boyutlardaki pencereler, arazideki çeşitli hava akımlarını ve güneş yönlerini haritalandırarak kışın ısı kaybını ve yazın ısı kazancını en aza indirecek şekilde konumlandırılmıştır (A. Mohamed vd., 2019) (Gündoğdu, 2020). Tablo 4.3'te Sinosteel Uluslararası Plaza'nın özelliklerinin incelemesi görülmektedir.



Şekil 4.7: Pencereler, Yapının İçine Işık Ve Hava Girmesini Sağlayacak Şekilde Düzensiz Olarak Düzenlenmiştir

Kaynak: Mohamed vd., 2019

Tablo 4.3: Sinosteel Uluslararası Plaza'nın Özellikleri

Örnek Ofis	Sinosteel Uluslararası Plaza	
Yapı Künyesi	İşlev	Ofis
	Yapım Yılı	2008/...
	Konum	Çin, Tianjin 
Yapının Mevcut Durumu	Fikir Aşaması	
	Tasarım Önerisi	
	Laboratuvarda Test Edilmiş	
	İnşaat Halinde	✓
	Mevcut yapı, Sistem	
Biyomimetik Yaklaşım	Esinlenen Organizma	Bal peteği 

4.4. Swiss Re Kulesi

1998 yılında Swiss Re Genel Merkezi, Foster + Partners ve Arup şirketi tarafından tasarlanmaya başlanmış, 2001-2004 yılında yapım aşaması sona ermiştir. Sürdürülebilirlik konularıyla yakından ilgilenen bir şirket olan Swiss Re, hazırladığı analizlerde hem çevreye duyarlı bir tasarımın hem de personel için yüksek standartlarda bir iç çalışma ortamının önemini vurgulamaktadır. Foster + Partners ve Arup işbirliği tasarım ekibi tarafından çelik iskeletin parametrik tasarımının ve üç boyutlu modellemesinin kullanılması; tedarik, imalat ve tasarım süreçleri entegre edilerek daha az riskle ekonomik olarak yapının yapılması sağlanmıştır (Küçük, Arslan, 2020) (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Gherkin Kulesi/ Swiss Re Genel Merkezi

Kaynak: Küçük, Arslan, 2020

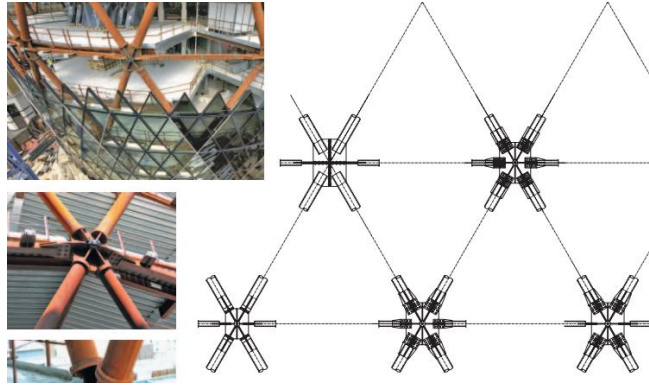
Birçoğu özel saha ve müşteri gereksinimlerine doğrudan yanıt veren kriterler, bina formunu oluşturmak için sentezlenmektedir. Esnek hizmetlere ve bol doğal ışığa sahip, kolay gezilebilir ofis alanları bulunmaktadır. Katlar arasında estetik bağlantı; akıllı bina yönetim sistemlerinin kullanımı, düşük cephe ısı kazancı ve doğal havalandırma yoluyla enerji kullanımını azaltmıştır (Şekil 4.9). Aerodinamik yapısı ve binanın büyüklüğünün sokak seviyesinden tamamen hissedilmemesi için gözden uzaklaşan dışbükey yüzeyi Swiss Re binası için kıvrımlı form oluşturmaktadır. Kulenin çapı, açık plazadaki dolaşım alanını en üst düzeye çıkarmak ve yakındaki binaların önünde daha fazla alan yaratmak için sokak seviyesinde küçültülmüştür. Yapının tepesindeki camlı kubbeli çatı, kat çapının tesis katlarına doğru azaltılmasının bir sonucu olarak, binanın merkez sahneyi almadan silüeti tamamlamasını sağlamaktadır (URL-22, 2024).



Şekil 4.9: Swiss Re Kulesi'ne Ait Strüktürel Sistem

Kaynak: URL-22, 2024

Yapı iç planı düzenli ve birbiri içerisinde uyumlu tasarlanmıştır. Ofis katlarını temsil eden altıya bölünmüş parmaklık denilen aralıklar merkezi bir servis ve asansör çekirdeği etrafında 1,5 metrelik bir ızgara üzerinde gruplandırılmıştır. Parmaklıklar arasında çevre ışık kuyuları olarak hizmet veren üçgen alanlar bulunmaktadır. Bundan sonra gelen her katta ışık kuyuları beş derece merkezden uzaklaşmaktadır (URL-23, 2020) (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: Swiss Re Kulesi'ne Ait Sistem

Kaynak: URL-23, 2020

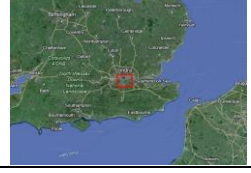

Swiss Re Kulesi'nin tasarımına suyun altında yaşayan ve zorlu doğa koşullarına uyum sağlayabilen cam şeklinde bir kafes sistemine de benzeyen kabuklu ve altıgen forma sahip "venüs bitkisi süngeri" ilham kaynağı olmuştur (Şekil 4.11) (Karaduman Ercan, 2018). Swiss Re Kulesi'nin cephe uygulamasına ve taşıyıcı sistemine venüs bitkisi süngerinden yola çıkarak katkıda bulunulmuştur. Tablo 4.4'te Swiss Re Kulesi'nin incelemesi görülmektedir.



Şekil 4.11: Venüs bitkisi süngeri ve Swiss Re Kulesi

Kaynak: URL-24, 2012

Tablo 4.4: Swiss Re Genel Merkezi'nin Özellikleri

Örnek Ofis	Swiss Re Genel Merkezi	
Yapı Künyesi	İşlev	Ofis
	Yapım Yılı	2004
	Konum	Londra, İngiltere 
Yapımın Mevcut Durumu	Fikir Aşaması	
	Tasarım Önerisi	
	Laboratuvarda Test Edilmiş	
	İnşaat Halinde	
	Mevcut yapı, Sistem	✓
Biyomimetik Yaklaşım	Esinlenen Organizma	Venüs bitkisi süngeri 

4.5. Doha Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı Binası

Katar Doha'da Belediye İşleri Bakanlığı için Aesthetics Architects Go Group mimarlık tarafından bir ofis yapısı tasarlanmıştır. Yapı dış cephesi, kaktüslerin dikenlerini taklit etmektedir. Şekil 4.12'de görüldüğü gibi, kaktüs dikenleri binanın dış cephesi için gölgeleme sağlamayı amaçlamaktadır. Bu gölgeleme yapıya giren güneş ışığı miktarını sınırlayarak yapının serin kalmasına yardımcı olmaktadır (A. Mohamed vd., 2019).





Şekil 4.12: Binanın Tasarımı Bir Kaktüs Bitkisine Dayanmaktadır.

Kaynak: Mohamed vd., 2019

Kaktüslerin terlemesini ilham alarak; gölgede cihazların kapatılması, belirlenen güneş yoğunluğuna göre gerçekleşmektedir. Tükettiği besinlere ve suda hayatta kalmak için ihtiyaç duyduklarına bağlı olarak, biyolojik sistem sudaki kirleticileri ayırmaktadır (A. Mohamed vd., 2019). Ayrıca odalara doğal ışık getirerek enerji verimliliği yüksek bir yapı oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır (URL-25, 2013).

Bina, sıcak ve kuru ortamlarda başarılı bir şekilde hayatta kalmalarını sağlayan kaktüslerin işlevini taklit eden biyomimetik tasarımın bir örneğidir (Mansour, 2010). Tablo 4.5’de Doha, Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı Binası’nın özellikler kapsamında incelemesi görülmektedir.

Tablo 4.5: Doha, Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı Binası Özellikleri

Örnek Ofis	Doha, Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı Binası	
Yapı Künyesi	İşlev	Ofis
	Yapım Yılı	2009
	Konum	Doha, Katar 
Yapımın Mevcut Durumu	Fikir Aşaması	✓
	Tasarım Önerisi	
	Laboratuvarda Test Edilmiş	
	İnşaat Halinde	
	Mevcut yapı, Sistem	
Biyomimetik Yaklaşım	Esinlenen Organizma	Kaktüs 

4.6. CH2 Binası (The Council House 2)

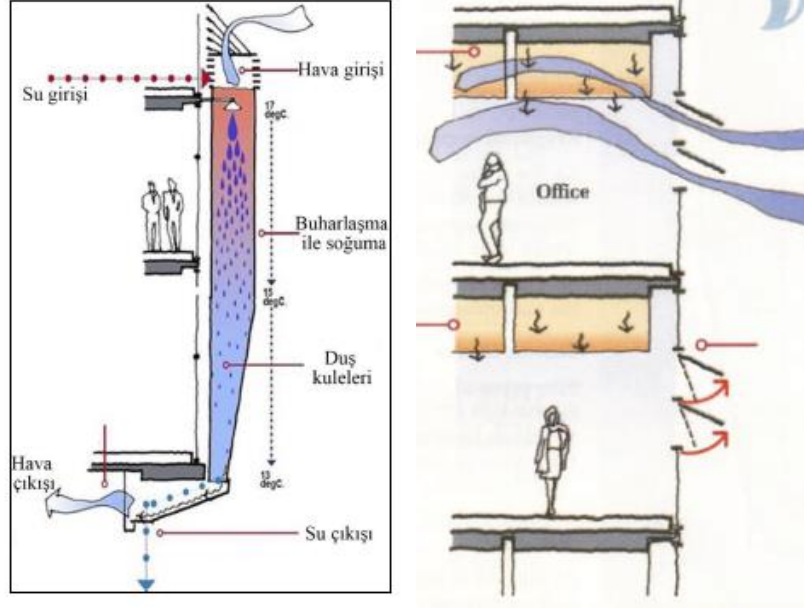
CH2 binası Avustralya'nın Melbourne kentinde bulunan, 2004-2006 yılları arasında Mick Pearce Design Inc. ile işbirliği içinde tasarlanmış on katlı sürdürülebilir bir ofis yapısıdır. Yapı bir ağacın kabuğunu model alarak sürdürülebilirlik ve bina mimarisine ilişkin geleneksel fikirlere refans oluşturan, binayı çevresindeki canlılara ve dış dünyaya bağlayan tasarım sistemine sahiptir (Şekil 4.13) (Webb, S, 2005).



Şekil 4.13: CH2 Binası

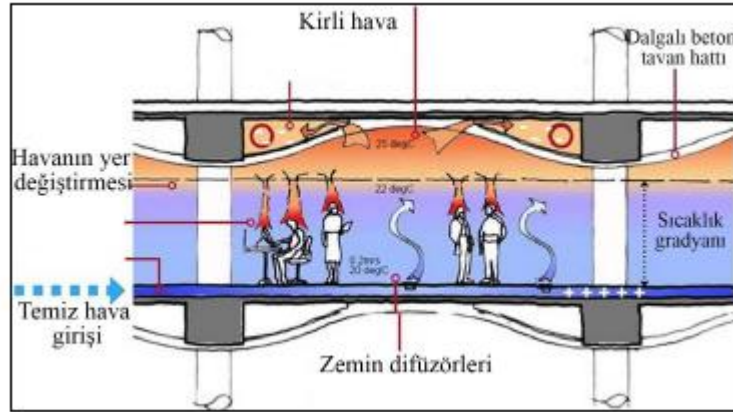
Kaynak: URL-26, 2016

Pasif ısıtma ve soğutma uygulayarak, sera gazlarının salınımına katkıda bulunan, yoğun enerji ve HVAC sistemlerine olan ihtiyacı aza indirmek için bina genelinde ortak bir sistem kullanılmıştır. Şekil 4.14, CH2 binasının kuzey ve güney cephelerindeki bir dizi havalandırma bacasının (menfezler); düzenlenmiş pencere açıklıkları (gözenekler) ve prekast dalgalı beton tavan (toprak) aracılığıyla kullanıldığını göstermektedir. Avustralya'daki konumu nedeniyle güney cephesi az güneş ışığı alan, kuzey cephesi ise fazla ışık alan cephe olduğu için havalandırma bacaları güneye yerleştirilmiştir. Güney menfezlerinden gelen hava tırmandıkça, kuzey menfezlerinden gelen sıcak havayla yer değiştirmektedir. Bu süreci hızlandırmak için güney cephesinin menfezleri ısıyı yansıtacak şekilde açık bir renge boyanırken, kuzey cephesinin menfezleri daha fazla ısı emmesi için siyaha boyanmıştır. Şekil 4.15'te ısıtılmış havayı toplayan ve havalandırma bacasından dışarı atan kanallar gösterilmektedir. Tavan yüzey alanını ve termal kütle kapasitesini artırmak için dalgalıdır. Gece boyunca, betonun içindeki serin hava, gün boyunca içinde depolanan sıcak termal kütlelerin yerini almaktadır (A. Mohamed vd., 2019).



Şekil 4.14: Binanın Termit Tepeciklerini Andıran Pasif Soğutma Sisteminin Nasıl Çalıştığını Göstermektedir

Kaynak: URL-27, 2016



Şekil 4.15: Dalgalı Ve Termit Höyüğünü Andıran Tavan Hava Sirkülasyon Şeması

Kaynak: Tan, 2007

Yapının farklı alanlarında biyomimetik tasarıma ait izdüşümlere rastlanmaktadır. Yapının dış cephesinde yer alan ağacın epidermisinin dışarıdaki havayı düzenlemesi bu duruma örnektir. Şekil 4.16'da görüldüğü gibi, CH2 yapısının hava kanallarını etkinleştirmek için rüzgar boruları kullanılmıştır. Yapıdaki ıslak hacimler ve yapının cephesi bir ağacın kabuğunu taklit etmektedir. Arkada kalan havalandırılmış nemli bölge alanlarındaki ışık ve hava, koruyucu bir bariyerle filtrelenmektedir. Son olarak,

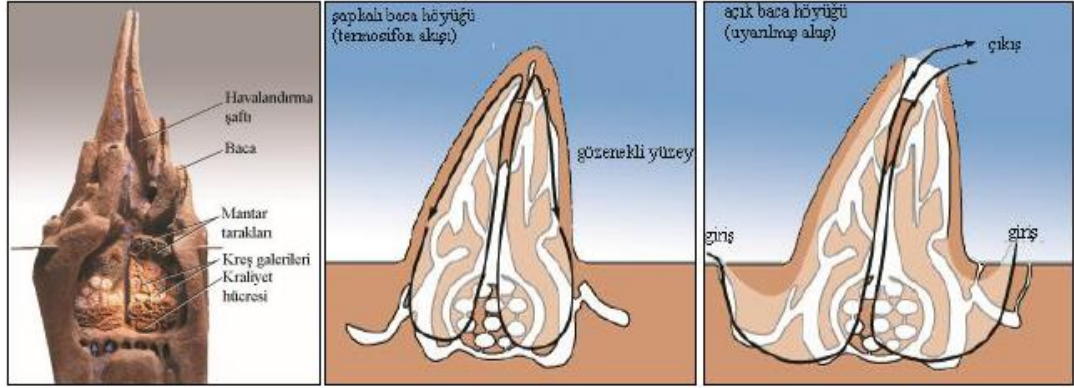
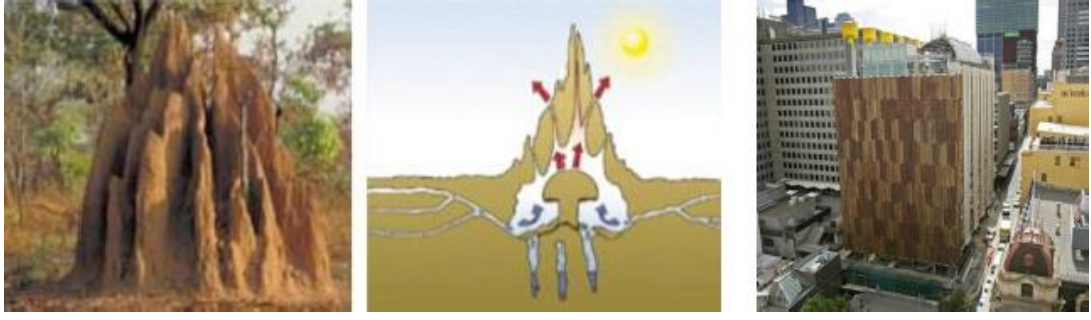
cephenin üst üste binen seviyelerini inşa etmek için polikarbonat levha ve delikli metal kullanılmıştır (Webb, S, 2005).



Şekil 4.16: Kuzey Cephesinde Bulunan Rüzgar Boruları , Cephenin Üst Üste Binen Katmanları

Kaynak: URL-28, 2019


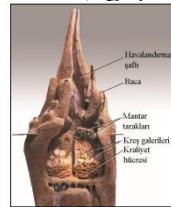
Binanın soğutma ve ısıtma sistemi için termit höyükleri ilham kaynağı olmuştur. Termit höyüklerinin içindeki sıcaklık, tepelerindeki girişe bağlı olarak iki farklı şekilde düzenlenmektedir. İç mekan havası, termitlerin oluşturduğu gözenekli duvarlar sayesinde atmosferle etkileşime girerek çevreye geri dönüştürülen ısı, su buharı ve solunum gazlarını içermektedir. Yüksek yoğunluk sayesinde yenilenen hava termit yuvasının alt kısmına ulaşmaktadır. Bu aşamada termitlerin açtığı baca adı verilen kısmın önemli etkisi vardır (İmert, 2017; Turner, Soar, 2008). İklim farklılıklarına bağlı olarak farklı termit tepelikleri gözlemlenmiştir. Termo-sifon akışı olarak adlandırılan ve "metabolik ısı transferi tarafından yönlendirilen sıcak yüzer havanın bir tünel ağı aracılığıyla yuvadan çıkarılması ve gözenekli yüzeyinden dışarı atılması" süreci, höyüklerin tepesi kapalıysa gerçekleşmektedir. Burada havanın yerini yuvaya geri dönen daha yoğun, daha soğuk hava almaktadır. Höyüklerin sıcaklığı ne olursa olsun, termitlerin sabit bir iç sıcaklık sağlamasına yardımcı olmaktadır. Toprak soğuk havayı tutarken, höyüklerin gözenekleri ve delikleri ihtiyaç duyulmadığında sıcak havayı serbest bırakmaktadır (Bkz Şekil 4.17) (A. Mohamed vd., 2019). Tablo 4.6'da CH2 Binası (The Council House 2) 'nin incelemesi görülmektedir.



Şekil 4.17: Termit Kulesi

Kaynak: URL-29, 2017

Tablo 4.6: CH2 Binası (The Council House 2) Özellikleri

Örnek Ofis	CH2 Binası (The Council House 2)	
Yapı Künyesi	İşlev	Ofis
	Yapım Yılı	2004-2006
	Konum	Avustralya 
Yapının Mevcut Durumu	Fikir Aşaması	
	Tasarım Önerisi	
	Laboratuvarda Test Edilmiş	
	İnşaat Halinde	
	Mevcut yapı, Sistem	✓
Biyomimetik Yaklaşım	Esinlenen Organizma	Termit, ağaç 

BEŞİNCİ BÖLÜM

OFİS YAPILARINDA BİYOMİMETİK TABANLI UYARLANABİLİR CEPHE ÖRNEKLERİNİN ANALİZİ

Tezin bu aşamasında; dördüncü bölümde incelenen biyomimetik tabanlı uyarlanabilir cephelere sahip ofis yapı örnekleri literatür taramasında elde edilen veriler doğrultusunda biyomimetik yaklaşımlar, düzeyler ve strüktürler dikkate alınarak analiz edilmiştir.

5.1. Biyomimetik Yaklaşım, Düzey ve Sınıflandırmalar Üzerinden Analiz

Doğada var olan stratejilerin biyomimetik tabanlı ofis yapılarının uyarlanabilir cephelerine etkisini geniş bir bakış açısıyla değerlendirmek adına, dünyada son 20 yılda yapılmış ofis örnekleri seçilmiştir. Örnekler mimari açıdan değerlendirilirken; biyolojik organizmaların tasarıma etkisini analiz edebilmek için ilham kaynağı farklı canlılardan olan yapılar tercih edilmiştir. Bu bölümde doğadan esinlenerek oluşturulmuş uyarlanabilir stratejilerin cepheye aktarılması sürecinde biyomimetik yaklaşım, düzey ve strüktürlerin sınıflandırılması başlıkları üzerinden 6 farklı ofis yapısı Tablo 5.1.'de analiz edilmiştir. Yapılan incelemelere göre; Al Bahr Kuleleri, Capital Gate Tower ve Doha, Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı Binası biyolojiden tasarıma yaklaşımını benimsemişlerdir.

- Capital Gate Tower yapısı tasarlanırken biyolojiden tasarıma yaklaşımında belirtilen aşamalar izlenmiş olup, okyanus dalgalarından ilham alınmış daha sonra bu dalgalardan yola çıkılarak yapı strüktürü oluşturulmuştur.
- Al Bahr Kuleleri'nde mashrabiya adı verilen kafes sistemi kullanılarak ayçiçeğinin güneşe göre yönelmesinden elde edilen ilham tasarıma aktarılmıştır.
- Doha, Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı Binası'nda kaktüslerin dikenli hareketlerinden elde edilen ilham bu yapının tasarımında kullanılmış, kaktüslerin hareketi yorumlanarak yapı oluşturulmuştur.

Swiss Re Kulesi, CH2 Binası ve Sinosteel Uluslararası Plaza biyolojiyi arayan tasarım yaklaşımını (tasarımdan biyolojiye) benimsemişlerdir.

- Sinosteel Uluslararası Plaza cephesi bal peteğini andıran altıgen pencerelerden oluşmaktadır. Bu pencereler güneşin, rüzgârın ve binanın enerji verimliliğinin

yapı üzerindeki etkilerine uyum sağlamıştır. Pencerele oluşturulurken ilk olarak yapıda problemler belirlenmiş, daha sonra araştırmalar sonucunda altıgen pencerelerin yapı için faydalı olacağına karar verilmiştir. Bunun sebebi; altıgen pencerelerin kışın ısı kaybını ve yazın ısı kazancını en aza indirecek şekilde konumlandırılmış olmasıdır.

- Swiss Re kulesi tasarımcıları çelik iskelet yapıda bir ofis binası yapmayı amaçlamıştır. Zorlu hava koşullarına dayanıklı, sürdürülebilirliğe uygun bir yapı tasarlamak için ilk olarak problemi belirleyip daha sonra Venüs süngeri bitkisinin özelliklerinden ilham alarak cephe uygulaması ve taşıyıcı sistemi oluşturmuşlardır.
- CH2 binası tasarlanırken yapı çevresindeki rüzgâr, güneş, iç ortam havalandırma koşulları düşünülmüş, problemler tanımlanmış, daha sonra cephe için ağaç kabuğundan model alınmasına karar verilerek süreç tamamlanmıştır.

Ofis yapılarına ait uyarlanabilir cephelerin aynı zamanda doğada var olan strüktürlerle ilişkiler kurduğu gözlemlenmiştir (Bkz. Tablo 5.1). Aşağıda örneklemin biyomimetik strüktürler ile etkileşimine ait analizler verilmiştir:

- İskelet benzeri strüktürler Capital Gate Tower ve Swiss Re Kulesi'nde görülmekte yapıların kabuğunu desteklemekte, formuna esneklik ve sağlamlık kazandırmaktadır. Capital Gate Tower yapısı diagrid adı verilen yapısal sisteme sahiptir. İskelet benzeri strüktür içerisinde yer alan bu sistem, düğüm konektörleri kullanılarak bağlanmakta ve serbest formlu yüksek tavan tasarımları ile çalışmaktadır. Diagrid taşıyıcı sistem serbest formlu yüksek tavan tasarımlarında kullanıldığında, her bir düğüm konektörü kendi konfigürasyonuna sahiptir ve yüzeyler eş düzlemlidir. Swiss Re Kulesinde kullanılan çelik yapı sistemi de iskelet benzeri strüktür içerisinde yer almaktadır. Çelik iskeletin parametrik tasarımının yaygın olduğu yapıda kabuk iskelet görünümündedir.
- Al Bahr Kuleleri ve Sinosteel Uluslararası Plaza yapısı ağ benzeri strüktürlerdendir. Al Bahr Kuleleri'nde kullanılan fiberglas kabuk malzeme ile kaplanmış perde mekanizması ağ benzeri strüktürlerin temel prensibi olan çadır yapısına benzer tasarlanmıştır. Güneş hareketlerine göre gerilip, açılıp kapanma özelliğine sahiptir. Sinosteel Uluslararası Plaza cephesinde ise altıgen pencereler, bal peteği formuna atıfla tüm cephede ardı sıra devam etmektedir.

- Kabuk benzeri strüktürler daha az malzeme ihtiyacı olan, esneklikleri yüksek strüktürlerdir. Doha, Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı binası ve CH2 yapısı kabuk benzeri strüktürlerdendir. Yapılardaki kabuk formu tasarımcıya ilham olan bileşenlerden seçilmiştir. Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı yapısı cephesindeki kaktüs dikenlerini taklit eden kabuk binaya gölgeleme sağlamayı amaçlamaktadır. CH2 yapısında ise ağaç kabuğu model alınarak, cephede enerji etkinliğini sağlamaya yönelik ışık geçirgenliği kontrolü stratejisi oluşturulmuştur.

Tablo 5.1: Örnek Ofis Yapılarının Biyomimetik Özellikleri

Örnek Ofis Yapısı		Capital Gate Tower	Al Bahr Kuleleri	Sinosteel Plaza	Swiss Re Kulesi	Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı Binası	CH2 Binası
Esinlenen Organizma		Okyanus Dalgası	Ayçiçeği	Bal Peteği	Venüs Bitkisi Süngeri	Kaktüs	Termit, Ağaç
Biyomimetik Tasarım Yaklaşımları	Tasarımdan Biyolojiye	x	x	✓	✓	x	✓
	Biyolojiden Tasarıma	✓	✓	x	x	✓	x
Biyomimetik Seviyeleri	Organizma Düzeyi	x	x	✓	✓	✓	✓
	Ekosistem Düzeyi	✓	x	x	x	x	x
	Davranış Düzeyi	x	✓	x	x	x	x
Biyomimetik Strüktürler	Ağaç Benzeri Strüktür	Herhangi bir ilişkiye rastlanmamıştır.					
	İskelet Benzeri Strüktür	✓	x	x	✓	x	x
	Ağ Benzeri Strüktür	x	✓	✓	x	x	x
	Pnömatik Strüktür	Herhangi bir ilişkiye rastlanmamıştır.					
	Kabuk Benzeri Strüktür	x	x	x	x	✓	✓

5.2. Biyometik Yaklaşımın Alt Parametreleri Üzerinden Analiz

Doğa taklit edilirken organizma, davranış veya ekosistem seviyelerinde doğadaki analogiler dikkatlice gözlemlenmektedir. Aşağıda örneklemin biyometik seviyelere ait alt parametrelerinin analizleri verilmiştir (Bkz. Tablo 5.2):

- Capital Gate Tower yapısı ekosistem düzeyinde biyometik yaklaşımda form ve işlev parametrelerini karşılamaktadır. Bina deniz ekosistemine benzer işlevleri taklit etmektedir ve süreçler arasındaki ilişkiyi kullanarak karmaşık bir sistemin parçası olmaktadır.
- Al Bahr Kuleleri davranış düzeyinde biyometik yaklaşım içerisinde işlev ve süreci karşılamaktadır. İşlev olarak bina otomatik güneş perdesi görevi yapan üçgen şeklinde ayçiçeği hareketinden ilham alan sistemle kaplıdır. Bu doğrultuda yapının cephesi ayçiçeğinin güneş hareketine tepki vermesi sürecine yönelik tasarlanmıştır.
- Sinosteel Uluslararası Plaza organizma düzeyinde biyometik düzey içerisinde malzeme ve işlev unsurunu karşılamaktadır. Malzeme olarak binada altıgen bal peteğini andıran cephe kurgusu kullanılmıştır. İşlev unsuru; bina güneşteki değişikliklere tepki verecek şekilde çalışmaktadır.
- Swiss Re Kulesi'nde organizma düzeyinde biyometride form ve süreç unsuru ön plandadır. Binada cam şeklinde bir kafes sistemine de benzeyen kabuklu ve yuvarlak forma sahip cephe kaplaması yapılmıştır. Süreç; bina venüs süngeri bitkisine benzer şekilde çalışmaktadır.
- Doha, Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı Binası organizma düzeyinde biyometikte form, malzeme ve yapı unsuru karşılamaktadır. Form olarak yapı kaktüsten ilham alınarak tasarlanmıştır. Yapı kabuğunda kullanılmak üzere seçilen çelik malzeme kaktüsün yivli olan gövde yapısını taklit edecek şekilde kurgulanmıştır. Bu doğrultuda yapı süreci için kaktüslerin terlemesinden ilham alınarak gölgede cihazların kapatılmasının belirlenen güneş yoğunluğuna göre gerçekleştirilmesi sağlanmıştır.
- CH2 Binası organizma düzeyinde biyometikte malzeme ve yapı süreci içerisinde yer almaktadır. Beton malzeme termitin dış kabuğunu veya derisini taklit etmektedir. Bina termite benzer bir yöntemle inşa edilmektedir, çeşitli büyüme evrelerinden geçmektedir.

Tablo 5.2: Örnek Ofis Yapılarının Biyomimetik Düzeylerine Ait Alt Parametrelerle Etkileşimi

Biyomimetik Düzey	Biyomimetik Alt Parametre	Capital Gate Tower	Al Bahr Kuleleri	Sinosteel Plaza	Swiss Re Kulesi	Belediye İşleri ve Tarım Bakanlığı Binası	CH2 Binası
Ekosistem Düzeyi	Form	✓	x	x	x	x	x
	Malzeme	x					
	Yapım	x					
	Süreç	x					
	İşlev	✓					
Organizma Düzeyi	Form	x	x	x	✓	✓	x
	Malzeme			✓	x	✓	✓
	Yapım			x	x	✓	✓
	Süreç			x	✓	x	x
	İşlev			✓	x	x	x
Davranış Düzeyi	Form	x	x	x	x	x	x
	Malzeme		x				
	Yapım		x				
	Süreç		✓				
	İşlev		✓				
Biyomimetik Düzeylerin Alt Parametreleriyle Etkileşim Durumları Etkileşim Var ● Etkileşim Yok ● İlişki Yok ●							

ALTINCI BÖLÜM

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Günümüzde tüketilen enerji miktarının dünya genelinde artmasına paralel olarak, tüketimde en büyük payın yapı sektörüne ait olduğu görülmektedir. Doğal kaynaklardaki hızlı tüketim sonucundaki artışlar doğadan ilham alarak oluşturulmuş sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarının ve yenilenebilir enerji kullanımının önemini göstermektedir. Doğa esinli tasarım süreci ile başlayan bu yolda doğru stratejiler belirlenerek yapının tüketeceği enerji miktarı önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Doğayı taklit etmek biyomimetğin birincil hedefi olduğundan, sunulan çözümün doğası gereği sürdürülebilir olması gerekmektedir. Doğadan ilham alınarak oluşturulmuş stratejilerin enerji etkinliği sağlamaya yönelik uyarlanabilir bina cephesi oluşumunda etkin rol aldıkları görülmüştür.

Uyarlanabilir cepheler, yapının dış ortamla karşılaştığı ilk katman olmakla birlikte doğru tasarım stratejileri ile değişen ortam sıcaklıklarına uyum sağlayabilmektedirler. Teknolojik gelişmeler sonucunda geleneksel tasarım yöntemleri yerini teknolojik ve çağdaş tasarımlara bırakmış, araştırmacılar farklı yöntemler aramaya başlamışlardır. Uyarlanabilir cephelerin yapı kabuğu elemanı olarak çevreyle ilk etkileşimde bulunan yer olması, doğadan ilham alınarak tasarlama sürecinin önemine işaret etmektedir. Doğanın yüzyıllardır biriktirdiği bilgi ve tecrübe, cephelerde çözülmesi ihtiyaç duyulan problemler için önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Tasarımcılar biyomimetik tasarıma ait çağdaş yaklaşımları, seviyeleri ve strüktürleri kullanarak uyarlanabilir cepheleri kurgulamaktadır.

Çalışma örnekleminin mimari özelliklerine ilişkin sonuçlar değerlendirildiğinde; biyomimetik uyarlanabilir cephelere sahip yapıların son 20 yıl içerisinde tamamlanmış olmalarına rağmen tasarım prensiplerinin daha eski yıllara dayandığı sonucuna varılmıştır. Bu açıdan yapılan gözlemler ışığında teknolojideki ilerlemelerle beraber biyomimetik mimarlık uygulama alanlarının da geliştiği anlaşılmaktadır. Bu doğrultuda ofis yapı örnekleminin ait çıkarımlar biyomimetik yaklaşım temelinde verilmiştir:

- Örnekleme uygulama bölgelerine göre baktığımızda ağırlıklı olarak Arap yarımadası ve Avrupa kıtasında buldukları görülmektedir. Ancak bu

yaklaşımın uygulanmasında herhangi bir bölgesel veya coğrafi sınırlama olmadığı anlaşılmaktadır.

- Seçilen biyomimetik yapı örnekleri yüksekliklerine ve cephe geometrilerine bakarak değerlendirildiğinde, farklı ölçeklere sahip oldukları görülmektedir. Bu açıdan bakıldığında bina yüksekliği ve geometrisi biyomimetik tabanlı uyarlanabilir cepheler için tasarım sınırlaması oluşturmamaktadır.
- Örneklemeler üzerinden biyomimetik yaklaşımlara bakıldığında; tasarımdan biyolojiye yaklaşımında cephelerdeki enerji etkinlik, uyarlanabilirlik, sürdürülebilirlik gibi gereksinimleri karşılamak için belirlenen tasarım problemine yönelik biyolojik organizmalar incelenerek, bu organizmalardan ilhamla geliştirilen yöntemlerin cephelere uyarlandığı anlaşılmaktadır.
- Biyolojiden tasarıma yaklaşımında ise canlıların bulunduğu iklim koşulları ve çevrelerinde yaşanan zorluklara yönelik geliştirilmiş çözümler belirlenmiştir. Bu çözümler için biyolojik sistemler gözlem yoluyla analiz edilerek enerji etkinliğe yönelik yöntemler içerisinde ayıklanmak suretiyle cephelerde kullanılmıştır. Enerji etkinlik ve biyometri arasında bağlantılar kurularak, hava, ışık, ısı gibi enerji etkin cephe sistemlerini etkileyen temel bileşenlerin seçilen ofis yapılarındaki malzeme kullanımına etkisi görülmüştür.
- Seçilen örnekler ilham kaynağına göre değerlendirilirken; en çok ağaçlardan, kabuk formlarından ve bitkilerden esinlendiği görülmüştür.
- Biyomimetik düzeyine göre değerlendirildiğinde, organizma seviyesinde tasarım yaklaşımlarının ekosistem ve davranış seviyelerine göre daha fazla görüldüğü saptanmıştır. Ayrıca, organizmaların davranış ve morfolojik olarak adaptasyon aktarımları ekosistem düzeyinin etkisine göre daha iyi bir süreç için ilk adım olarak değerlendirilmektedir.
- İncelenen 6 farklı ofis yapısında tamamen proje özelinde kullanılan enerji etkin yöntemler dışında doğadan esinlenerek oluşturulmuş uyarlanabilir çözümler kullanılarak projelerin özgün değeri arttırılmıştır.

Sonuç olarak, çalışmaya ait örnekleme ait analizler doğrultusunda uyarlanabilir cephe tasarımlarının biyomimetik tasarımın alt parametrelerine olan uyumunu ortaya konmuş, sürdürülebilir ve enerji etkin tasarımların oluşmasında biyomimetik cephelerin etkin rol oynayabileceği görülmüştür. Doğayı gözlemlemek ve anlamak isteyen mimarların; doğal oluşumlarının şekillerini, yapılarını ve malzemeleri

arasındaki ilişkileri inceleyerek, biyomimetik mimarlık kavramını tasarımlarına dahil etmeleri gerektiği açıktır. Bu ilişkiler bütünü incelenirken biyoloji ve diğer bilim dallarının sisteme katılması ve disiplinler arası araştırmalar yapılması gerektiği anlamına gelmektedir. Biyomimetğin sadece insana ve çevreye daha uyumlu cepheler oluşturmakla kalmayıp, aynı zamanda çevre dostu malzeme, mekan ve sürdürülebilirlik sağladığı anlaşılmaktadır.

KAYNAKÇA

- A. Mohamed, N., F. Bakr, A., E. Hasan, A.,(2019), *Energy Efficient Buildings In Smart Cities: Biomimicry Approach*, Real Corp 2019: Is This The Real World Perfect Smart Cities Vs. Real Emotional Cities, Proceedings, Isbn 978-3-9504173-6-4 (Cd), 978-3-9504173-7-1 (Print), Karlsruhe, Germany
- Abaeian, H., Madani, R. And Bahramian, A. (2016). *Ecosystem Biomimicry: A Way To Achieve Thermal Comfort In Architecture*. International Journal Of Human Capital In Urban Management, 1(4), 267-278.
- Addis, B. (2001). *Creativity And Innovation The Structural Engineer's Contribution To Design*. Oxford: Architectural Press.
- Altınöz, M., Mihlayanlar, E. & Yardımlı, S. (2017). *Analyzing Energy And Biomimesis Concepts In The Context Of Sustainability On Building Envelope*. A+Arch Design International Journal Of Architecture And Design, 2 (3), 1-14.
- Armstrong, R., (2009). *Living buildings: plectic systems architecture*. Technoetic Arts, A Journal of Speculative Research, 7(2), 79-94.
- Arslan S., Gönenç Sorguç A., (2007). *Mimari Tasarım Paradigmasında Biomimesis'in Etkisi*, Gazi Mimarlık Mühendislik Fakültesi Dergisi, 22(2):451-460.
- Arslan Selçuk, S. Ve Gönenç Sorguç, A. (2007). *Ekolojik Mimarlık Çalışmalarında Doğanın En İyi Fikirlerinden Öğrenmek*. Ekolojik Mimarlık Ve Planlama Ulusal Sempozyumu Bildiri Kitabı, (Ss.147-151). Türkiye: Mimarlar Odası Antalya Şubesi, 27-28 Nisan.
- Arslan Selçuk, S., (2009). *Proposal For A Non-Dimensional Parametric Interface Design In Architecture: A Biomimetic Approach*, The Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University, Ankara, 171
- Aslan, D. (2019). *Binalar Aracılığıyla Yağmur Suyu Toplama Stratejilerine Biyometik Bir Yaklaşım* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Attia S, (2016). *Evaluation Of Adaptive Facades: The Case Study Of Al Bahr Towers In The UAE*, Sustainable Building Design Lab, UEE, Applied Sciences, Lie`ge University, Lie`ge, Belgium
- Attia S, Bashandy H., (2016). *Evaluation Of Adaptive Facades: Agc Building A Case Study Of An Automated Glass Facade*. Ghent University, Belgium.
- Attia S, Favoino F, Loonen R, Petrovski A, Monge-Barrio A., (2015). Adaptive Fac,Ades System Assessment: An İntial Review. Adv Conference: Conference on Advanced Building Skins, At: Bern, Switzerland
- Avcı, F. (2019). *Doğa Ve İnovasyon: Okullarda Biyomimikri*, Anadolu Öğretmen Dergisi, 3(2), 214-233, DOI: 10.35346/aod.604872
- Aydın Yazıcıoğlu, B., (2020). *Yapı Kabuklarının Termoregülasyonu: Biyomimetik Bir Yaklaşım* (Yüksek Lisans Tezi) Mimarlık Ana Bilim Dalı Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Aziz M. S. Ve El Sherif, A.Y. (2016). *Biomimicry As An Approach For Bioinspired Structure With The Aid Of Computation*, Alexandria Engineering Journal 55, 707-714.
- Badarnah, L. & Kadri, U., (2015). *A Methodology For The Generation Of Biomimetic Design Concepts*, Article İn Architectural Science Review · September 2015
- Baldwin, J. (1996). *Buckyworks: Buckminster Fuller's Ideas For Today*. John Wiley & Sons, Inc. New York
- Beevor, M., (2010). *Smart Building Envelopes*, (4th Year Project Report). University Of Cambridge, Department Of Engineering, Submitted: June 2010
- Benyus, J., (1997). *Biomimicry Innovation Inspired by Nature*, William Morrow Company Inc., NY, pp.7- 15
- Beukers, A. (1999). *Lightness. The İnevitable Renaissance Of Minimum Energy Structures*. 010 Publishet, Rotterdam.
- Boake Tm.,(2014). *Hot Climate Double Facades: Avoiding Solar Gain*. Facade Tectonics. 2014;14:2–24.

- 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.
- Da Vinci, L. (2019). *Leonardo'nun Defterleri: Büyük Üstattan Uygulamalı Dersler* (4. Bs.) (H. A. Suh, Ed., A. Serin, Çev.). Ankara: Akılçelen Kitaplar
- Dent, R. (1972). *Principles Of Pneumatic Architecture*, Halsted Press Division John Wiley & Sons Inc: New York.
- Doruk, H. (2020). *Tasarımda Doğanın Bilgisinden Yararlanmak: Biyomimikri*. MARKUT Dergisi Ekim 2020-02
- Erşahin, E. (2022). *Biyomimetik Bina Kabukları: Bir Meta-Analiz* (Yüksek Lisans Tezi) Mimarlık Anabilim Dalı Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojileri Programı İstanbul Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
- Fecheyr-Lippens, D. & Bhiwapurkar, P. (2017). *Applying Biomimicry To Design Building Envelopes That Lower Energy Consumption In A Hot-Humid Climate*. Architectural Science Review, 60 (5), 360-370. Doi: 10.1080/00038628.2017.1359145
- Forster, B. (1994) *Cable And Membrane Roofs—A Historical Survey*, Structural Engineering Review, No: 6- 3/4, 145–174.
- Foster And Partners, (2005). *Catalogue*, Prestel, Berlin
- Gate, C., & Dhabı, A. (2012). *Ctbuh Journal*.
- Gosztönyi, S., (2018). *The Role of Geometry for Adaptability: Comparison of Shading Systems and Biological Role Models*, *Journal of Facade Design & Engineering*, Special Issue Façade 2018 – Adaptive Volume 6 / Number 3 / 2018
- Gössel, P. And Leuthauser, G. (1991), *Architecture In The Twentieth Century*. Benedikt Tachen, Köln
- Grimshaw, N. (1993). *Structure, Space And Skin : The Work Of Nicholas Grimshaw And Partners*. Phaidon. London.

- Güler,Ş., (2022). *Mimarlık Eğitiminde Biyomimikri Kavramı: Ktün Mimarlık Örneği* (Yüksek Lisans Tezi) Lisansüstü Eğitim Enstitüsü ,Mimarlık Anabilim Dalı, Konya Teknik Üniversitesi,Konya.
- Günaydın, C., (2019). *A Model To Interpret Bio-Inspired Design And Its Impact On Design Curricula*. Master's Thesis. Izmir Institute Of Technology, İzmir
- Gündoğdu, E., (2020). *Cephe Sistemlerinin Enerji Etkinliği Üzerine Biyomimetik Bir Değerlendirme*, (Doktora Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Necmettin Erbakan Üniversitesi.
- Gündoğdu, E., Arslan, D. (2020). *Energy-Efficient Facade And Biomimicry In Architecture* . Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım Ve Teknoloji .Gu J Sci, Part C, 8(4):922-935
- Herzog, T. (1976). *Pneumatic Structure*, Oxford University Press, New York.
- Heusler, W. & Kadija, K., (2018). *Advanced Design Of Complex Façades*, 220- 233 | Received 26 Apr 2018, Accepted 25 Jun 2018, Published Online: 17 Jul 2018
Download Citation
- İmert, H. (2017), *Konaklama Mekânlarında Ekolojik Biçimleniş ve Bir Tasarım Modeli Önerisi*, (Doktora Tezi) Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık Anabilim Dalı, İç Mimarlık Doktora Programı, İstanbul
- İmert, H. (2023), *Robotik İmalat Sürecinde Bir Eşik: ICD/ITKE Biyomimetik Araştırma Pavyonları* (Araştırma Makalesi) Ege Mimarlık Dergisi, 2023-3 (119), 68-73
- İnner, S. (2019). *Biyomimikri Ve Parametrik Tasarım İlişkisinin Mimari Alanında Kullanımı Ve Gelişimi*. Tasarım Enformatiği, 1 (1), 15-29.
- Karaduman Ercan, S., (2018). *Biyomimetik Strüktürlerin Örneklerle İrdelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi) Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı,İstanbul.
- Khelil, S. (2015). *Biomimicry: Towards A Living Architecture In Hot And Arid Regions* (Master Dissertation). University Of Biskra, Faculty Of Sciences And Technology, Biskra.

- Kibert, C.J., Sendzimir, J. ve Guy, G.B., (2002). *Construction Ecology: Nature as a Basis for Green Buildings*. New York, Spon Press, 6-28.
- Knippers, J., Nickel, K. G., & Speck, T., (2016). *Biomimetic Research For Architecture And Building Construction*, Switzerland: Springer International Publishing
- Kronenburg, R. (1996). *Portable Architecture*, Architectural Press
- 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. Doi: 10.1016/J.Rser.2013.04.016
- Louter C, (2016). Eds. *Challenging Glass 5. Conference On Architectural And Structural Applications Of Glass*. Ghent University; Belgium: Isbn 978-90-825-2680-6 2016.
- Mansour, H., (2010). *Biomimicry A 21st Century Design Strategy Integrating With Nature In A Sustainable Way*. BUE – FISC 2010, 12.
- Masso, J, (1999). *Gaudi, The Man And His Work*, Little, Brown And Company, New York.
- Mazzoleni, (2013). *Architecture Follows Nature-Biomimetic Principles For Innovative Design*, CRC Press.
- Meagher, M., (2015). *Designing For Change: The Poetic Potential Of Responsive Architecture*, Frontiers Of Architectural Research, 4, 159-165.
- Melaragno, M.,(1991). *An Introduction To Shell Structures, And The Science Of Vaulting*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- 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.
- Otto, F. (1995). *Frei Otto, Bodo Rasch: Finding Form. Towards An Architecture Of The Minimal* . Deutscher Werkbund Bayern. Berlin.
- Pawlyn, M., (2016). *Biomimicry In Architecture*, 2nd Edition, RIBA Publishing.

- Pohl, G., Nachtigall, W.,(2015). *Biomimetics for Architecture & Design, Nature—Analogies—Technology*, Springer Switzerland.
- Pohlmann, L. D., (2014). *Architecture Follows Nature*
- Reap, J., Baumeister, D. and Bras, B. (2005). *Holism, biomimicry and sustainable engineering*. The American Society of Mechanical Engineers (ASME) International Mechanical Engineering Conference and Exposition, Orlando, FL, USA.
- Robbin T., (1996). *Engineering A New Architecture*, Yale University Press, London.
- Roland, C.(1970). *Frei Otto Gerilim Yapısı*, Praeger Yayınevi, New York.
- Roth, L. M. (2015). *Mimarlığın Öyküsü (2. Bs.)* (E. Akça, Çev.). İstanbul: Kabalcı Yayınevi.
- Russell, J. A. (2004). *Evaluating The Sustainability Of An Ecomimetic Energy System: An Energy Flow Assessment Of South Carolina*. University Of South Carolina, Carolina.
- Schnädelbach, H., (2010). *Adaptive Architecture – A Conceptual Framework*, Dip Arch M. Arch Phd, Mixed Reality Laboratory, Computer Science, University Of Nottingham, Conference Paper, January 2010.
- Semra Arslan Selçuk, (2009). *Boyutlu Olmayan Parametrik Arayüz Tasarım Önerisi İçin Mimarlık: Biyomimetik Bir Yaklaşım*. Orta Doğu Teknik Üniversitesi,Ankara.
- Sev, A. (2009). *Sürdürülebilir Mimarlık*, 1. Baskı, İstanbul: Yem Yayınları.
- Sharp, D. (1994). *Santiago Calatrava*, E & Fn Spon, London.
- Shear W.A., J.M. Palmer, J.A. Coddington, And P.M. Bonamo. (1989). *A Devonian Spinneret: Early Evidence Of Spiders And Silk Use*. *Science*, 246, 479- 481.
- Steadman, P., (2008). *The Evolution Of Designs: Biological Analogy İn Architecture And The Applied Arts*. Routledge.
- Tan, S. F. (2007). *Ch2 6 Stars, But How Does It Work*. *Architecture Australia*, 96(1), 101-104.

- Topham, S. (2002). *Blow Up*. Prestel - Verlag, Munich.
- Tovarović, J.C., Ivanović, J. & Sekularac, N., (2017). *Renovation Of Existing Glass Facade In Order To Implement Energy Efficiency And Media Facade*, Faculty Of Architecture University Of Belgrade, 11000 Belgrade, Bulevar Kralja Aleksandra 73/I1, Serbia, Article In Energy And Buildings 152 · July 2017.
- Turner, J. S. ve Soar, R. C. (2008), *Beyond biomimicry: What termites Can Tell Us About Realizing the Living Building*, First International Conference on Industrialized, Intelligent Construction (I3CON), Loughborough University, UK
- Türk, Z. B. (2018). *Sürdürülebilir Mimarlık İçin Doğadan Öğrenilen Yaklaşımlar: Doğa Esinli Fikirlerin Bina Kabuğuna Etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tzonis, A. (1999). *Santiago Calatrava, The Poetics Of Movement*. Universe Publishing. New York.
- Velasco, R., Brakke, A.P. & Chavarro, D., (2015). *Dynamic Façades And Computation: Towards An Inclusive Categorization Of High Performance Kinetic Façade Systems*, From Book, Computer- Aided Architectural Design Futures, The Next City- New Technologies And The Future Of The Built Environment: 16th International Conference, Caad Futures 2015, São Paulo, Brazil, July 8-10, 2015, 172-191
- Velikov, K., & Thün, G., (2013). *Responsive Building Envelopes: Characteristics And Evolving Paradigms*, Inbook: *Design And Construction Of High Performance Homes: Building Envelopes, Renewable Energies And Integrated Practice* Edition: 1 Chapter: 1.3, Publisher: Routledge, Editors: Francatrubiano.
- Vincent, J.F.V., Bogatyrev, O., Pahl, A.-K., Bogatyrev, N.R. Ve Bowyer, A. (2006). *Biomimetics - Its Practice And Theory*. Journal Of The Royal Society Interface, April 2006.
- Vitruvius (2019). *Mimarlık Üzerine On Kitap* (4. Bs.) (Ç. Dürüşken, Çev.). İstanbul: Alfa Basım Yayım Dağıtım

Von Gerkan, M. And Marg, V. (2007). *Von Gerkan Marg Und Partner Buildings*, Prestel, Berlin.

Webb, S., (2005). *The Integrated Design Process Of Ch2. Environment Design Guide*. Cas 36, 2005

Wilkinson, C., (1996). *Supersheds, The Architecture Of Long-Span, Large-Volume Buildings*, Butterworth_Heinemann Ltd, Oxford.

Williams, H.A. (2003). *Zoomorphic-New Animal Architecture*, Laurence King Publishing Ltd., New York.

Yıldız, H. (2012). *Endüstri Ürünleri Tasarımı Kapsamında Biyomimetik Tasarımın Yeri Ve Metodolojisi*, (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ocak 2012, Ankara.

Zardini, M. (1996). *Santiago Calatrava Secret Sketchbook*, Monacelli Press, New York.

Zari, M., ve Storey, J. B., (2007). *An ecosystem based biomimetic theory for a regenerative built environment*. Lisbon Sustainable Building Conference.

Zari, M.P. (2007). *Biomimetic Approaches To Architectural Design For Increased Sustainability*, Sbo7 Nz Conference, Transforming Our Build Environment, New Zealand.

URL

URL-1 https://en.wikipedia.org/wiki/Children%27s_Museum_of_Pittsburgh/ Son Erişim Tarihi 10.07.24

URL-2 <https://www.archdaily.com/89270/kiefer-technic-showroom-ernst-giselbrecht-partner/2010> Son Erişim Tarihi 01.02.24

URL-3 <https://www.archdaily.com/789230/let-your-building-to-breathe-with-this-pneumatic-facade-technology/2016> Son Erişim Tarihi 01.02.24

URL-4 <https://pldturkiye.com/danimarkada-isikla-hareket-eden-cepheye-sahip-bir-universite/2015> Son Erişim Tarihi 02.02.24

URL-5 <https://www.archdaily.com/335620/rmit-design-hub-sean-godsell/2013> Son Erişim Tarihi 02.02.24

- URL-6 <https://flexfacades.com/projects/university-of-cincinnati-gardnerneuroscience-institute-ucgni/2024> Son Erişim Tarihi 05.02.24
- URL-7 <https://www.archdaily.com/536756/parking-structure-art-facade-urbana/2014> Son Erişim Tarihi 05.02.24
- URL-8 <https://mimdap.org/2010/09/jean-nouvelden-goz-alycy-muze-cephesi/2010> Son Erişim Tarihi 09.02.24
- URL-9 <https://www.ekoyapidergisi.org/esslingen-de-bir-yukse-yapi-festo-otomasyon-merkezi/2017> Son Erişim Tarihi 10.02.24
- URL-10 <https://docplayer.biz.tr/106908010-Surdurulebilir-mimarlik.html/2019> Son Erişim Tarihi 01.05.24
- URL-11 <http://breakthroughmechans.blogspot.com/2017> Son Erişim Tarihi 03.03.24
- URL-12 <https://phys.org/news/2017-10-black-butterfly-wings-solar-cells.html/2017>, Son Erişim Tarihi 03.03.2024
- URL-13 <https://www.ytur.net/yurtdisi/almanya/munih/munih-olimpiyat-stadyumu> Son Erişim Tarihi 09.03.2024
- URL-14 https://en.wikipedia.org/wiki/Sydney_Opera_House / Son Erişim Tarihi 10.07.2024
- URL-15 <https://valencia.lbsfilm.at/loceanografic/> Son Erişim Tarihi 10.07.2024
- URL-16 <https://www.arup.com/projects/aldar-headquarters>>2024, Son Erişim Tarihi 03.03.2024
- URL-17 <https://inhabitat.com/explorations-zero-waste-textile-factory-design-is-inspired-by-nature-designed-by-science/>>, Son Erişim Tarihi 03.03.2024
- URL-18 <https://www.re-thinkingthefuture.com/case-studies/a2962-capital-gate-tower-by-rmjm-a-structural-marvel/> 2022 Son Erişim Tarihi 17.03.24
- URL-19 <https://www.tekla.com/ae/resources/case-studies/capital-gate-tower-2> Son Erişim Tarihi 17.03.24
- URL-20 <https://www.iaacblog.com/programs/responsive-facade-dynamic-animation/2017> Son Erişim Tarihi 21.03.24

- URL-21 https://www.archidiap.com/beta/assets/uploads/2016/03/doc_14.pdf Son Erişim Tarihi 21.03.2024
- URL-22 <https://www.modlar.com/photos/collections/105/biomimicry/view/> Son Erişim Tarihi 21.03.2024
- URL-23 <https://www.arch2o.com/lyon-saint-exupery-airport-railway-station-santiago-calatrava/> Son Erişim Tarihi 21.03.24
- URL-24 <https://biomimicrykth.blogspot.com/2012/05/qatar-cacti-building.html> Son Erişim Tarihi 22.03.24
- URL-25 <https://architectuul.com/architecture/council-house-2/2013> Son Erişim Tarihi 25.04.2024
- URL-26 <https://www.mickpearce.com/2016> Son Erişim Tarihi 23.03.24
- URL-27 https://www.researchgate.net/publication/302485908_Biomimicry_an_Approach_for_Energy_Efficient_Building_Skin_Design_/2016 Son Erişim Tarihi 24.03.24
- URL-28 <https://earthlymission.com/take-a-look-inside-a-termite-mound/2019> Son Erişim Tarihi 28.03.24
- URL-29 <https://www.glassonweb.com/article/evaluation-adaptive-facades-case-study-al-bahr-towers-uae/2017> Son Erişim Tarihi 15.04.2024

ÖZGEÇMİŞ

Zeynep Masmaz

A. EĞİTİM

Yüksek Lisans: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Mimarlık Anabilim Dalı

Lisans: İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü, 2022, İstanbul

B. MESLEKİ DENEYİM

2023-... Özel bir şirkette mimar

C. PROJELERİ

1- TÜBİTAK (İstanbul Teknik Üniversitesi'nde proje no:121M573 olan) Enerji ve Su Etkin Bina ve Yerleşme Tasarımına Yönelik Bir Yaklaşımın Geliştirilmesi Projesinde Araştırmacı