



**BİYOMİMİKRİ DESTEKLİ İNTERAKTİF CEPHE BİLEŞEN TASARIM
ÖNERİSİ**

Harun KARS

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2021

Harun KARS tarafından hazırlanan “BİYOMİMİKRİ DESTEKLİ İNTERAKTİF CEPHE BİLEŞEN TASARIM ÖNERİSİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Mimarlık Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Arzu ÖZEN YAVUZ

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Doç. Dr. M. Tayfun YILDIRIM

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi. Nurgül İNAN

Endüstriyel Tasarım Ana Bilim Dalı, Ostim Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 26/01/2021

Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Cevriye GENCER

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Harun KARS
26/01/2021

BIYOMİMİKRI DESTEKLİ İNTERAKTİF CEPHE BİLEŞEN TASARIM ÖNERİSİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Harun KARS

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2021

ÖZET

Doğa tarih boyunca insanlık için yol gösterici olmuştur. Her bilim alanında olduğu gibi tasarımda da ilham alınan, taklit edilen unsur olarak karşımıza çıkmıştır. Günümüzde önem kazanan biyomimikri kavramı bu iki bağlam sonucunda oluşmuştur. Yenilikçi bir tasarım disiplini olan biyomimikri, doğadaki stratejileri belli bir yöntem ve süreçle tasarıma aktarmaktadır. Günümüz teknolojik gelişmelerin sonucu değişen çevre koşullarına tepki verebilen ve kullanıcı ihtiyaçlarına göre adapte edilebilen sistemlerin de mimaride uygulanması önem kazanmaya başlamıştır. Bu amaca yönelik uygulamaların yapılabilmesi kinetik mimarlığın gerekliliğini ortaya koymuştur. Çevresindeki iklim, ışık gibi değişkenlere gösterdiği tepkisel hareketler ile yapının performansı artırmaktadır. Bu tez çalışmasında değişen çevresel koşullara tepki verebilen, adapte olabilen, iç mekân ısısal konforu sağlayabilen ve var olan enerjiyi koruyabilen interaktif bir cephe bileşenleri için biyomimikri destekli alternatif tasarım önerileri sunulmuş ve performansları değerlendirilmiştir. Tasarım önerileri soğuk iklim bölgesini referans alan pencere elemanı için getirilmiştir. Bu bağlamda doğadaki canlıların eş zamanlı geri bildirim sistemleri kullanılarak bulundukları ortamdaki değişikliklere adaptasyon sağlamalarından alınan ilhamla; yüksek enerji gereksinimi, ısı kaybını minimuma indirme, ısı depolama ve güneş ışınlamından maksimum yararlanmayı sağlayacak kinetik cephe bileşen tasarımlar üzerinde odaklanılmıştır. Tez çalışmasında ilk olarak biyomimikri ve kinetik mimarlık kavramları incelenmiştir. Daha sonra alan çalışması bölümünde üç tasarım önerisi biyomimikri yöntemin tanımlama, dönüşüm, keşfetme, benzetme ve değerlendirme yöntem diyagramıyla sunulmuştur. Yapılan bu çalışmayla önerilen cephe bileşen tasarımların kinetik biyomimikri oluşumlarla elde edilebildiği ve etkin çözümler getirebildiği anlaşılmıştır.

Bilim Kodu : 80107
Anahtar Kelimeler : Biyomimikri, Algoritma, Kinetik Mimari, Cephe
Sayfa Adedi : 135
Danışman : Doç. Dr. Arzu ÖZEN YAVUZ

BIOMIMICRY SUPPORTED INTERACTIVE FACADE COMPONENT DESIGN

PROPOSAL

(M. Sc. Thesis)

Harun KARS

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2021

ABSTRACT

Nature has been a guide for humanity throughout history. As in every field of sciences, it has emerged as an inspirational and imitated element of design. The concept of biomimicry, which has gained importance today, has been formed as a result of these two contexts. Biomimicry, an innovative design discipline, transfers the strategies in nature to the design through certain methods and processes. As a result of today's technological developments, the application of systems that can react to changing environmental conditions and can be adapted according to user needs, has become important in architecture. The application for this purpose has revealed the necessity of kinetic architecture. The performance of the building is being increased with the reactive movements it shows to variables such as climate and light around it. In this thesis, alternative design proposals supported by biomimicry are presented for interactive facade components that can react to changing environmental conditions, adapt, provide indoor thermal comfort and preserve existing energy, and their performance has been evaluated. The design proposals are made for the window element that takes reference to the cold climate zone. In this context, with the inspiration taken from the adaptation of living things in nature to the changes in their environment by using simultaneous feedback systems; The focus is on kinetic facade component designs that will provide high energy requirement, minimizing heat loss, heat storage and maximum benefit from solar radiation. In the thesis study, the concepts of biomimicry and kinetic architecture were first examined. In the further casestudy section, three design proposals are presented with the biomimicry method's definition, transformation, exploration, simulate and evaluation method diagram. With this study, it is understood that the proposed facade component designs can be obtained with kinetic biomimicry formations and can bring effective solutions.

Science Code : 80107

Key Words : Biomimicry, Algorithm, Kinetic Architecture, Facade

Page Number : 135

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Arzu ÖZEN YAVUZ

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam için danışmalığımı üstlenerek bu süreçte bana her zaman destek olan, fikir, düşünce ve yardımlarını esirgemediğim çalışmamı tamamlayabilmemi sağlayan danışman hocam sayın Doç. Dr. Arzu Özen YAVUZ' a en minnet ve şükranlarımı sunarım. Tez savunma jüri üyesi değerli hocalarım Sayın Sayın Dr. Öğr. Üyesi Nurgül İNAN, Sayın Doç. Dr. Tayfun YILDIRIM ve Doç. Dr. Çiğdem Belgin DİKMEN,'e değerli fikirleri ve düşünceleri ile teze katkısını esirgemedikleri için minnet ve şükranlarımı sunarım. Ayrıca eğitim hayatım boyunca bana katkı sağlayan bütün hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her anında bana destek olduklarını hissettiren, maddi ve manevi olarak desteklerini esirgemeyen, varlıkları ile beni onurlandıran, bugünlere gelmemi sağlayan başta annem Leyla KARS ve babam Özcan KARS olmak üzere ikizim Pınar KARS, abim Burak KARS ve eşi Cansu KARS'a emek, sabır, çabaları için minnet ve şükranlarımı sunarım. Üzerimdeki emeklerinin karşılığı olmayacaktır ama bu çalışmamı onlara ithaf ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. BİYOMİKRİ	3
2.1. Biyomimikri Kavramı ve Tarihçesi	3
2.1.1. Yaşamın dokuz prensibi.....	6
2.1.2. Model, ölçüt ve kılavuz olarak doğa	7
2.1.3. Biyomimikri tasarım spirali	8
2.2. Biyomimikri ve Tasarım	10
2.2.1. Biyolojiye bakan tasarım (Design looking to biology)	14
2.2.2. Biyolojik ilhamlı tasarım (Biologically inspired design).....	15
2.3. Biyomimikri ve Mimarlık	16
2.3.1. Mimaride biyomimikri uygulamaları	19
3. KİNETİK MİMARLIK	29
3.1. Kinetik Mimarlığın Tarihçesi.....	32
3.2. Kinetik Mimarlığın Sınıflandırılması.....	37
3.2.1. Enerjiyi kullanma biçimine göre sınıflandırma.....	39

Sayfa

3.2.2. Yapıda bulunma şekillerine göre sınıflandırma	43
3.2.3. Gerçekleşme zamanına göre sınıflandırma	44
3.2.4. Kontrol biçimine göre sınıflandırma	46
3.2.5. Hareket biçimine göre sınıflandırma.....	51
3.3. Kinetik Mimarlık Örnekleri	57
3.3.1. The shed arts center.....	57
3.3.2. Dynamic tower	58
3.3.3. CJ research center	60
3.3.4. Kolding Campus University of Southern Denmark	61
3.3.5. Thyssenkrupp genel merkezi.....	63
4. BİYOMİMİKRI DESTEKLİ İNTERAKTİF CEPHE BİLEŞEN TASARIM ÖNERİSİ	67
4.1. Problemin Tanımlanması	72
4.2. Dönüşüm Diyagramı	73
4.3. Alan Çalışması 1:	74
4.3.1. Biyomimikri esin kaynağının tanımlanması, keşfetme	74
4.3.2. Benzetme.....	79
4.3.3. Değerlendirme.....	84
4.4. Alan Çalışması 2:	99
4.4.1. Biyomimikri esin kaynağının tanımlanması, keşfetme	99
4.4.2. Benzetme.....	101
4.4.3. Değerlendirme.....	105
4.5. Alan Çalışması 3:	110
4.5.1. Biyomimikri esin kaynağının tanımlanması, keşfetme	110

	Sayfa
4.5.2. Benzetme.....	112
4.5.3. Değerlendirme.....	116
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	121
KAYNAKLAR	125
ÖZGEÇMİŞ	135



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Zari biyomimikri uygulama aşamaları.....	8
Çizelge 3.1. Kinetik sistemlerin sınıflandırılması.....	38
Çizelge 4.1. Gün Işığı analiz türleri	69
Çizelge 4.3. Soğuk İklim Bölgelerinde Sağlanması Gereken Koşullar ve İnceleme Ölçütleri.....	73
Çizelge 4.4. Anahtar kavram diyagramı	74
Çizelge 4.5. Tasarım önerisi 1: esin kaynağı anahtar kavram diyagramı	79
Çizelge 4.6. 60 derece açılı konumda bulunan birinci interaktif cephe bileşenin gün ışığı değerleri.....	87
Çizelge 4.7. 90 derece açılı konumda bulunan birinci interaktif cephe bileşenin gün ışığı değerleri.....	90
Çizelge 4.8. 120 derece açılı konumda bulunan birinci interaktif cephe bileşenin gün ışığı değerleri.....	93
Çizelge 4.9. Tasarım önerisi 2: esin kaynağı anahtar kavram diyagramı	101
Çizelge 4.10. Kapalı konumda bulunan ikinci interaktif cephe bileşenin gün ışığı değerleri.....	106
Çizelge 4.11. Tasarım önerisi 3: esin kaynağı anahtar kavram diyagramı	112
Çizelge 4.12. Kapalı konumda bulunan üçüncü interaktif cephe bileşenin gün ışığı değerleri.....	117

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Biyomimikri tasarım spirali.....	2
Şekil 2.1. Tarihsel gelişim sürecinde biyomimetik.....	5
Şekil 2.2. Biyomimikri tasarım spirali.....	9
Şekil 2.3. Lotus Etkisi.....	12
Şekil 2.4. Yukarıdan aşağıya yaklaşım.....	15
Şekil 2.5. Aşağıdan yukarıya yaklaşım.....	16
Şekil 2.6. Biyomimikrinin tarihsel süreçte mimarlıkta kullanımı.....	18
Şekil 2.7. Kuş yuvasına benzeyen Beijing Ulusal Stadyum örüntüsü	20
Şekil 2.8. Yan lekeli kertenkelenin güneş ışığına karşı davranışı.....	21
Şekil 2.9. Çölde karşılaşılan ısı kaynakları.....	21
Şekil 2.10. (a) Cephe panel sistemleri ve (b) proje genel görünüm.....	22
Şekil 3.1. Kinetik sistemlerin amaçları.....	30
Şekil 3.2. Konstrüktivizm akımı ile tasarlanan fabrika.....	35
Şekil 3.3. Plug-in City.....	36
Şekil 3.4. Kinetik sistem örnekleri.....	37
Şekil 3.5. Enerjiyi kullanma biçimine göre sınıflandırma	39
Şekil 3.6. Sharifi-Ha evi kısmi hareket diyagramı.....	42
Şekil 3.7. Fox'un kinetik tipolojiler diyagramı.....	44
Şekil 3.8. Dâhili (içsel) kontrol diyagramı.....	46
Şekil 3.9. Doğrudan kontrol diyagramı.....	47
Şekil 3.10. Dolaylı kontrol diyagramı.....	48
Şekil 3.11. Tepkisel dolaylı kontrol diyagramı.....	49

Şekil	Sayfa
Şekil 3.12. Açılır-kapanır makro-modüler tente	49
Şekil 3.13. Yaygın tepkisel dolaylı kontrol diyagramı	49
Şekil 3.14. Deneye dayalı tepkisel dolaylı kontrol	50
Şekil 3.15. Güneş kırıcıları	51
Şekil 3.16. Hareket çeşitleri diyagramı.....	51
Şekil 3.17. Kayma hareket türleri	52
Şekil 3.18. Dönme hareket türleri	52
Şekil 3.19. Daralma genişleme hareket türleri.....	53
Şekil 3.20. Açılma kapanma hareket türleri.....	54
Şekil 3.21. The Olympic Tennis Center farklı açılı çatı örtüsü hareketleri	55
Şekil 3.22. Katlanma hareket türleri	55
Şekil 3.23. Gerilme hareket türleri.....	56
Şekil 3.24. Dynamic Tower prefabrik modüller	59
Şekil 3.25. Dynamic Tower hareket şekli, rüzgâr tribünleri ve güneş panelleri.....	60
Şekil 3.26. CJ Arge Merkezi kinetik eleman detayı	61
Şekil 4.1. Tasarım yöntem diyagramı	67
Şekil 4.2. Revit Energy Optimization ve Insight sekmeleri.....	68
Şekil 4.3. Coğrafi konum seçimi ve iklim verileri.....	68
Şekil 4.4. Revit Lighting sekmesi ayar penceresi	69
Şekil 4.5. Revit Energy optimization penceresi	70
Şekil 4.6. Revit Energy optimization penceresi.....	71
Şekil 4.7. Kutup ayısı ana özellikleri	76
Şekil 4.8. Kutup ayısının kürk yapısı.....	77
Şekil 4.9. Heliotropik hareket	78

Şekil	Sayfa
Şekil 4.10. Tasarım önerisi 1: form ve cephe düzeni.....	80
Şekil 4.11. Tasarım önerisi 1: eksenel dönme hareketi ve tepkisel dolaylı kontrol diyagramı	81
Şekil 4.12. Tasarım önerisi 1: kapalı ve açık konumdaki cephe bileşeni	81
Şekil 4.13. Tasarımın pasif ısıtma şeması.....	82
Şekil 4.14. Fiber optik özellikli elastik tüplü modül.....	82
Şekil 4.15. Eksenel dönme hareketi yapmış cephe bileşenin iç mekândan görüntüsü	83
Şekil 4.16. Açık konumdaki cephe bileşeni.....	83
Şekil 4.17. İnteraktif cephe bileşeninin dynamo yazılımındaki algoritması.....	85
Şekil 4.18. İnteraktif cephe bileşeninin gün içindeki güneşe göre hareket diyagramı	86
Şekil 4.19. 60 derece açılı konumda bulunan birinci interaktif cephe bileşeninin referans oda düzlemindeki aydınlık düzeyleri	89
Şekil 4.20. 90 derece açılı konumda bulunan birinci interaktif cephe bileşeninin referans oda düzlemindeki aydınlık düzeyleri	92
Şekil 4.21. 120 derece açılı konumda bulunan birinci interaktif cephe bileşeninin referans oda düzlemindeki aydınlık düzeyleri	95
Şekil 4.22. İnteraktif cephe elemanı kullanılmayan referans odaya ait enerji modeli	96
Şekil 4.23. İnteraktif cephe elemanı kullanılmayan referans odaya ait enerji analiz sonuçları	96
Şekil 4.24. Kapalı konumda (0°-180°) bulunan birinci interaktif cephe bileşenine ait enerji modeli	97
Şekil 4.25. Kapalı konumda (0°-180°) bulunan birinci interaktif cephe bileşenine ait enerji analiz sonuçları	97
Şekil 4.26. Açık konumda (90°) bulunan birinci interaktif cephe bileşenine ait enerji modeli.....	98
Şekil 4.27. Açık konumda (90°) bulunan birinci interaktif cephe bileşenine ait enerji analiz sonuçları	98
Şekil 4.28. Açık-kapalı çam kozalağı ve yapısı.....	99

Şekil	Sayfa
Şekil 4.29. Tasarım önerisi 2: form ve cephe düzeni.....	102
Şekil 4.30. Tasarım önerisi 2: menteşeli açılıp-kapanma hareketi ve tepkisel dolaylı kontrol diyagramı.....	103
Şekil 4.31. Tasarım önerisi 2: kapalı konumdaki cephe bileşeni.....	104
Şekil 4.32. Su kapsüllü ahşap modül	104
Şekil 4.33. Tasarım önerisi 2: açık konumdaki cephe bileşeni.....	105
Şekil 4.34. Tasarlanan cephe bileşenin iç mekândan görüntüsü.....	105
Şekil 4.35. Kapalı konumda bulunan ikinci interaktif cephe bileşeninin referans oda düzlemindeki aydınlık düzeyleri	108
Şekil 4.36. Kapalı konumda bulunan ikinci interaktif cephe bileşenine ait enerji modeli	109
Şekil 4.37. Kapalı konumda bulunan ikinci interaktif cephe bileşenine ait enerji analiz sonuçları.....	109
Şekil 4.38. Tasarım önerisi 3: form ve cephe düzeni.....	113
Şekil 4.39. Tasarım önerisi 3: yatayda eksen dönme hareketi ve tepkisel dolaylı kontrol diyagramı	114
Şekil 4.40. Tasarım önerisi 3: kapalı konumdaki cephe bileşeni.....	115
Şekil 4.41. ETFE yapı malzemeli şeffaflaşan modül.....	115
Şekil 4.42. Tasarım önerisi 3: açık konumdaki cephe bileşeni.....	116
Şekil 4.43. Tasarlanan cephe bileşenin iç mekândan görüntüsü.....	116
Şekil 4.44. Kapalı konumda bulunan üçüncü interaktif cephe bileşenin referans oda düzlemindeki aydınlık düzeyleri	119
Şekil 4.45. Kapalı konumda bulunan üçüncü interaktif cephe bileşenine ait enerji modeli.....	120
Şekil 4.46. Kapalı konumda bulunan üçüncü interaktif cephe bileşenine ait enerji analiz sonuçları	120

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Leonarda da Vinci uçan makine eskizi	3
Resim 2.2. Pıtrak otu ve cırt cırt bantı	11
Resim 2.3. Lotus bitkisi	11
Resim 2.4. Yalıçapkını ve hızlı tren.....	12
Resim 2.5. Balina yüzgeç detayı ve rüzgâr türbini detayı	13
Resim 2.6. (a) Kunduz, (b) Tasarlanan post	13
Resim 2.7. Geko kertenkelesinin parmak yapısı ve Geko bantlı kumaşlar	14
Resim 2.8. Daimler Chrysler tarafından tasarlanan biyonik araç tasarımı	15
Resim 2.9. Yapılar ve doğadaki benzerleri	17
Resim 2.10. Nilüfer yapısı ve Crystal Palace	19
Resim 2.11. (a) Eyfel kulesi, (b) Uyluk kemiği	19
Resim 2.12. Kuş yuvası ve Beijing Ulusal Stadyumu	20
Resim 2.13. Sabun köpüğünün yapısı ve Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi	23
Resim 2.14. Expo tematik pavyon	23
Resim 2.15. Cennet kuşu- Strelitzia Reginae.....	24
Resim 2.16. Expo tematik pavyon binası kinetik cephesi	24
Resim 2.17. Esplanade tiyatro binası ve durian meyvesi.....	25
Resim 2.18. Gherkin Kulesinin ve Venüs bitki süngerini.....	26
Resim 2.19. Al Bahar kulesi ve mashrabiya konseptli gölgeleme elemanı	26
Resim 2.20. Gölgeleme elemanı bio ilham kaynağı ve açılıp kapanma prensibi	27
Resim 3.1. Orta Çağ dönemindeki asma köprülerin nasıl çalıştığını gösteren bir çizim ve İtalya'daki Gradara Kalesi'ndeki asma köprünün görünüşü	33
Resim 3.2. İskenderiye'deki hareketli tapınak kapısı detayı ve hareketli tiyatro	33

Resim	Sayfa
Resim 3.3.Roma Colosseum Amfitiyatro çatı detayı.....	34
Resim 3.4. Versay Sarayı salonu.	34
Resim 3.5. Liz West'in renkli yansımalarımız adlı çalışması	40
Resim 3.6. Ulusal Katar Müzesi	41
Resim 3.7. Frank Gehry Lou Ruvo Beyin Sağlığı Merkezi.....	41
Resim 3.8. David Fisher, Moskova Dinamik Kule	43
Resim 3.9. Ten Fold Engineering mobil sistemli yapısı.....	45
Resim 3.10. Hareket eden Quadrant House	45
Resim 3.11. Folding Egg katlanabilir levha strüktürü	47
Resim 3.12. Tepe Penceresi	47
Resim 3.13. Dolaylı kontrol sistemi olan telekonferans istasyonu	48
Resim 3.14. Starlight tiyatrosu çatısı	50
Resim 3.15. Qi Zhong stadyumu	52
Resim 3.16. Dönen Domespace yapısı	53
Resim 3.17. Rolling Bridge (yuvarlanır köprü)	54
Resim 3.18. The Olympic Tennis Center- Magic Box	54
Resim 3.19. Kiefer Technic Showroom.....	56
Resim 3.20. Media TIC Ofis binası	57
Resim 3.21. The Shed kinetik dış kabuk.....	57
Resim 3.22. The Shed kinetik hareket sonrası elde edilen mekân.....	58
Resim 3.23. Dynamic tower farklı görüşleri.....	59
Resim 3.24. CJ Arge Merkezi.....	60
Resim 3.25. Kampüs Kolding binası	62
Resim 3.26. Kampüs Kolding bina cephesi	63

Resim	Sayfa
Resim 3.27. ThyssenKrupp genel merkezi	64
Resim 4.1. Kutup ayısı.....	75
Resim 4.2. Alpine buttercup (Alplerin düğün çiçeği).....	77
Resim 4.3. Namib çöl böceği.....	100
Resim 4.4. Drosera capensis bitkisi	110
Resim 4.5. Diphyllaia grayi	111
Resim 4.6. Yağmur sırasında şeffaflaşan iskelet çiçeği.....	112



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

°C	Derece - Celcius
cm	Santimetre
m ²	Santimetre
M.Ö.	Milattan önce
kg	Kilogram
Kw	KiloWatt
kWh	KiloWatt Saat
mm	milimetre
Mg	Miligram
MJ	Milyon Joule
MJ/m ²	Milyon Joule / metrekare
yy	Yüzyıl
%	Yüzde
vb.	ve başkası, ve başkaları, ve benzeri, ve benzerleri

Kısaltmalar

Açıklamalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ETFE	Etilen tetrafloroetilen
HVAC	Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Sistemleri
LEED	Leadership in Energy and Environmetal Desi
LEAF	Leading European Architects Forum

1. GİRİŞ

İnsanoğlu tarih boyunca karşılaştığı sorunların çözümleri için doğayı dikkatli bir şekilde incelemiş ve doğadaki oluşumları her zaman bir yol gösterici olarak görmüştür. Barınma, yaşama ve doğa şartlarından korunma ihtiyacı insanoğlunu doğayı anlamaya ve araştırmaya yönlendirmiş; bu amaçla doğadaki oluşumları gözlemlemiş, taklit etmiş ve canlı veya cansız varlıklardan ilham almıştır. Örneğin, doğayı gözlemleyen insanoğlu, barınma ihtiyacını karşılamak için kuş yuvalarından ilham almış ve kuşun yuva yapma tekniklerini taklit ederek kendine barınak inşa etmiştir.

Doğayla kurulan bu ilişki ağının sonucu olarak karşımıza çıkan biyomimikri kavramı, Yunancada bios (yaşam) ve mimesis (taklit etme) kelimelerinin birleşiminden gelen ve ilk olarak 1950 yılında Amerikalı mühendis Otto Schmidt tarafından kullanılan biyomimetik (Eggermont, 2007) tasarımcıların doğadaki varlıkların çalışma prensiplerini gözlemleyip tespit ettiği metotları tasarımında somutlayarak kullandığı yöntemdir.

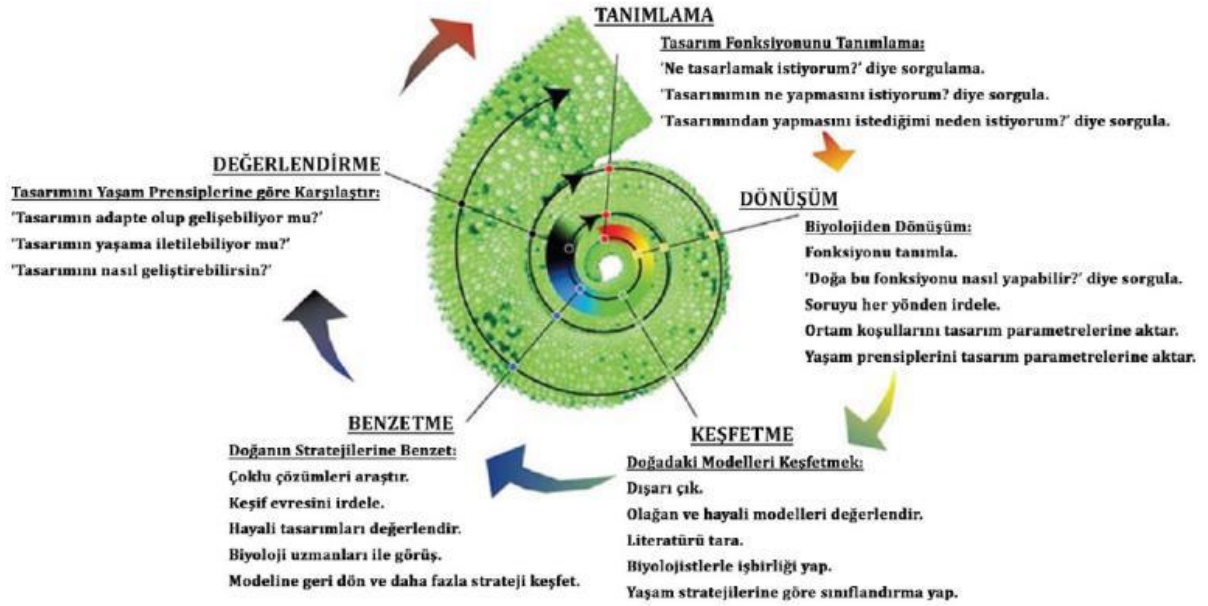
Bütün tasarım disiplinlerinde biçim üretme süreci tasarımın genel hatlarını, ana fikrini, çalışma ya da kullanım özelliklerini ifade edebilmesi açısından değerlendirildiğinde önem arz eden bir süreçtir. Günümüz teknolojik gelişmeler sayesinde değişen çevre koşullarına tepki verebilen ve kullanıcı ihtiyaçlarına göre adapte edilebilen sistemlerin mimaride uygulanması, istenilen konfor koşullarının sağlanması için önemlidir. Ancak geleneksel mimaride ve hatta çevremizde gördüğümüz hemen hemen tüm yapılarda, değişen ve gelişen çevre koşullara tepki veremeyen, yapı ömrü boyunca durağan yapılar mevcuttur.

Kinetik cephe bileşen model tasarımı biyomimikri yöntemle yapılabilir mi? Gelişen ve değişen çevre koşullarında istenilen konfor koşullarına tepki veren uyarlı cephe elemanlarının doğa esinli tasarım aşamaları ve tasarım sürecine aktarılma yöntemleri nelerdir? Bu tez kapsamında Kars ilinde değişen çevresel koşullara tepki verebilecek ve çalışma prensibi doğa esinli olan interaktif cephe bileşen tasarım modeli oluşturmak amaçlanmıştır. Önerilecek modelin, içinde bulunduğu çevresel koşullardaki değişimi algılayabilen, çevresel verilere göre adapte olabilir, değişebilir, söz konusu tepkiyi verirken ihtiyacı olan enerjiyi doğal kaynaklardan elde edebilen bir eleman olması hedeflenmiştir.

Soğuk iklim bölgesinde kışları güneş ışınlarını alabilecek şekilde güneşe göre hareket edecek, ısı kaybını önleyecek ve ısı depolayabilecek özelliklerde bir cephe bileşeninin önerilmesine karar verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında birçok araştırma alanından destek alınacaktır. Bunlar doğayı taklit ederek tasarımların üretilmesini sağlayan biyomimetik mimarlık, üretilen ürünlerin hareket ve adaptasyon kabiliyetine sahip olmalarını sağlayan kinetik mimarlık ve her iki araştırma alanı kapsayacak alan çalışması bölümüdür.

Çalışma kapsamında literatür taramasından sonra alan çalışması ile sorun tanımlanmış ve çözümlerine yönelik araştırmalar yapılarak model tasarımına biyomimikri yaklaşımıyla çözüm aranmıştır. Biyomimikrinin beş temel aşaması yeniden problem üzerinde yorumlanmış ve öneri model bu süreç doğrultusunda geliştirilmiştir (Şekil 1.1).



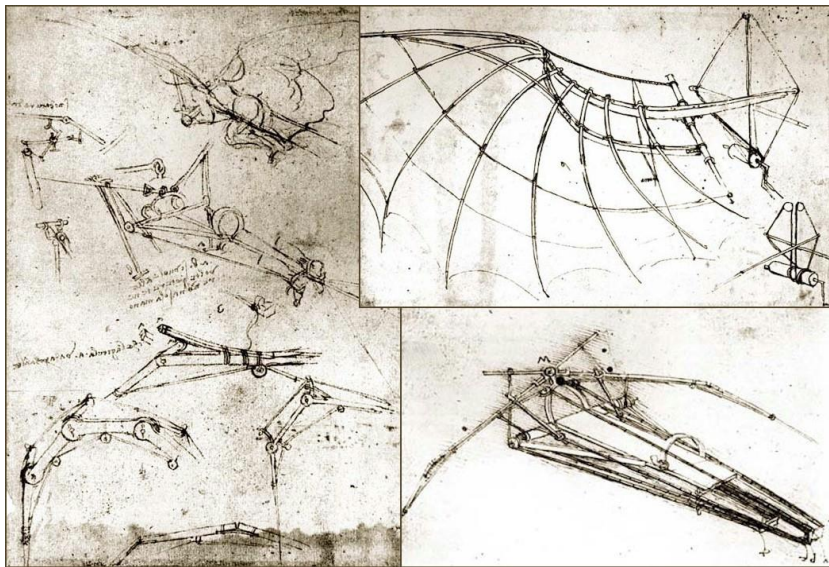
Şekil 1.1. Biyomimikri tasarım spirali (Biomimicry Institute, 2007)

2.BİYOMİKİRİ

2.1. Biyomimikri Kavramı ve Tarihçesi

Biyomimikri Yunancada yaşam anlamındaki “bios” ve taklit anlamındaki “mimesis” kelimelerinden oluşmaktadır. Janine M. Benyus’a göre biyomimikri “doğanın dehasının bilinçli olarak taklit edilmesidir.” (Benyus, 1997). Yenilikçi bir metot olan biyomimikri karşılaşılan sorunlara sürdürülebilir çözümler getirmek için doğadaki stratejileri inceleyen disiplindir.

Biyotasarım, biyonik, biyomimesis, biyo-ilham gibi farklı terimler kullanılsa da bütün terimler aynı anlama gelmektedir. Farklı alanlarda kullanım gösteren bu terimlerin ilham kaynağı doğadır (Atawula, 2016). Her dönem insanoğlunu etkileyen doğanın esin kaynağı olarak kullanımı köklü bir geçmişe dayanmaktadır (Şekil 2.1). 1500’lü yıllarda Leonarda da Vinci uçan makine için yarasalar ve kuşların hareketlerinden, gemi içinse balıkların biçimlerinden ilham alan çizimler yapmıştır (Resim 2.1). Döneminde uygulanamayan bu çizimler daha sonraları Wright Kardeşler’e esin kaynağı olmuştur. Güvercinlerin hareket biçimlerini inceleyen Wright Kardeşler araştırmalarını genişleterek Da Vinci’ye ait olan çizimleri geliştirerek 1903 yılında ilk uçağı üretmişlerdir (Mazzoleni, 2013).



Resim 2.1. Leonarda da Vinci uçan makine eskizi (URL-1, 2019)

Amerikalı mühendis Otto Schmitt 1950 yılında biyomimikri kavramını, doğanın deneyimlediği dokuları ve stratejileri inceleyerek var olan problemlere tasarımlarıyla sürdürülebilir çözümler getirme disiplini olarak tanımlamıştır (Eggermont , 2007). İlk defa 1982 yılında bir doktora tezinde kullanılan biyomimikri kavramı, Benyus'un (1997) "*Biomimicry: Innovation Inspired by Nature* (Biyomimikri: Doğadan İlham Alan Yenilik)" kitabıyla herkes tarafından tanınıp bilinmeye başlanmıştır. Bu alan üzerine yapılan çalışmaların artış göstermesinde Biyoloji Profesörü Steven Vogel, Biyomimetik Profesörü Julian Vincent ve Biyoloji Bilimleri yazarı Janine Benyus gibi isimlerin yapmış olduğu akademik çalışmalar etkili olmuştur. Vincent (2001) "*doğadaki iyi bir tasarımın soyutlanması*" olarak tanımlarken, Pawlyn (2011) ise, biyomimikriyi, "*sürdürülebilir çözümler üretmek için biyolojik formların, sistemlerin ve süreçlerin işlevsel esasını taklit etme*" olarak tanımlamıştır (Pawlyn, 2016).

BİYOMİMETİK ÇALIŞMALAR

biyolojiden teknolojiye

kuş yuvalarından alınan ilham	öncelikli periyotlar	kulübeler
örümcek ağıları		çadırlar
leonardo da vinci'nin 16.yy icatları		yenilik
yunus derilerini taklit etme		gemi gövdesi
texas'da çalılardan alınan ilham, michael kelly		dikenli tel
1868		
şahin kanadı, wright kardeşler 1904		uçak
sırça otu, george mestral 1940		velcro
sinir hücrelerinin beyinde bilgi aktarımı		modern mikroişlemci
yapraktan alınan ilham		güneş paneli
robotics insan vücudu taklit etme	1990'lar	protezler
yarasalar gibi sesle yer bulma		sonar, radar
hafiflik balık ve kuş gözlemleme		uçağın aerodinamik formu
termit yuvalarının havalandırması		eastgate binası, zimbabve
baykuş tüyleri-rüzgar sessizliği		japon yapımı shinkansen treni
gecko kertenkelesinin yüzeye yapışması		yeni nesil yapıştırıcı
lotus etkisi- kendi kendini temizleme	doğadan alınan ilham	lotusan, cephe elemanı
kuş tüylerinin ışığı kırması, ray anderson 1995		entropy (halı)
yayınlar 'Biyomimikri' janine benyus 1998		biomimetik devrim
kertenkelenin renk değiştirmesi		renk değiştiren kıyafetler
doğadaki spiraller		pax çark
fotosentez		dsc solar paneller
balinaların temizleyici filtresi		baleen filtre teknolojisi
biyomateryaller köpekbalığı derisi		speedo dalış kıyafeti
biyomimetik robotlar hamamböceği		marşa gönderilen robotlar nasa
bulanık mantık penguenlerin yalıtımı		akıllı kumaşlar
örümcek ipeği strüktür		kevlar
ekosistem taklidi, jhohn todd		living machine atık su dönüşümü
insan anatomisi salyangoz hareketi		salyangoz robotlar
istiridyeden nasıl kabuğunu oluşturur, dr.belcher	2000'ler	şarj edilebilir bataryalar
2004		
timsah derisindeki kollajen lifleri		fiberglas teknolojisi
ateşböceklerinin sarı yeşil ışık üretimi		verimli ışık
incinin yapısındaki bozukluk		jet motorlarının tamiri
ağaç dallarının bölünmeleri		zic fiat
yarasaların engelleri aşmaları		robot akıllı akustik sensör

Şekil 2.1. Tarihsel gelişim sürecinde biyomimetik (Selçuk , 2009)

Janine Benyus ve Bryony Schman 2005 yılında biyomimikri enstitüsünü kurmuştur. Schwan, Benyus ve daha sonradan katılan Chris Allen ile birlikte doğal sistemlerin tasarım ve mühendisliğe göre sınıflandırıldığı, doğal çözümlerin olduğu çalışmaları derleyerek herkesin yararlanabildiği dünyanın ilk dijital kütüphanesi olan AskNature platformunu 2015 yılında kurmuşlardır (Radwan and Osama, 2016)

Biyomimikrinin doğaya genel yaklaşımında 3 temel boyutu vardır:

1. Yaşamın Dokuz Prensibi
2. Model Ölçüt ve Kılavuz Olarak Doğa
3. Biyomimikri Tasarım Spirali

2.1.1. Yaşamın dokuz prensibi

Tasarım aşamasından önce biyomimikrinin doğada var olduğunu anlayabilmek amacıyla Benyus sorgulanması gereken özellikleri yaşamın dokuz prensibinde açıklamıştır. Benyus'a göre yaşamın dokuz prensibi şunlardır:

- Doğa gün ışığı ile çalışmaktadır (*nature runs on sunlight*).
- Doğa ihtiyaç duyduğu kadar enerji kullanmaktadır (*nature uses only the energy it needs*).
- Doğa formunu işleve göre belirlemektedir (*nature fits form to function*).
- Doğa var olan her şeyi geri dönüştürmektedir (*nature recycles everything*).
- Doğa işbirliğinin karşılığını vermektedir (*nature rewards cooperation*).
- Doğa geniş bir ürün yelpazesine imkân vermektedir (*nature banks on diversity*).
- Doğa alanında uzmanlık gerektirmektedir (*nature demands local expertise*).
- Doğa ihtiyaç fazlasını kendi içinde engellemektedir (*nature curbs excesses from within*).
- Doğa var olan gücünün tüm sınırları kullanmaktadır (*nature taps the power of limits*) (Benyus, 1997).

Canlıların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmek için ekosistemlerin özelliklerinin bilmesi gerekliliğini söyleyen Yeang ise Benyus'un yaşamın dokuz prensibine benzer sınıflandırma yapmıştır. Bunlar;

- Enerji kaynağının yenilenebilir olması,
- Geri dönüştürülebilir olması,

- Biçimin işleve uygun olması,
- Denetimin sistematik halde olması,
- Yapısal çeşitlilik fazla olması,
- Türler arasında bilgi ağı ve etkileşimin olması (Yeang, 2012).

2.1.2. Model, ölçüt ve kılavuz olarak doğa

Doğanın tasarım fikirlerinde öncü olması ve örneklerde etkili bir şekilde uygulanabilmesi için doğanın koyduğu kuralların ve çalışma prensiplerinin dikkate alınması gerekmektedir. Doğa Benyus'a göre model, ölçüt ve kılavuz olmak üzere üç farklı şekilde yorumlanmaktadır (Benyus, 1997):

1. Model olarak doğa: İnsanoğluna yardımcı olmak için karşılaşılan sorunlara karşı doğada var olan modeller temel alınarak esin kaynağı olarak kullanılmaktadır. Amaç doğadaki canlı ve cansız varlıklar gibi üretim yapabilmektir. Ayrışabilen fiberleri, seramikleri, plastikleri ve kimyasalları üretilirken, güneş ve basit bileşenler kullanılmaktadır.
2. Ölçüt olarak doğa: Ölçüt olarak doğa, ekolojik ölçütleri kullanarak üretilen yeniliklerin, problemlerin çözümündeki uygunluğuna ve sürdürülebilir geçerliliğine karar vermektedir. Doğa varoluşundan bugüne kadar sistemlerin nasıl çalıştığını, en elverişli ortamların nasıl olması gerektiğini ve çalışma dayanımlarını bilerek ölçütlerini kendisi belirlemiştir.
3. Kılavuz olarak doğa: Doğayı incelemenin ve çıkarımlarda bulunmanın yeni bir biçimi olarak açıklanmaktadır. Amaç doğanın ne verdiği ile değil, neyi öğreteceği ile ilgilenmektedir.

Doğayı keşfetmek için yapılan araştırmalardan sonra biyomimikrinin hangi düzeyde uygulama yapılması gerektiğine karar verilmektedir. Benyus ve Dr. Maibritt Pedersen Zari birbirine benzer biyomimikri düzeyler açıklamıştır. Benyus'un organizma düzeyi, esin kaynağının dış görünüm gibi basit özelliklerini alıp tasarıma aktarmaktadır. Formun doğadaki doğal halidir. Davranış düzeyi, esin kaynağının basit görüntüsünden çok yapmış olduğu davranışsal ve özgün özelliğini aktarmaktır. Ekosistem düzeyi, esin kaynağının ekosistem içindeki konumunu tüm yönleriyle aktarmaktır (İleritürk, 2016).

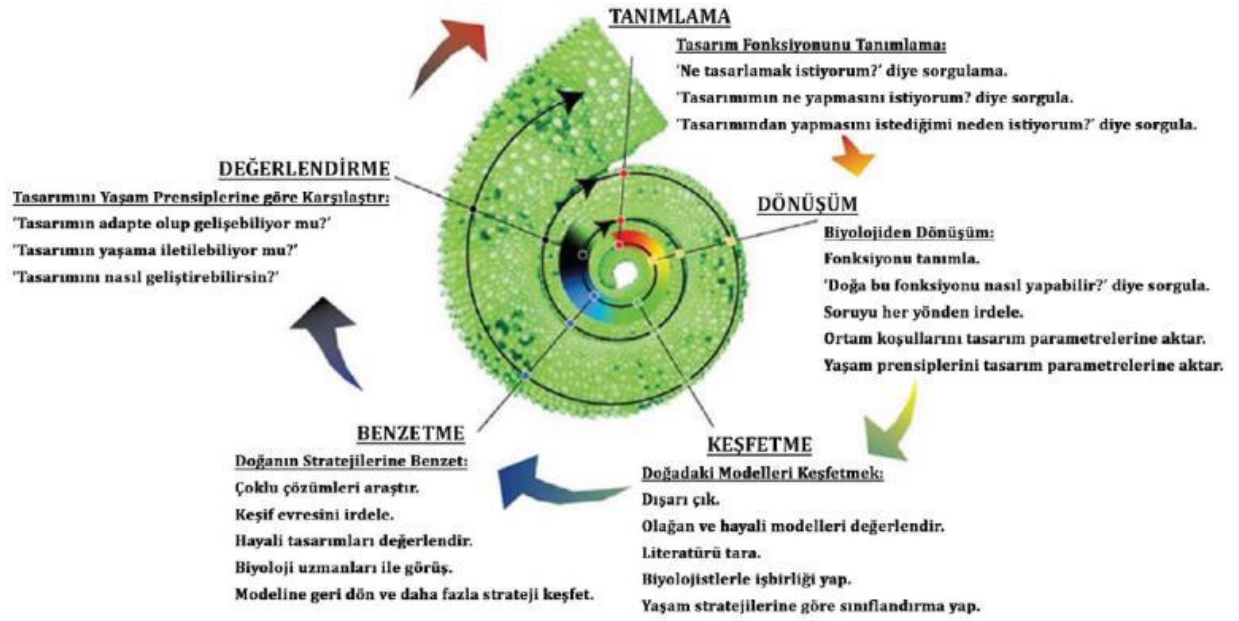
Pedersen Zari'ye göre de biyomimikri uygulama seviyeleri üç aşamada gerçekleşmektedir (Çizelge 2.1). Organizma düzeyi, hayvan ve bitki organizmaların belirli bir kısmının ya da tamamının taklit etmektedir. Davranış düzeyi, organizmaların davranışlarını ve hayatta kalma biçimlerini inceleyerek taklit etmektedir. Ekosistem düzeyi, organizmaların bulunduğu ekosistemi bir bütün olarak inceleyerek taklit etmektedir (Zari, 2007). Zari'nin düzeyleri, biçim, malzeme, inşaat, süreç ve fonksiyon olarak beş farklı unsurla incelenmektedir.

Çizelge 2.1. Zari biyomimikri uygulama aşamaları (Zari, çeviren Karabetça, 2016)

Organizma Seviyesi (belirli bir organizmanın takliti)	<i>form</i>	Bina bir termit tepciğine benzer
	<i>malzeme</i>	Bina, termit tepciğinin yapıldığı aynı malzemeden yapılmıştır; örneğin termitin dışiskeletin yada kabuğunun malzemesini taklit etmek
	<i>yapı</i>	Bina, termit tepciğinin yapılış şekli ile aynı yapılmıştır; örneğin tepcik çeşitli döngüler içinde büyür
	<i>süreç</i>	Bina, bireysel bir termitin çalıştığı şekilde çalışır; örneğin termit hidrojen üretir bunu yaparken de metagenetik olarak yapar
	<i>işlev</i>	Bina, daha büyük ölçekteki bir termit gibi çalışır; örneğin termitler selülozu geridönüştürür ve toprak üretir.
Davranış Seviyesi (organizmanın nasıl davrandığı yada etrafındaki daha büyük sistemle olan ilişkisi)	<i>form</i>	Bina, termitler tarafından yapılmış gibi görünür; örneğin termit tepciği koyası
	<i>malzeme</i>	Bina, termitin binasını yaptığı aynı malzemeden yapılmıştır; örneğin öncelikli mazleme olarak sindirilmiş ince toprak
	<i>yapı</i>	Bina, termitlerin kendi tepelerini yapacakları sistemle yapılmıştır; örneğin zeminin belirli alanlarda belirli zamanlarda kümelenmesi
	<i>süreç</i>	Bina, termit tepciğinin çalışma şekli ile aynı şekilde çalışır; örneğin dikkatli bir oryantasyon, şekil, malzeme seçimi ve doğal havalandırma, veya termitlerin birlikte nasıl çalıştıkları taklit edilir.
	<i>işlev</i>	Bina, termitler tarafından yapılmış olsaydı termit tepciği ile aynı şekilde çalışmış olurdu; iç mekan hava şartları optimal ve stabil olması için düzenlenir.
Ekosistem Seviyesi (Bir ekosistemin taklit edilmesi)	<i>form</i>	Bina bir ekosisteme benzer (bir termitin içinde yaşayabileceği şekilde oluşmuştur)
	<i>malzeme</i>	Bina, ekosistemin yapıldığı aynı malzemeden yapılmıştır; doğal yollarla oluşan ortak bileşenleri ve temel kimyasal araç olarak da suyu kullanır.
	<i>yapı</i>	Bina, termit ekosistemi ile aynı şekilde toplanmıştır; örneğin ardışıklık ilkeleri ve karışıklı seviyesinin yükseltilmesi kullanılmıştır.
	<i>süreç</i>	Bina, termit ekosistemi ile aynı şekilde çalışır; güneşten enberjiyi yakalayıp dönüştürür ve daha sonrası için de depolar.
	<i>işlev</i>	Bina, termit ekosistemi ile aynı şekilde işlev görür ve süreçler arasındaki bağlantıları faydalı hale getirerek karmaşık bir sistemi oluşturur; bir termit ekosistemi gibi hidrolojik, karbon ve nitrojen döngüsüne katılabilir.

2.1.3. Biyomimikri tasarım spirali

Carl Hastrich, Benyus, Zari, Yeang vb. araştırmacıların biyomimikri alanında ortaya koyduğu kavramlardan yola çıkarak biyomimikriyi anlama ve tasarıma aktarma yöntemlerini daha uygulanabilir hale getirmek için hazırladığı şemadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Biyomimikri tasarım spirali (Biomimicry Institute, 2007)

Carl Hastrich tasarım spirali şöyle açıklamıştır (Biomimicry Institute, 2007):

1. Tanımlama: İnsan gereksinimlerini açıklayan bir tasarım özeti oluşturma:

- Çözülmek istenen problemi ayrıntılı tanımlayan model oluşturma.
- Problemin ana nedenlerini ve tasarım kriterlerini belirlemek için modeli bölümlere ayırma.
- Tasarımla ulaşılmak istenen fonksiyonu tanımlayan tasarımla yapılmak istenen nedir? (Neyin tasarlanmak istendiği değil) sorunun özüne inene kadar neden sorusunu sorma.
- Problemin özelliklerini tanımlama:

Hedef kitle: problemle kim ilgilenecek, çözümle kim ilgilenecek.

Yer: Sorun nerede, çözüm nerede yapılacaktır.

2. Dönüşüm: Sorunu biyolojik açıdan ele alma ve doğa açısından yaklaşma:

- Ana işlevi doğada var olan işlevlere dönüştürme. Doğanın işleve nasıl yaklaşım çözümlendiği veya çözümleyemediği sorularını sorma.
- Farklı anahtar kelimelerle sorularını tekrardan irdeleme.
- Yaşam alanını tanımlama: iklim koşulları, besin koşulları, sosyal koşullar, geçişi değişen koşullar vb.

3. Keşfetme: Benzer sorunları doğada çözümleyen en iyi örnekleri araştırma:

- En etkili doğal çözümleri bulma.
- En iyi çözümlü organizmayı bulmaya yönelik, buna bağlı olarak hayatta kalanlar kimler? Sorusunu irdeleme.
- Organizma çözümlerini detaylandırma.
- Habitatın uç noktalarına bakma.
- Problemle en çok karşılaşmasına rağmen bundan en az etkilenen organizmaları bulma
- Mecaz düşünme.

4. Benzetme: Doğada başarılı olarak gerçekleşen ulaşılmış modeller ve süreçleri bulma:

- Yaşam stratejisi ve sınıflandırması oluşturma.
- Soruna karşı en etkili çözüm stratejisine sahip olan organizmayı belirleme.
- En etkili çözüme sahip organizmalardan birini belirleme ve çalışma prensiplerini soyutlama.
- Doğal modelleri örnek alarak fikirler ve çözümler geliştirmek: formu taklit etme, fonksiyonu taklit etme, ekosistemi taklit etme yöntemleri kullanılır.

5. Değerlendirme: Tasarımın doğanın prensiplerine uygunluğunu karşılaştırma:

- Tasarımı geliştirmek için yeniden sorular sorma, imalat ve yeni ürün eklemleri, malzemeler vb.
- Uygulanan çözüm, yaşam ilkesine göre değerlendirilir.
- Uygun sorularla tasarım ve yaşam ilkeleri karşılaştırılır.

2.2. Biyomimikri ve Tasarım

İnsanoğlu var olduğu günden beri doğa ile ilgilenmiştir. Doğayı inceleyerek doğanın yeteneklerini, stratejilerini keşfederek bunları, mimarlık, mühendislik, tıp, ulaşım, tekstil, iletişim vb alanlardaki tasarımlarına aktarmıştır. Biyomimikri destekli bazı tasarım örnekleri:

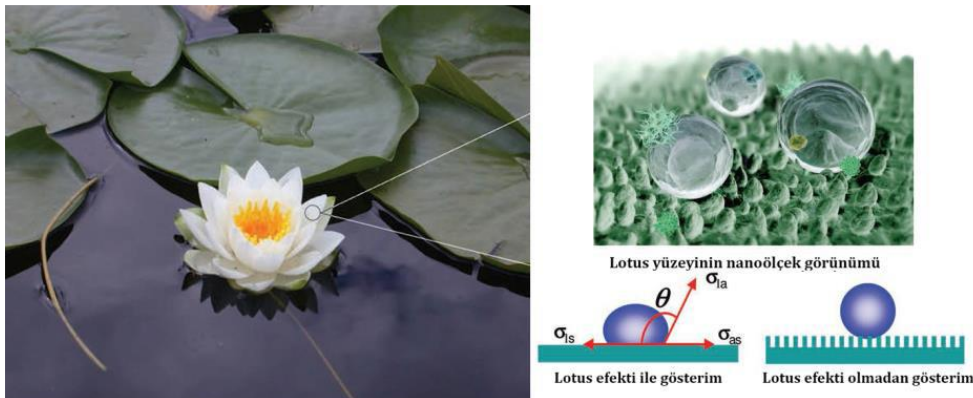
George de Mestral köpeğinin tüylerine yapışan pıtrak otunu (dulavrat otu) fark ederek incelemiştir. Pıtrak otunu mikroskopla inceleyerek yapısındaki kancaların kumaş ve kürklere tutunduğunu fark etmiştir. Uzun süren araştırmalar sonucunda bir tarafında kanca

diğer tarafında küçük ilmekleriyle birbirine kolayca tutunup ayrılabilen cırt cırt olarak bilinen bantlar tasarlanmıştır (Resim 2.2) (Pawlyn, 2016).

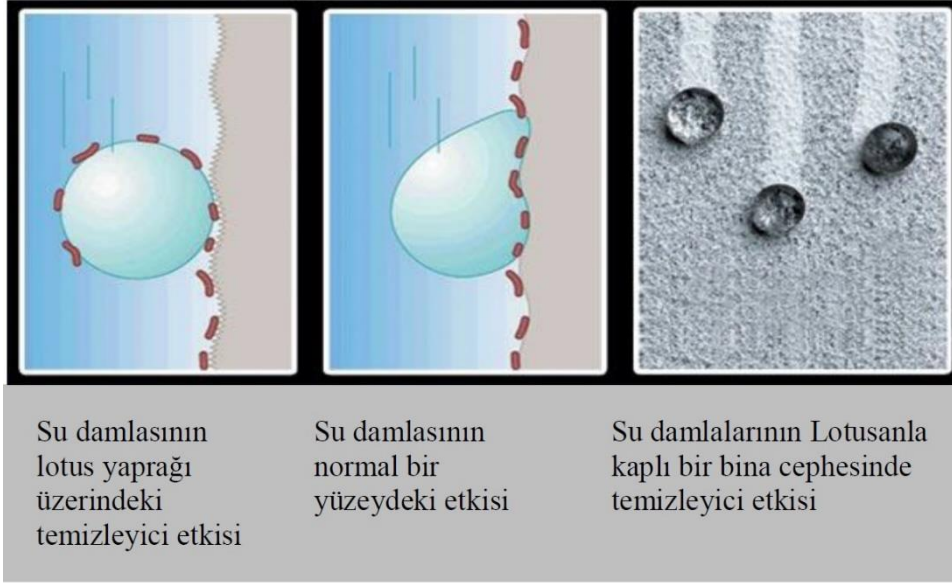


Resim 2.2. Pıtrak otu ve cırt cırt bantı (URL-2, 2019)

Tozlu ve kirli ortamlarda yaşamasına rağmen kimyasal bir işlem gerçekleştirmeden, fizyokimyasal yapısından dolayı sürekli temiz kaldığı fark edilen lotus bitkisi mikroskobik olarak yapılan incelemede yüzeyinde çivi benzeri çıkıntıların olduğu anlaşılmıştır (Resim 2.3). Toz taneciklerini yaprak üzerindeki çıkıntılar ile belirli bir yöne yönlendirmektedir. Su damlacıkları tozlu bölgeye itilerek kendi kendini temizlemektedir. Lotus bitkisinin çalışma prensibinden esinlenerek kendi kendini temizleyen lotusan boyası üretilmiştir (Şekil 2.3) (Vincent, Bogatyreva, Bogatyrev, Bowyer, and Pahl, 2006).

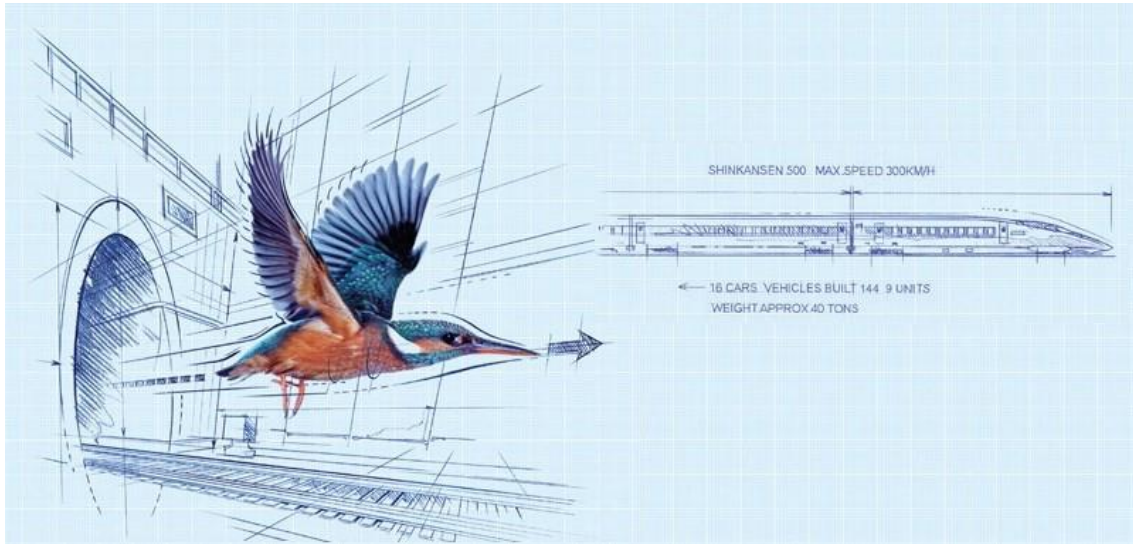


Resim 2.3. Lotus bitkisi (Spaho, 2011)



Şekil 2.3. Lotus Etkisi (Türk, 2018)

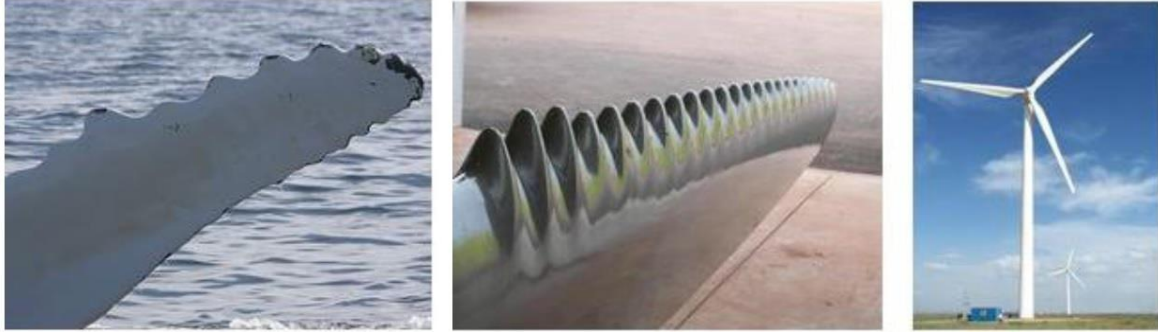
Kuş gözlemcisi olan Mühendis Eiji Nakatsu yalıçapkını kuşunun havada süzülüp suya girerken gagasının üzerinden suyun akarak geçtiğini ve suya çok az sarsıntı ile girdiğini fark etmiştir. Hızlı trenlerdeki aerodinamik kaynaklı gürültü sorunu, yalıçapkını kuşundan esinlenerek trenin ön ve arka kısımlarının tasarımıyla azaltılmıştır (Resim 2.4) (URL-3, 2019).



Resim 2.4. Yalıçapkını ve hızlı tren (URL-4, 2019)

Kambur balinaların yüzgecindeki tümseklerin aerodinamik çalışmalarıyla hızın kesilmesini önlemesinden esinlenen Whale power firması fan ve rüzgâr türbini tasarımı yapmıştır

(Resim 2.5). Bu yöntemle üretilen pervaneler hava çeviriminin fazla olması nedeniyle daha az enerji kullanmaktadır (Zenter, 2018).



Resim 2.5. Balina yüzgeç detayı ve rüzgâr türbini detayı (Zenter, 2018)

Kunduzlar yüzerken ve dalış yaparken vücut sıcaklığını koruyabilmek için kalın bir yağ tabakasına sahiptir. Ayrıca sahip oldukları yoğun kürk tabakasının içerisinde sıcak havayı tutarak su altında gerekli ısıyı sağlamakta ve aynı zaman da kuru bir vücut yüzeyi elde etmektedir (Resim 2.6.a). Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) tarafından benzer çalışma prensibine sahip lastiksi postlar üretilerek tüyler arasında havayı saklayacak sistem geliştirilerek dalgıç kıyafetlerinde kullanılmıştır (Resim 2.6.b). Bu kıyafetle dalgıçlar su yüzeyine çıktığı zaman kıyafet üzerindeki su kısa bir sürede ayrılmakta ve dalış sırasında vücut sıcaklığını koruyabilmektedir (URL-32, 2020).



(a)

(b)

Resim 2.6. (a) Kunduz (URL-33, 2020), (b) Tasarlanan post (URL-32, 2020)

Parmak uçlarından herhangi bir yapışkan sıvı salgılamadan duvarda ve tavanda gezebilme yeteneğine sahip olan geko kertenkelesi Manchester Üniversitesindeki bir grup araştırmacının geko bant tasarımına ilham kaynağı olmuştur (Resim 2.7). Parmak

uçlarındaki çatlaklar içerisindeki binlerce kıl yapısı ve bu kılların ucunda tekrardan bölünmüş halde farklı çaplarda bulunan kılların mikro yapısını taklit edilerek geko bant üretilmiştir (Shimomura, 2010).



Resim 2.7. Geko kertenkelesinin parmak yapısı ve Geko bantlı kumaşlar (URL-34, 2020)

Biyomimikri destekli tasarımlar iki şekilde yapılabilmektedir. Tasarım sürecinde ilk olarak problemin tanımlanarak çözümü için biyolojik ilham kaynağının araştırıldığı biyolojiye bakan tasarım yaklaşımıdır. Biyolojik ilham kaynağına göre keşfedilen verilerin tasarıma aktarıldığı diğer bir yaklaşım ise tasarımı etkileyen biyolojidir.

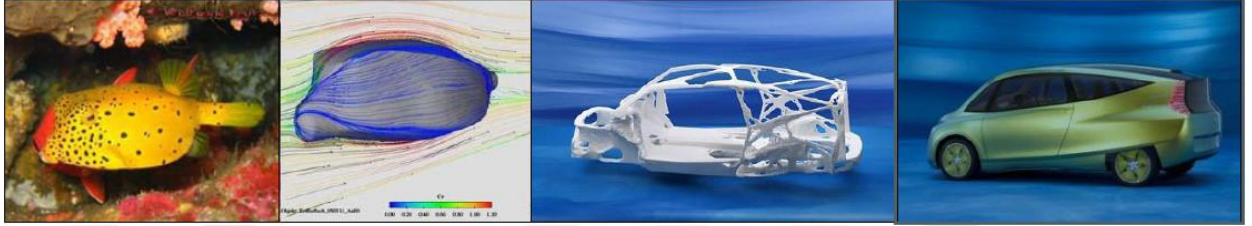
2.2.1. Biyolojiye bakan tasarım (Design looking to biology)

Biyolojiye bakan tasarım, sorun odaklı yaklaşım veya yukarıdan aşağıya yaklaşım olarak adlandırılan bu yaklaşımda; tasarımın problemine yönelik çözümlerin doğadaki canlılar tarafından benzer problemlerin nasıl çözüldüğünün irdelenerek tasarıma aktarılmasıdır.

Tasarımcılar için biyometrik çözümler sadece ekosistem ve organizmaların gözlemlenmesi ve uygun araştırmalarla elde edilerek tasarıma aktarılabilir. Biyolog veya çevre bilimcilerle çalışmadan, çok detaylı bir şekilde bilimsel olarak incelemeye gerek kalmadan biyolojik veriler elde edilebilmektedir. Doğadaki canlıların biçimsel ve davranışsal özelliklerin tasarıma aktarılması bakımından avantaj sağlamaktadır; ancak esin kaynağın incelenmesinde ve kimyasal süreçlerin aktarılmasında disiplinler arası entegre çalışma önem arz etmektedir (Zari, 2007).

Daimler Chrysler tarafından tasarlanan biyonik araç tasarımında sorun odaklı yaklaşım kullanılmıştır. İlk olarak daha az yakıt, daha büyük hacim ve daha hafif strüktür problemleri

belirlenmiştir. Bu problemlerin çözümüne yönelik doğadaki çözümler irdelenmiştir. Sandık balığının şekli referans alınarak yakıt ve hacim problemine yönelik tasarım çözümü getirilmiştir (Resim 2.8). Ağaçların büyüme prensibi aracın strüktürüne esin kaynağı olmuştur. Bu yöntemle gerilimden kaynaklı yoğunlaşmalara maruz kalmadan daha ince ve hafif strüktür elde edilmiştir (Vincent ve diğerleri., 2006).



Resim 2.8. Daimler Chrysler tarafından tasarlanan biyonik araç tasarımı (Zari, 2007)

Georgia Teknoloji Enstitüsü'nden Michael Helms, Swaroop S. Vattam ve Ashok K. Goel Design Intelligence Lab'da biyolojiye bakan tasarım yaklaşımının süreçlerini altı maddede açıklamıştır (Helms, Vattam, and Goel, 2009): problemin tanımı, probleme farklı bir açıdan tekrar bakmak, biyolojik çözüm araştırması, biyolojik çözüm tanımı, kural çıkarımı, kural uygulaması (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. Yukarıdan aşağıya yaklaşım (Top-Down Approach)

2.2.2. Biyolojik ilhamlı tasarım (Biologically inspired design)

Biyoloji ilhamlı tasarım, çözüm odaklı tasarım, tasarımı etkileyen biyoloji veya aşağıdan yukarıya yaklaşım olarak tanımlanan bu yaklaşımda; biyolojik ve ekolojik araştırmalar sonucunda doğadaki biçimsel, davranışsal ve organizma düzeylerindeki özelliklerin tasarıma aktarılmasıdır (Zari, 2007). Belirlenmiş bir probleme yönelik yapılan araştırma

neticesinde ortaya koyulmayan; referans alınan canlının belirlenen özelliklerine göre tasarım problemi belirleyerek tasarıma entegre edilmesine dayanan yaklaşımdır.

Bataklıklar gibi kirli ve tozlu bir ortamda yaşayan lotus bitkisinin sürekli temiz olarak kalınmasın fark edilmesiyle birlikte incelenen ve sonucunda yapısının esin kaynağı olarak kullanılması sonucu kendi kendini temizleyen lotus boyasının üretilmesi biyoloji ilhamlı tasarımın en bilinen örneğidir (Şekil 2.3).

Goel Design Intelligence Lab'da Michael Helms ve arkadaşları bu yaklaşım sürecini yedi maddede açıklamıştır (Helms, ve diğer., 2009): biyolojik çözüm belirlenmesi, biyolojik çözüm tanımı, kural çıkarımı, çözüme farklı bir açıdan bakma, problem araştırması, problem tanımı, kural uygulaması (Şekil 2.5)



Şekil 2.5. Aşağıdan yukarıya yaklaşım (Bottom-Up Approach)

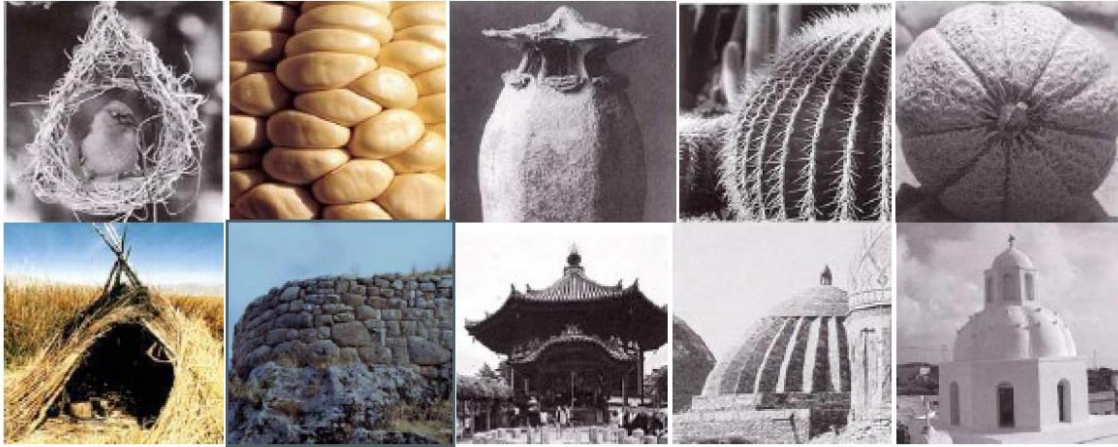
2.3. Biyomimikri ve Mimarlık

Doğanın mimarlık alanında kullanımı insanlık tarihi kadar eskiye dayanmaktadır. İnsanoğlunun var oluşuyla birlikte başlayan dış etkenlerden korunma ve barınma ihtiyacı ilk olarak doğada var olan mağara, kaya sığınağı ve ağaç kavuğu gibi yerlerden karşılanmıştır. Yerleşik hayata geçişle beraber ilk barınakların inşası başlamıştır. Doğayı taklit ederek oluşturdukları barınaklarını, mağara ve ağaç kabuğuna benzer şekilde yuvarlak formdan oluşturmuşlardır. Doğa gözlemleri sonucunda yaprak, dal ve çiçek biçimlerini süsleme motifleri olarak kullanılmıştır. Doğadan esinlenen biçimler sütun başlıklarında da kullanılmıştır (Mutlu, 2007). Mimarlığı doğanın bir taklidi olarak tanımlayan Vitruvius “Mimarlık Üzerine On Kitap” adlı eserinde kırlangıç yuvalarını taklit eden insanoğlunun

ince dallarla birlikte çamurdan sığınaklar yaptığını öğreten ve taklit edilebilen doğadan gün geçtikçe yeni şeyler öğrenerek barınaklarını geliştirdiğini vurgulamıştır (Resim 2.9) (Türk, 2018).

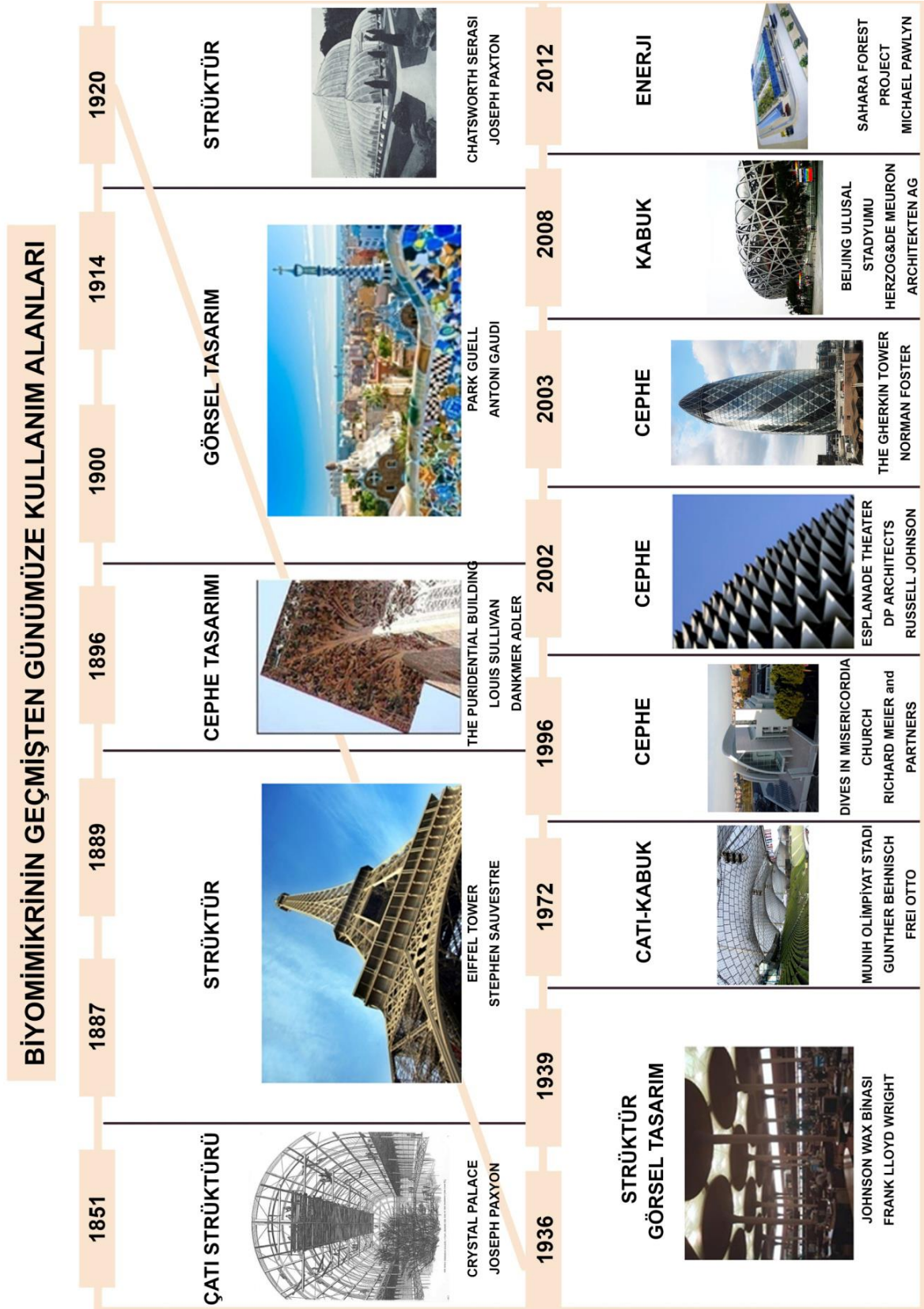
15. yüzyılda Rönesans'ın ilanıyla birlikte doğadan ilham alan mimari akımların ortaya çıkmasıyla doğal formlar daha çok kullanılmaya başlanmıştır. 17. ve 18. Yüzyılda doğada bulunan S ve C kıvrımları, eğri çizgileri, istiridye kabuğu gibi organik formların sıklıkla kullanıldığı Barok ve Rokoko akımlarının biçim dili de doğadan esinlenilerek oluşturulmuştur (Türk, 2018).

19. yüzyıl mimari eserlerinde çoğunlukla doğadan esinlendiğini “*Atölyemin hemen dışındaki ağaç benim akıl hocamdır.*” diyerek açıklayan İspanyol mimar Antoni Gaudi mimarının ilham kaynağının doğa olması gerektiğini de, “*Eğer doğa Tanrı'nın yapıtıysa ve eğer mimari formlar doğadan ilham alıyorsa bu durumda Tanrı'yı onurlandırmanın en güzel yolu onun yapıtlarına benzetmek olacaktır.*” sözüyle açıklamaktadır (İleritürk, 2016).



Resim 2.9. Yapılar ve doğadaki benzerleri (Sorguç ve Selçuk , 2007)

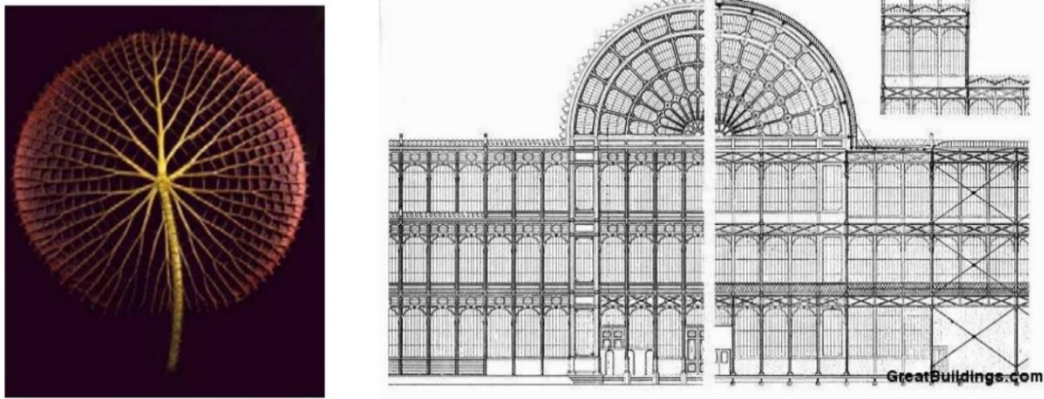
21. yy'da teknolojik gelişmelerin neticesinde doğadaki gözlemlerin farklı boyutlara ulaşması doğanın keşfedilmeyen yönlerinin keşfedilmesini sağlayarak biyomimikrinin mimarlık alanında daha yoğun kullanılmasını sağlamıştır (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Biyomimikrinin tarihsel süreçte mimarlıkta kullanımı (İleritürk, 2016)

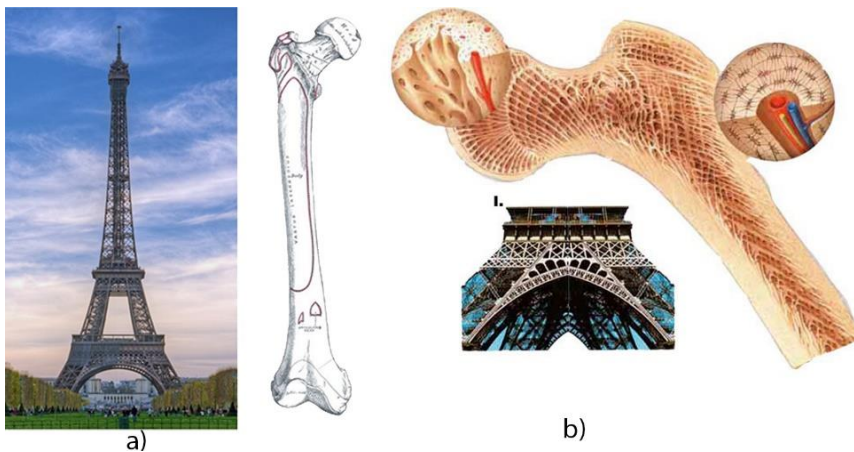
2.3.1.Mimaride biyomimikri uygulamaları

Biyomimikrinin mimarideki ilk örnekleri olan Eyfel kulesi ve Crystal Palace yapıları doğanın taklit edilerek inşa edilmesine dayandırılmaktadır. Botanik uzmanı Joseph Paxton incelediği nilüfer çiçeğinden esinlenerek 1851 yılında Crystal Palace'sı tasarlamıştır (Resim 2.10). Nilüfer çiçeğinin alt yaprağındaki çatallı yapıdan esinlenen yapı çelik kaburga sistemi üzerine camlar yerleştirilerek inşa edilmiştir (Eggermont , 2007).



Resim 2.10. Nilüfer yapısı ve Crystal Palace (Abdou, Abd ELgawad, ve Eldin, 2016)

Gustave Eiffel 1880'lerin sonunda anatomi uzmanı Hermann Von Meyer ve mühendis Karl Cullman'ın vücudun en hafif ve dirençli kemiği olan uyluk kemiği üzerine yapmış oldukları araştırmalardan esinlenerek Eyfel kulesini inşa etmiştir (Resim 2.11). Uyluk kemiğinin yapısı kulenin merkez dışı yükleri desteklemek için ilham kaynağı olmuştur (Eggermont , 2007).



Resim 2.11. (a) Eyfel kulesi (URL-5, 2019) (b) Uyluk kemiği (URL-6, 2019)

Herzog ve De Meuron mimarlık ofisinin Çin’de kuş yuvasından esinlenerek tasarladığı çelik konstrüksiyona sahip Beijing Ulusal Stadyumu (Resim 2.12) çift katmanlı ışık geçiren membran ile kaplıdır. Dekoratif özelliklere sahip, stadyumun içi ile dışı arasında transparan bir geçişi sağlayan membran ses, rüzgâr, yağmur ve güneş geçirmez. Çelik konstrüksiyonun sertliğini yumuşatıp kuş yuvası biçimini belirgin hale getirmeyi amaçlanmıştır (Şekil 2.7). Göz merceği gibi açılıp kapanan bir çatı sistemi eklenmesi planlanmasına rağmen ekonomik zorluklar ve güvenlik gibi nedenlerle gerçekleştirilememiştir (İnan, 2014).

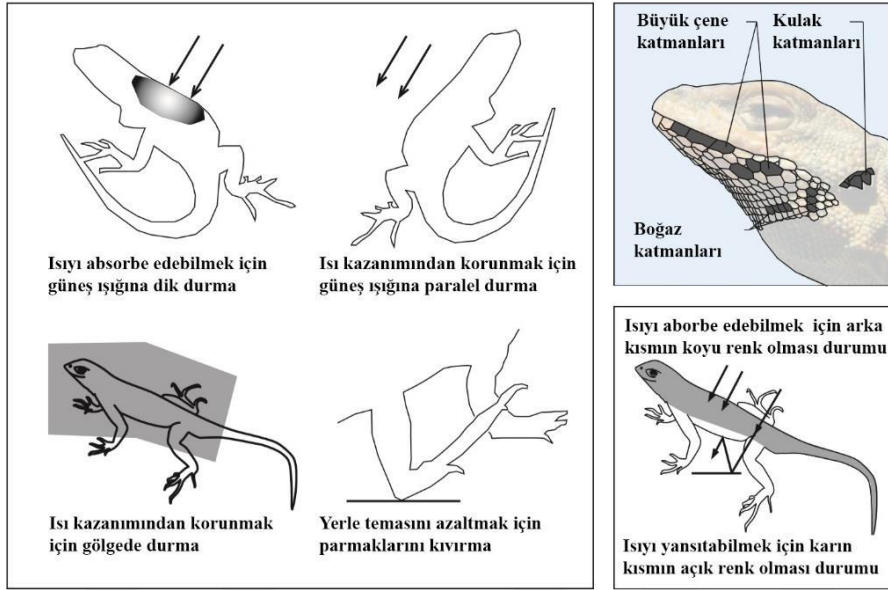


Resim 2.12. Kuş yuvası ve Beijing Ulusal Stadyumu (İnan, 2014)



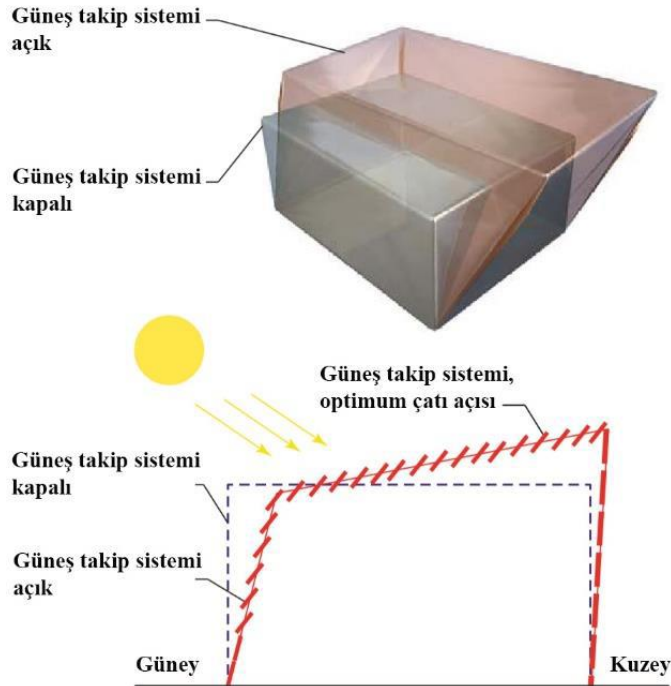
Şekil 2.7. Kuş yuvasına benzeyen Beijing Ulusal Stadyum örüntüsü (Zenter, 2018)

Büyük havza gölünde yer alan konut projesi için yan lekeli kertenkeleden ilham alınmıştır (Şekil 2.8). Vücut ısısını dengeleyebilmek için çevresel verileri kullanan yan lekeli kertenkelelerde deri, gün ışığı Emilimi için arka kısım koyu renkli ve sıcaklığı yerden yansıtabilmek için karın kısmı açık renklidir. Vücut pozisyonu ile güneş ışığına dik şekilde durarak ısı Emilimini ve güneş ışığına paralel şekilde ayaklarını kıvrarak zemine vücudun bir kısmını değiştirerek ise ısı kazanımını önlemektedir (Mazzoleni, 2013).



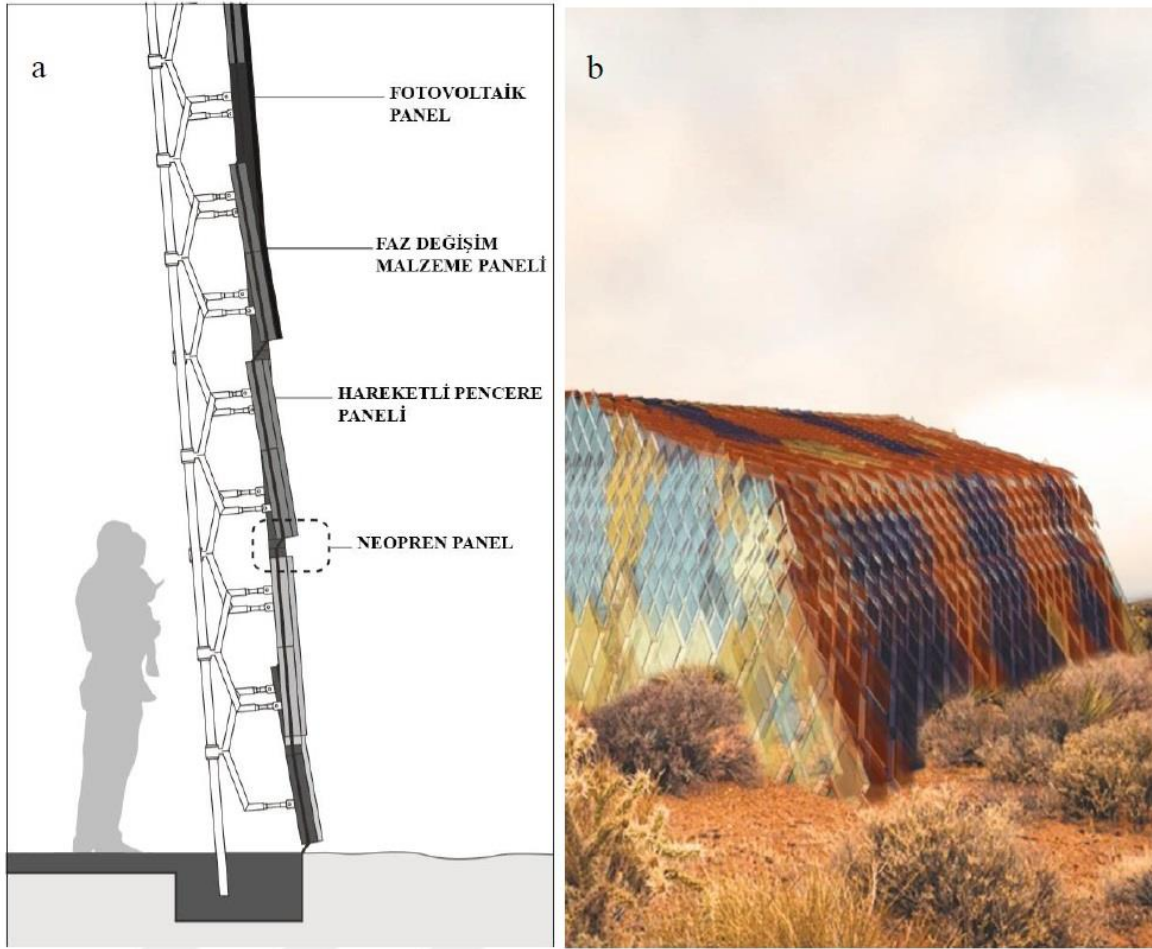
Şekil 2.8. Yan lekeli kertenkelenin güneş ışığına karşı davranışı (Mazzoleni, 2013)

Yapının konumu gereği 24 saat gerekli konfor şartlarını sağlamak amaçlanmıştır. Konutun duvarları için kertenkele derisinin fizyolojik stratejileri ilham verirken, akıllı güneş takip sistemini (Şekil 2.9) oluşturma ve panellerin hidrolik sistemi için davranışsal özellikleri ilham vermiştir (Mazzoleni, 2013).



Şekil 2.9. Çölde karşılaşılan ısı kaynakları (Mazzoleni, 2013)

Konutun güney ve çatı yüzeyi ısı ve ışığı absorbe etmek için koyu renkli fotovoltaik paneller ile oluşurken batı ve doğu kısmı ısı ve ışığı yansıtmak için açık renkli panellerden oluşmaktadır (Şekil 2.10.b). Güneye bakan duvar panelleri yalıtkan faz değişim malzemeli panel, fotovoltaik panel ve açılabilir pencere paneli olmak üzere üç farklı tipte panelden oluşmaktadır (Şekil 2.10.a) (Mazzoleni, 2013).



Şekil 2.10. (a) Cephe panel sistemleri ve (b) proje genel görünüm (Mazzoleni, 2013)

2008 yılında PTW ve ARUP mühendislik şirketlerinin Pekin'de tasarladığı ve Water Cube olarak adlandırdığı ulusal su sporları merkezinin esin kaynağı sabun köpüğüdür (Resim 2.13). Weaire ve Phelan tarafından 1993 yılında yapılan incelemelerle ortaya koyulan sabun köpüğünün yapısı soyutlanarak on dört ve on iki olmak üzere çok yüzlü hücrelerin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuş ve bütün bu sistem ETFE hava yastıklarıyla kaplanmıştır. ETFE ısı yalıtımı sağlaması, rüzgâr yüklerine karşı dayanımı ve doğal ışığı sağlayacak şekilde şeffaf olması nedeniyle kullanılmaktadır. Yapı cephesinde de bulunan pnömatik hava

yastıklar şekil itibariyle de sabun köpüğünün yapı geometrisine benzemektedir (Manlutac, 2016).



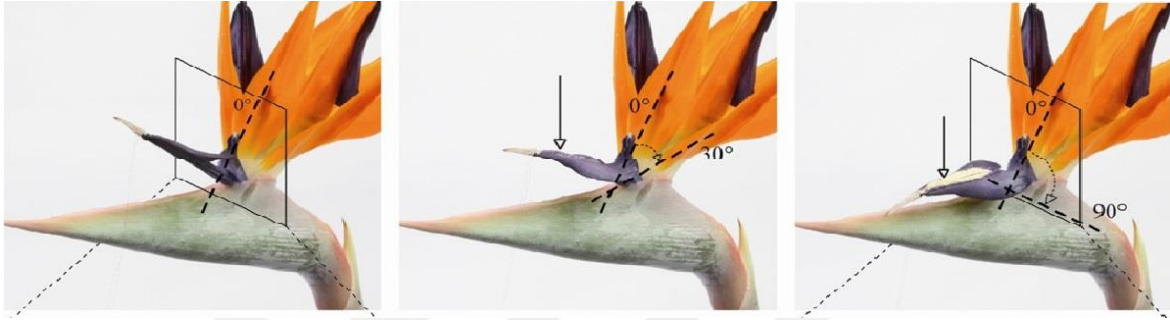
Resim 2.13. Sabun köpüğünün yapısı ve Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi (URL-35, 2020 ve URL-36, 2020)

2012 Güney Kore de Yeosu şehrinde düzenlenecek expo için Avusturyalı şirket Soma mimarlık grubu tarafından tasarlanan ve uluslararası yarışmada birincilik ödülünü kazanan Expo Tematik Pavyon (Resim 2.14) yapısının tasarım konseptini okyanus yalınlığı ve derinliği oluşturmaktadır. (URL-37, 2020). Bu iki kavram bulunduğu doğayla kentsel olarak bütünleşmeyi amaçlamış, yapının mekânsal ve organizasyon işlevini sağlamıştır. Sürekli devam eden yüzeyler dikeyden yataya doğru bükülerek yumuşak yüzeyler oluşturmakta ve farklı mekânları tasvir etmektedir (URL-38, 2020).



Resim 2.14. Expo tematik pavyon (URL-38, 2020)

Kinetik cephenin esin kaynağı cennet kuşu olarak bilinen *Strelitzia Reginae* bitkisidir. Cennet kuşu çiçeği tozlaşmayı sağlamak amacıyla yapraklarını yanal dönme hareketi yaparak açmaktadır (Resim 2.15). Bu yöntemle Flektofin® cephe malzemesi geliştirilmiştir. Flektofin® yapısına cam elyaf eklenerek yüksek mukavemet ve düşük bükülme sertliği sağlamıştır. Bu sayede yapı da kolaylıkla yanal dönme hareketi yapılmaktadır (Knippers and Speck, 2012).



Resim 2.15. Cennet kuşu- *Strelitzia Reginae* (Knippers and Speck, 2012)

Toplam 140 m uzunluğunda, 3 m ile 14 m arasında değişen yükseklikteki yapı cephesinde 9 mm kalınlığında ve 125 cm genişliğinde bulunan 108 adet ayrı ayrı bilgisayar kontrollü lameller (Resim 2.16), altta ve üste bulunan menteşeler yardımıyla gün ışığı ve iklime göre şekillenmektedir (Knippers and Speck, 2012).



Resim 2.16. Expo tematik pavyon binası kinetik cephesi (URL-38, 2020)

Singapur nehri kıyısında bulunan Esplanade tiyatro binasının yapılan ilk tasarımı Singapur tropikal iklimine uygun olmadığı, cephe geneline hâkim olan cam içeriği nedeniyle eleştirilmiştir. Micheal Wilford tarafından biyomimikri yöntemle tekrardan tasarlanan yapıya Güney Asya durian meyvesi esin kaynağı olmuştur (Resim 2.17). Durian meyvesinin piramit şeklindeki katmanlı, sert kabuğu içerdiği meyvesini güneş ışığından ve etkilerinden

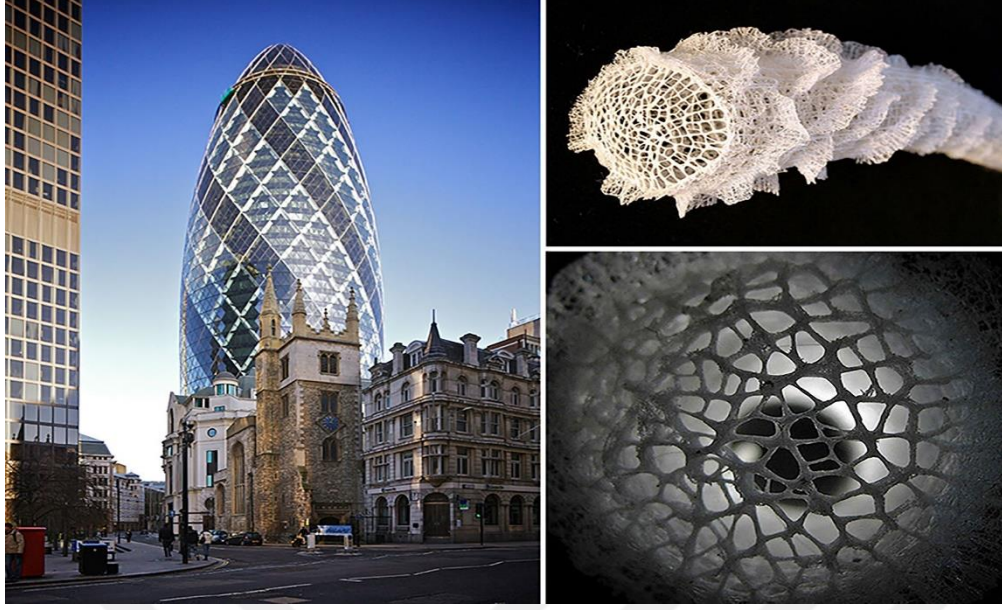
korumaktadır. Yapı cephesine tasarlanan yarım piramit formu sayesinde gün ışığı kontrolü sağlamakta ve gölgeleme görevi görerek mekân içerisindeki konforu sağlamaktadır (Radwan and Osama, 2016).



Resim 2.17. Esplanade tiyatro binası ve durian meyvesi (URL-39, 2020)

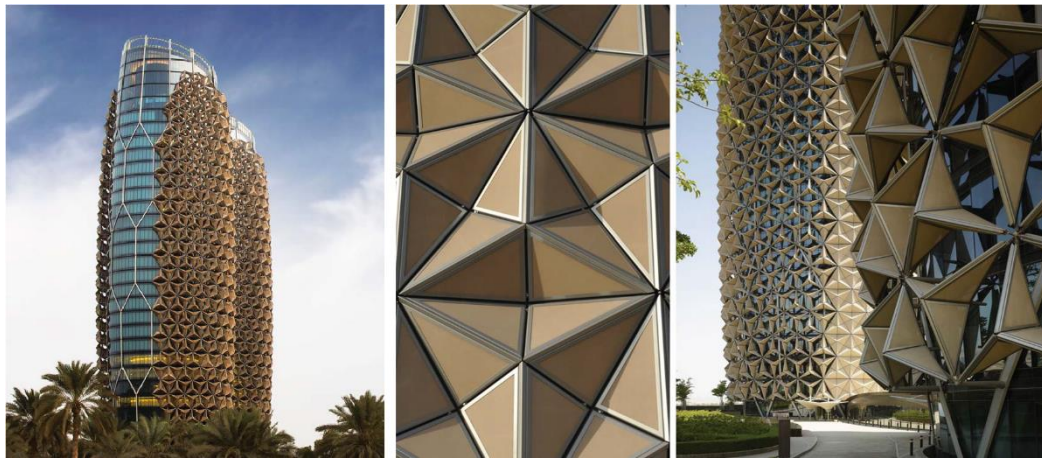
Londra'nın ilk ekolojik gökdeleni olan Gherkin Kulesi 30 m çapında bir çekirdek etrafında aşağıdan yukarıya genişleyen ve tepe kısmında daralan konik bir forma sahip ve yüksekliği 180 metredir. Yüksekliğinden dolayı oluşabilecek rüzgar kaynaklı basınç, çekme ve türbülans etkisini azaltmak amacıyla aerodinamik bir yapıya sahiptir (Karaduman Ercan, 2018).

Gherkin kulesinin esin kaynağı hegzagonal bir kabuğa sahip venüs bitki süngeridir (Resim 2.18.). Organizma düzeyinde benzetilen venüs bitki süngerisi katmanlı dış iskeleti strüktür tasarımında kullanılmıştır (Karaduman Ercan, 2018). Yuvarlak yapısı ve kabuk sayesinde su altında akıntıların oluşturduğu kuvvetleri ve gerilmeleri azaltarak dağıtmaktadır. Venüs bitki süngerinin altıgen kabuğundan esinlenerek yapılan alüminyum kaplı çelik diyagrid sistem yapıyı bir ağ gibi sararak daha kullanışlı daha hafif bir yapı ortaya çıkarmıştır. Döşeme plaklarının dönmesine imkân veren çelik diyagrid sistem, gün ışığının ve doğal havanın yapı içerisine daha kolay alınması sağlayan boşluklar oluşturmuştur. Çift cidarlı cephe kullanılarak havalandırma, pasif soğutma, ısıtma ve aydınlatma daha verimli bir şekilde yapılabilmektedir (Nkandu and Alibaba, 2018).



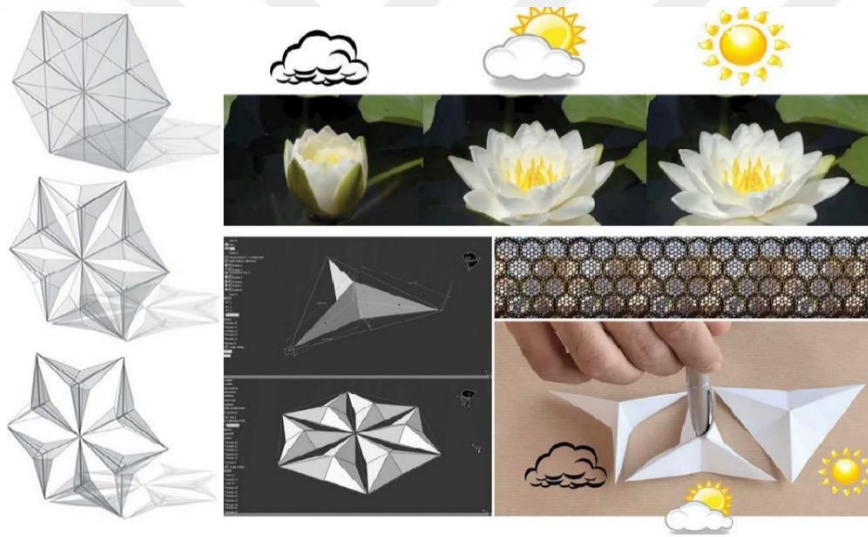
Resim 2.18. Gherkin Kulesinin ve Venüs bitki süngerini (URL-40, 2020)

Aedas mimarlık tarafından tasarlanan ve Birleşik Arap Emirlikleri'nin başkenti olan Abu Dhabi şehrinde inşa edilen 150 m yüksekliğindeki Al Bahar kulelerinde (Resim 2.19) geleneksel unsurlar ile iklimi en iyi şekilde optimize eden, güneş ışığını kontrolünü yaparak, mahremiyeti sağlayan mashrabiya konsepti kullanılmıştır. Mashrabiya konseptinin bio ilham kaynağı güneşe tepki verebilen çiçeklerdir (Resim 2.20). Kesişen üç çemberin teğetleri üzerine yerleştirilmiş üçgen alanlar, akıllı bir sistem tarafından bilgisayar ortamında otomatik olarak kontrol edilmekte ve güneş ışığına göre hareket etmektedir. Mashrabiya konseptinin yanı sıra origami sanatı da tasarım parametresi olarak kullanılmıştır (Fox M.,2016; Karanouh and Kerber, 2015).



Resim 2.19. Al Bahar kulesi ve mashrabiya konseptli gölgeleme elemanı (Karanouh and Kerber, 2015)

Kuzey yönü hariç yapının bütün yüzeyini kaplayan Mashrabiyalardan kule yüzeyine 1049 adet monte edilmiştir. Yapı cephesinden 2 m uzaklıkta bulunan konsol dikmeler üzerine monte edilmiştir. Altı üçgenin bir araya gelerek oluşturduğu her birim ağırlığı yaklaşık 625 kg ve genişliği 4 m ile 6 m arasında değişmektedir. Saat 9:00 - 17:00 arasında çalışan kinetik cephede güneş ışığını gören kısımlar kapanarak gölgeleme sağlamaktadır. Kademeli olarak güneş ışığının döndüğü cephelerde mashrabiya açılmaktadır. Kinetik elemanlar sayesinde ışık dağıtılarak aydınlatma ve soğutma yükleri azaltılmakta genel enerji tüketimi düşürülmektedir. İç mekânda termal ve görsel konfor koşulları sağlanmaktadır. Bina genelinde % 20 oranında enerji tasarrufu ve % 20 oranında karbon emisyonunda azalma elde edilmiştir. Yapı 2012 CTBUH Ödülleri programında, CTBUH Yenilik Ödülü'nü kazanmıştır (Fox M.,2016; Karanouh and Kerber, 2015).



Resim 2.20. Gölgeleme elemanı bio ilham kaynağı ve açılıp kapanma prensibi (Fox M. , 2016)



3.KİNETİK MİMARLIK

Hareket olaylarını inceleyen bilim dalı olan kinetik, hareket sebebiyle oluşan anlamına gelmektedir. Hareket yeteneği kinetik sistemlerin temelini oluşturmaktadır. Hareket kullanıcıların ya da çevrenin yarattığı etkilere karşı verilen tepkidir. Bulunduğu koşullara karşı geliştirilen adaptasyondur (Bozkurt, 2010).

Hayatta kalabilmenin değişen ortam koşullarına uyum sağlama yeteneği olduğu teorisini öne süren Charles Darwin'in bu teorisi mimarlık içinde geçerlidir. Bu yüzden değişen koşulları takip ederek kendini yenileyen bir mimarlık ihtiyacı vardır. Bu ihtiyacı karşılamaya çalışan mimarlığa kinetik mimarlık denir (Korkmaz, 2004). Birçok koşulda var olabilmesini sağlayan hareketlilik yapının tamamında karşımıza çıkabileceği gibi daha küçük birimlerde de uyarılara tepki verecek şekilde karşımıza çıkmaktadır. Yapı kinetik bir sisteme sahip ise değişen koşullar karşısında uyarlanabilmeli ve tepki verebilmelidir (Bozkurt, 2010).

Sean C. Harry Kinetik sistemler üzerine yaptığı çalışmalarında mimaride kinetik sistemler nasıl kullanılmalı, neden kullanılmalı vb. hazırladığı sorulara yönelik 4 seçenekli cevap vermektedir.

- Birinci seçenek mekân tanımlanmasının kinetik mimariyle değişebilmesidir. İnsan hareketlerinin tanımlandığı ve mekân boyutlarında buna bağlı olarak değişim yapmasıdır. Denizanasının kas hareketine benzer şekilde bir toplanma alanına yönlendirilecek insanların koridorun yüzeylerinin daralmasıyla yönlendirilmesi ve toplanma alanının kapasite artırabilmek için genişleme hareketi yapabilir. Örneğin mekân tanımlamasında yeni düşüncelerin üretilebileceğini sorgulatmaktadır.
- İkinci seçenek çevresel etmenlere duyarlı dış yapısı ile kinetik bir mekân tanımlayarak iç ve dış mekân arasındaki gün ışığı rüzgâr gibi koşullardan etkilenmeden değişiklikleri takip etmektir. Örnek olarak gün ışığına göre hareketli sistemler, doğal havalandırmaya izin veren kinetik sistemler etkilenmeden gerekli iç mekân koşullarını sağlamaktır.
- Üçüncü seçenek değişen koşullarla maksimum kaliteli mekânlar elde edebilmek için birinci ve ikinci seçeneğin bir arada bulunduğu yapı biçimidir.
- Dördüncü seçenek tüm seçeneklerin teknolojik gelişmeler ile birlikte kullanılarak gelecekteki gelişmelere adapte olabilecek tasarım sürecinin sürekli gelişmeye devam

ettiği seçenektir. Harry bu seçeneği şöyle açıklamıştır; “*Kinetik sistemlerin kullanımı, yıkım ve yeniden yapım ya da renovasyon ve üzerine eklemelerin gelecek evrelerini oluşturmaktadırlar. Bu sistemler/binalar birer mekanizma, yaşayan organizmalar olarak değerlendirilmelidir. Bu ilerlemeye kayıtsız kalmak yeterli olmayacaktır*” (Harry , 2005-2006).

Ramzy ve Fayed ise, mimarlıkta kinetik sistem 4 farklı amacı kolaylaştırmak için kullanılmaktadır:

- “*Yapının farklı bölgelerde kullanımının sağlanması (karavanlar ve mobil evler gibi)*”
- “*Yapı içerisinde dikey ve yatay sirkülasyonun kolaylaştırılmasının sağlanması (akıllı asansörler gibi)*”
- “*Daha iyi çevre kontrolünün ve yapı ile çevre arasındaki etkileşimin sağlanması (döner yapılar ya da duyarlı çatılar gibi)*”
- “*İç mekânlarda daha esnek ve daha kaliteli performans sağlamak (hareketli bölücü duvarlar ve çok amaçlı gömme mobilyalar gibi)*” (Ramzy ve Fayed, 2011).

Kinetik sistemlerin mimaride hangi amaca yönelik kullanılması gerektiğini açıklayan bu çalışmalar doğrultusunda genel olarak beş başlık altına gruplandırılabilir: Fiziksel çevre denetimi sağlama, farklı işlevsel kullanımlara olanak sağlama (esneklik), yüksek performans elde etme, kapasite değişimine olanak sağlama, yer değiştirme olanağı sağlama (mobilité) (Başar, 2014).



Şekil 3.1. Kinetik sistemlerin amaçları (Başar, 2014)

Yapıdaki kinetik sistemler estetik ve bilgilendirme-etkileşim amacına yönelikte kullanılmaktadır. Mimari yapıda kullanılan her öğenin zihinde oluşturduğu bir anlam bulunmaktadır. Yapıda meydana gelen hareketler kullanıcılarda aynı anda farklı duyguların oluşmasına neden olmaktadır. Bu yüzden kinetik sistemler estetik amacına yönelikte

kullanılmaktadır. Mimaride kullanılan elemanların sınırlama/çevreleme, ayırma/birleştirme gibi sağladığı fiziksel işlevlerin dışında iletişim nesnesi olma, bilgi aktarımı sağlama gibi özellikleri de bulunmaktadır. Günümüzde gelişen teknolojiyle beraber etkileşimli tepki verebilen yüzeylerin oluşması, ışık ses hareket yeteneğine sahip dinamik elemanların tasarlanması ve akıllı mekânların oluşturulması gibi yeni kinetik yaklaşımlar bilgilendirme-etkileşim amacına yönelik hizmet vermektedir (İnan, 2014).

Günümüzde sosyal, ekonomik, teknolojik vb. alanlardaki gelişmelerle birlikte nüfus artışı, yapılaşma faktörleri, insan gereksinimlerinin değişmesi yapılarda yeni konfor ölçütlerinin zorunluluğunu getirmiştir. Belli bir işlev doğrultusunda tasarlanmış yapılar bu gelişmeler sonrasında fonksiyonel değişebilirlik ve esneklik ihtiyacına cevap vermeyerek istenilen performansları karşılayamamaktadır. Henüz kullanım ömrü tamamlanmamış ancak ihtiyaçları karşılayamayan yapılar ve mekânlar kinetik mimariyle birlikte görsel, işitsel, sağlık, güvenlik, iklimsel konfor gereksinimlerini karşılayarak fonksiyonel değişebilme ve esneklikle birlikte sürekli aktif ve performansı yüksek tutulmaktadır.

Mimari tasarımlar fiziksel çevreden bağımsız düşünülmemektedir. Tasarımda çevre verilerinden faydalanabileceği gibi istenmeyen olumsuz koşullar kontrol edilerek etkisi azaltılabilmekte veya tamamen ortadan kaldırabilmektedir. Kullanıcılar fiziksel çevreye göre görsel, estetik ve mahremiyet gereksinimlerini karşılamak için mekânların gerektiğinde kapalı bir mekâna dönüşebilmesine, gerektiğinde de açık veya yarı açık mekânlara dönüşebilmesine ihtiyaç duymaktadır. Kinetik mimari ile dönebilen yapılar, hareketli çatı, duvar gibi elemanlarla bu amaca yönelik çözümler getirilebilmektedir.

İklim, güneş, rüzgâr ve su gibi çevre verilerini tasarımda etkin kullanmak, zamanla değişen bu verileri yapı-mekân-kullanıcı bağlantısında etkilerini en aza indirmek veya maksimum yararlanmak için hareketli elemanlar kullanılmaktadır. Mevsimsel güneş ışığını yapıya almak ve almamak üzere yapının sensörler tarafından hareketinin sağlandığı sistemler geliştirilmiştir.

Yerel ve küresel ölçekte sorun haline gelen enerji sorunu, kaynakların yetersizliği, enerji maliyetlerinin artması mimarlıkta yeni anlayışların gelişmesini sağlamıştır. Enerjiyi etkin şekilde kullanan, ısıtma-soğutma, havalandırma, aydınlatma, ulaşım, sulama, depolama,

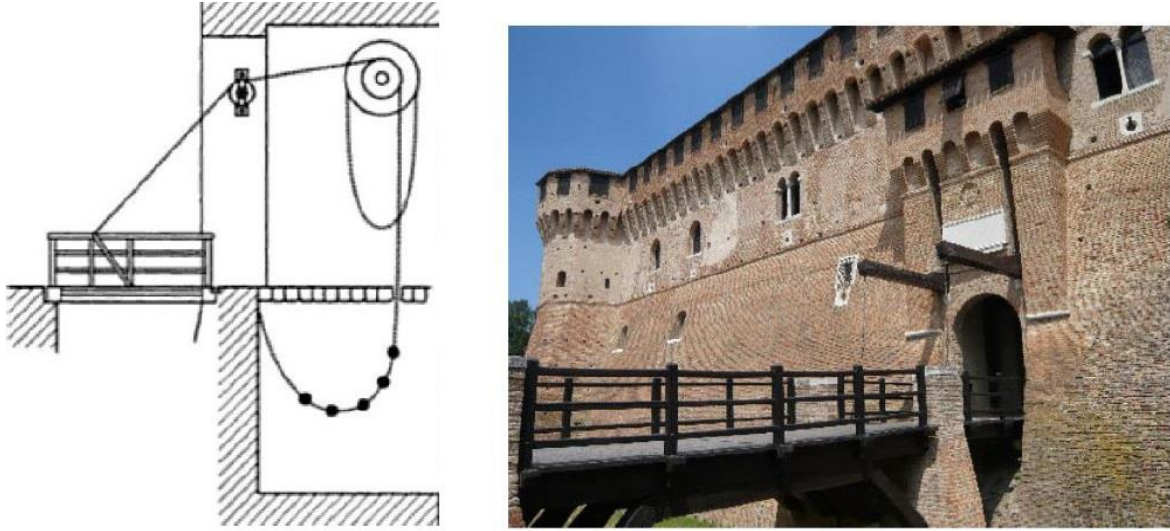
arıtma ve güvenlik sorunlarına daha az enerjiyle verimli çözümler getiren sürdürülebilir, yeşil/çevreci/ekolojik/doğayla uyumlu ve enerji etkin tasarımlar önem kazanmıştır. Teknolojik gelişmelerin entegre edilmesiyle birlikte daha gelişmiş akıllı bina kavramı ortaya çıkmıştır (Dikmen ve Gültekin, 2009).

Akıllı bina sistemleriyle enerji korunumu sağlanarak en az enerjiyle maksimum verim ve konfor elde edilmektedir. Değişen çevresel koşullara tepki vererek maliyetleri azaltıp, enerji denetimi yapılmaktadır. Yapıdaki kinetik sistemler algılayıcılar, aktüatörler ve bilgisayar programlarıyla birlikte değişikliklere kendi hareket yeteneğiyle veya insan kontrolünde gerçekleşen hareketle cevap verebilmektedir. Kinetik mimarlık dinamik yapısı sürekli kendini geliştiren ve çözüm odaklı çalışarak tepki veren bir disiplin olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.1. Kinetik Mimarlığın Tarihçesi

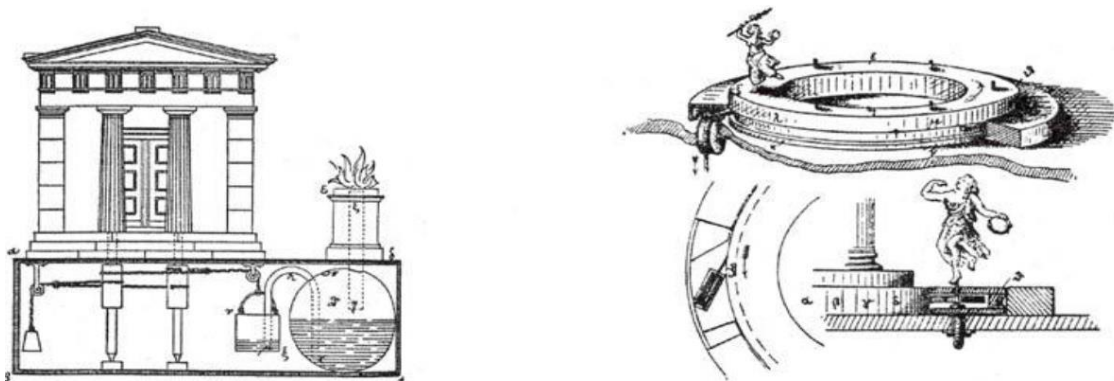
Kinetik mimarlığın temelini oluşturan hareket kavramı Türk Dil Kurumu'nun sözlüğünde; *“Bir cismin durumunun ve yerinin değişmesi, devinim, aksiyon”* olarak açıklanmaktadır (URL-8, 2020). Hareket kavramının mimarlıktaki karşılığı ise yapının tamamının, bir kısmının veya yapı elemanlarının kullanıcı, çevresel faktörler ile durumunun ve yerinin değişmesidir. Mimarlığa yabancı olmayan hareket kavramı ilkel göçebe yaşamından beri karşımıza çıkmasına karşı günümüzde kinetik mimarlık kavramı daha sık duyulmaya başlanmıştır.

İlkel göçebe çadırlarında bile mevcut olan kinetik sistemler, mağara yaşantısında mağara girişinde kullanılan açılıp kapanabilen taşlarda, korunma amaçlı inşa edilmiş yeraltı şehirlerinde mekânları sınırlayan sürgülü taş kapılarda, orta çağda kalelerin kapanıp açılan köprülerinde (Resim 3.1), kapı ve pencere kepenklerinde en basit ve yaygın şekilde uygulanmıştır.



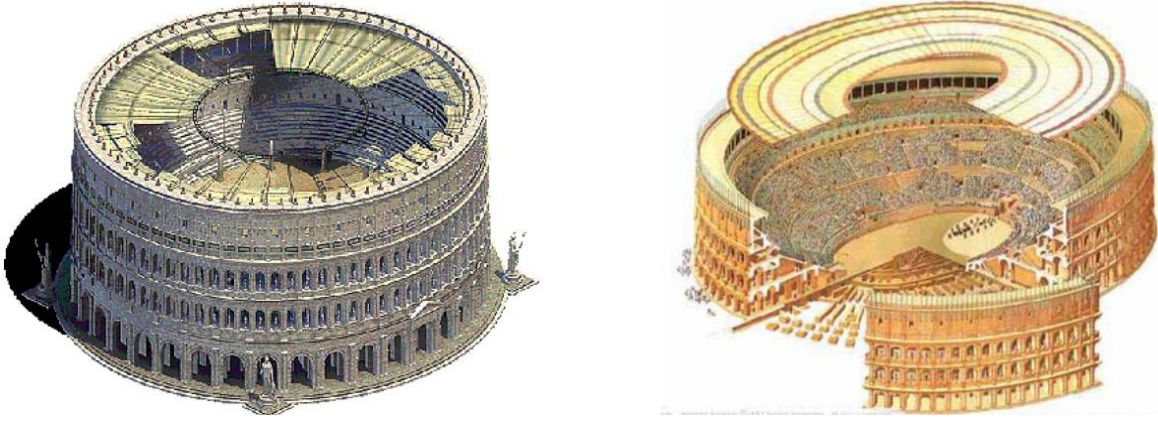
Resim 3.1. Orta Çağ dönemindeki asma köprülerin nasıl çalıştığını gösteren bir çizim ve İtalya'daki Gradara Kalesi'ndeki asma köprünün görünüşü (Fouad, 2012).

Mimaride ilk olarak asıl örneğinin Helenistik dönemde görüldüğünü öne süren Tzonis; İskenderiye'deki toprak altında bulunan sistemde suyun depolar arasındaki pnömatik hareketi ile tapınak kapılarının açılıp-kapanabildiği ve tiyatro yapılarında ise sahne ve kukla aktör hareketinin mekanik bir sistemle yapıldığını söylemiştir (Resim3.2) (Tzonis and Lefaivre, 1995).



Resim 3.2. İskenderiye'deki hareketli tapınak kapısı detayı ve hareketli tiyatro (Tzonis and Lefaivre, 1995).

Kinetik mimarlığın ilk örneklerinden olduğu söylenen diğer bir yapı ise M.Ö. 70-76 yıllarında inşa edilen Colosseum Amfitiyatro yapısıdır. Seyircileri güneşten korumak amacıyla yapının üzerindeki kanvas örtünün açılıp kapandığı düşünülmektedir (Resim 3.3). Colosseum'un üst örtüsüne destek olan direk kalıntılarının günümüze ulaşması bu savı kuvvetlendirmiştir (İnan, 2014).



Resim 3.3. Roma Colosseum Amfiteyatrosu çatı detayı (İnan, 2014).

17. yy. sonlarında Fransa Versay Sarayının salonunda kinetik bir sistemin kullanıldığını “Kinetik Mimarlık” adlı kitabında bahseden William Zuk, çalışanların servis işlemini daha kolay ve sorunsuz bir şekilde yapabilmesi için zemin kot seviyesinin değişebildiğini söylemiştir (Zuk and Clark, 1970).



Resim 3.4. Versay Sarayı salonu (Zuk ve Clark, 1970).

Endüstri devriminde makineleşme buharlı ve elektrikli motorların öncülüğünde yaşanan gelişmeler mimarlık alanındaki kinetik sistemleri geliştirmiştir. Endüstri devriminde ilk olarak dönemin mimarlık anlayışına karşı fütürizm ve Konstrüktivizm akımları ortaya çıkmıştır. Uygulama alanları bulamamalarına rağmen bu akımlar yeni ve farklı olan anlayışlarıyla mimaride hareket kavramının önemini vurgulamışlardır.

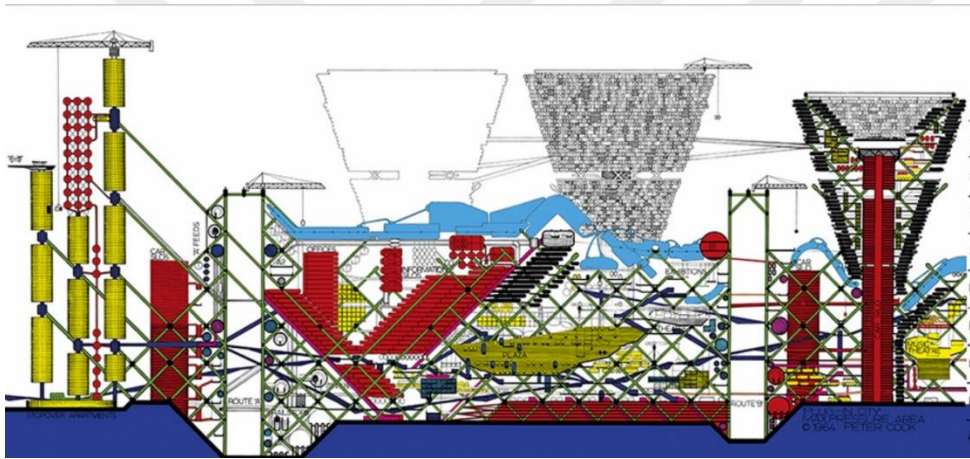
Fütürizm akımının öncülerinden olan Marinetti ve A.Sant'Elia modern kent ve mimarisinin nasıl olması gerektiğini yayınladıkları bildiride şöyle ifade etmişlerdir: *“Fütürist Kent, her parçası dinamik olan, uçsuz bucaksız, kargaşalı, canlı ve soylu bir şantiye gibi olmalıdır. Fütürist konut ise kocaman bir makineye benzemelidir. Asansörler, yalnızlık çeken solucanlar gibi merdiven kovalarına saklanmamalı, artık kullanılmayan merdivenler ortadan kalkmalı ve asansörler demir ve camdan yapılmış yılanlar gibi bina yüzlerine tırmanmalıdır. Beton, cam ve demirden yapılmış, boyanmamış ve heykelsiz ev, yalnızca kendi çizgilerinin ve girinti-çıkıntılarının güzelliği ile zenginleşmeli, mekanik yalınlığı ile son derece çirkin olmalıdır... Sokak ise artık kapıcı daireleri ile aynı seviyede bir paspas gibi uzanıp gitmek yerine birkaç farklı seviyede yeryüzüne doğru inecek, metropol trafiğini yüklenerek metal yaya yolları ve hızlı yürüyen merdivenlerle birbirine bağlanacaktır.”* (Conrads, 1991). Rusya’da ortaya çıkan Konstrüktivizm akımı ikonik sadeliği sağlayarak mimari yapı süslemeye karşı çıkmıştır (Şekil 3.2). İşleve göre şekillenen yapı strüktürlerinde geometrik şekiller, hareket teması, sürat hissi, cam ve çelik kullanımı görülmektedir (Conrads, 1991).



Şekil 3.2. Konstrüktivizm akımı ile tasarlanan fabrika (URL-9, 2020).

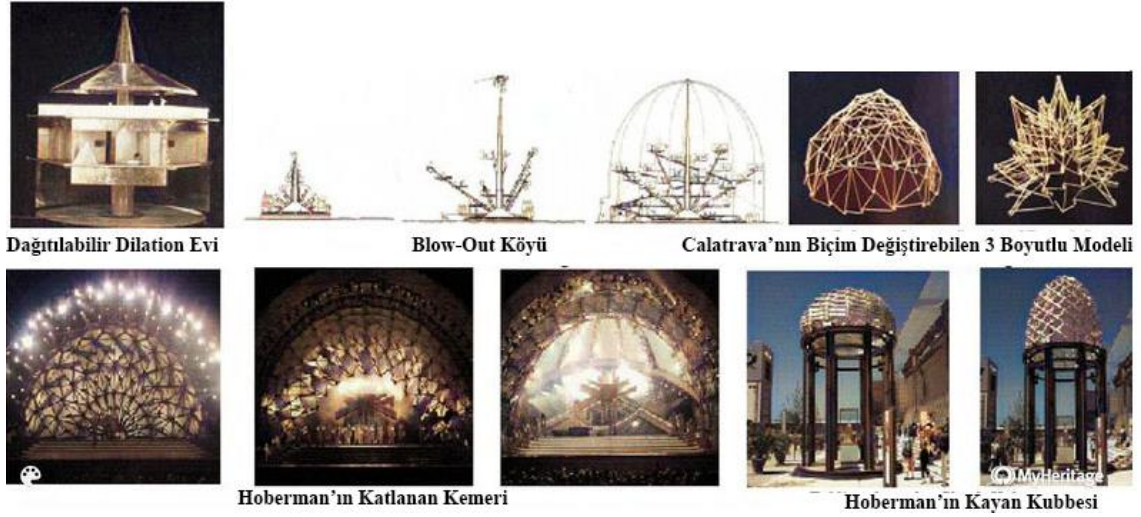
20. yüzyılın ortalarında yaşanan savaşlar kentlerin yeniden şekillenmesine neden olmuştur. Şehirleri tekrardan düzenleyen teknolojiyi etkin kılmak isteyen ütopyaer üretilmiştir. Ütopyaer, durağan ve düzenli olarak birbirini tekrar eden anlayışın yerine esnek hareketli, hız ve çeşitlilik anlayışını hedeflemiştir. Ütopyaer sadece tasarım aşamasında kalarak uygulanamamıştır.

1960 yılında İngiltere’de kurulan çoğu genç mimar ve mimarlık öğrencilerinden oluşan Archigram adında bir ütöist grup dünyanın zamanla daha karmaşık bir düzene döneceğini, günlük yaşantının ise daha hızlı ve karmaşık geçeceğini öngörmüştür. Bu ütöist grup mimarlığın değışime gitmesi gerektiğini söyleyerek mimari anlayışının temeline hareket kavramını oturtmuştur. Tak-çıkâr tekniğıyle bireylerin gittikleri yerlere götürebileceğı yapıların olduğı Plug-in City projesinde bulunan her yapının her yapı elemanın ve her malzemenin bir ömrü bulunmaktadır (Şekil 3.3). Kullanım amacı biten birimler daha sonra kullanılmak üzere sökülerek başka yere taşınabilmektedir. Plug-in City projelerisin ötesine giderek Instant City ve Walking City projelerinde şehirlerin hareketleri hedeflenmiştir (Gürel S. , 1968, Kronenburg, 2002).



Şekil 3.3. Plug-in City (URL-10, 2020).

20. yy ortalarından sonra ivme kazanan teknolojik gelişmeler kinetik mimarlığın gelişmesine de ivme kazandırmıştır. Metabolism and Arshigram Schools'un mimarları tarafından dikkate değer çalışmalar sunulmuştur. Geleneksel ve klasik anlayışın tersine yapıların, değişen ve gelişen ihtiyaçlara verecek şekilde değişmesi gerektiği, değişikliklere imkân verecek şekilde yenilenebilir olması, gerektiğinde birimlerin büyütülebilir ve küçültülebilir strüktürlere sahip olması gerekliliği öne sürülmüştür (Ramzy and Fayed, 2011). Frei Otto, Santiago Calatrava, Chuck Hoberman ve Richard Buckminster Fuller bu alandaki önemli isimlerdir. Richard Buckminster Fuller, hafif taşınabilir strüktürel sistemlerle Dilation House Deployable evi tasarımını, Frei Otto ise asma-germe hafif sistemleri geliştirerek katlanır çatı sistemlerini kinetik mimarlığa kazandırmıştır. Santiago Calatrava zaman ve hareket ilişkisi kurgulayan, doğa esinli ve şekil değiştirebilen tasarımlarıyla bu alanda örnekler vermiştir (Şekil 3.4).



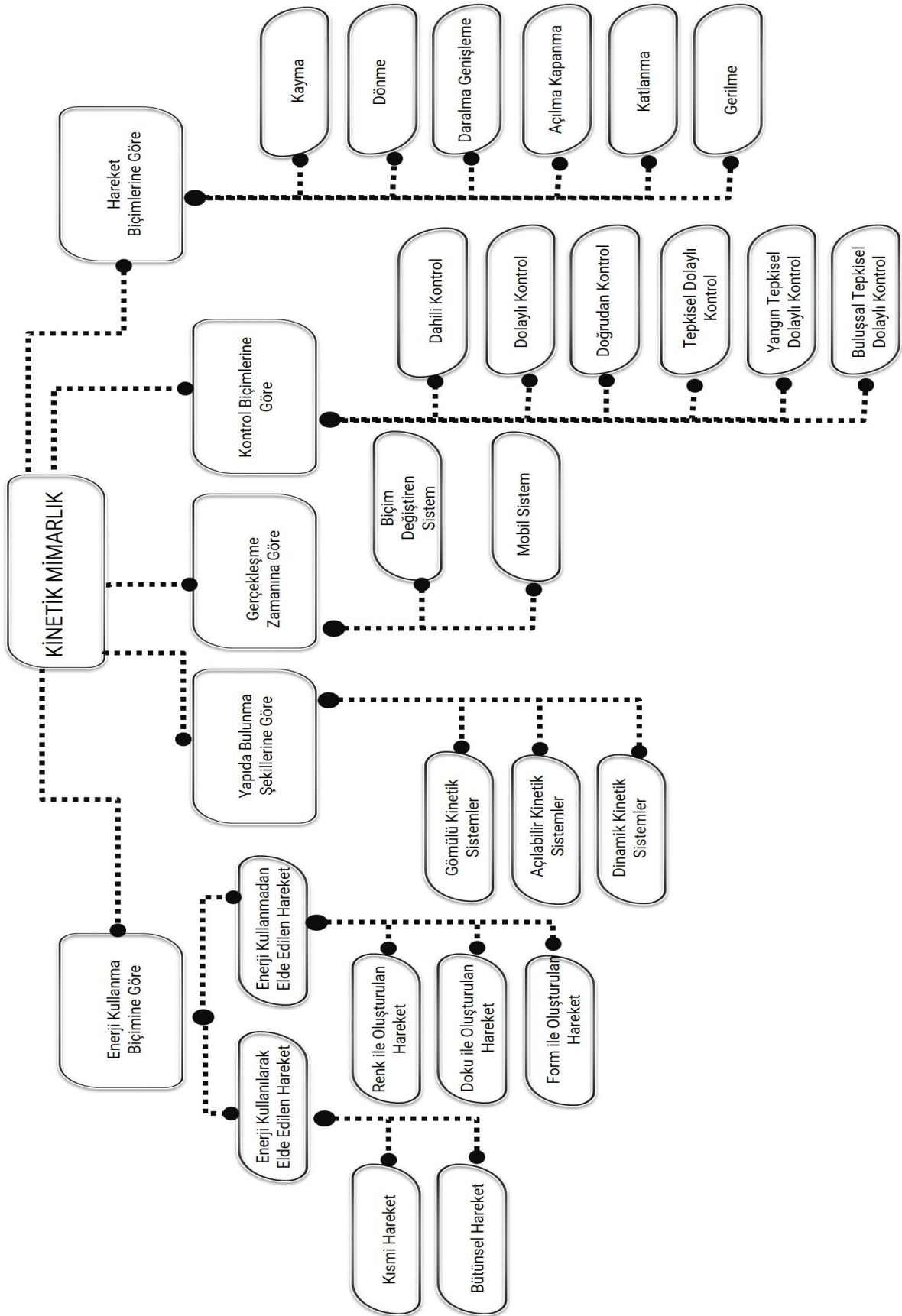
Şekil 3.4. Kinetik sistem örnekleri (Ramzy and Fayed, 2011).

Yapay zekâ dönemi olarak adlandıran günümüzde otonom araçların, sanal asistanların, güvenlik sistemlerin ve uzaktan kontrol sistemlerinin gelişerek mimarlığa entegre olması sonucunda yapının bütününde, cephesinde veya bileşenlerinde akıllı bina teknolojileri ve biyomekanik kinetik sistemler daha sık görünmeye başlanmıştır.

3.2. Kinetik Mimarlığın Sınıflandırılması

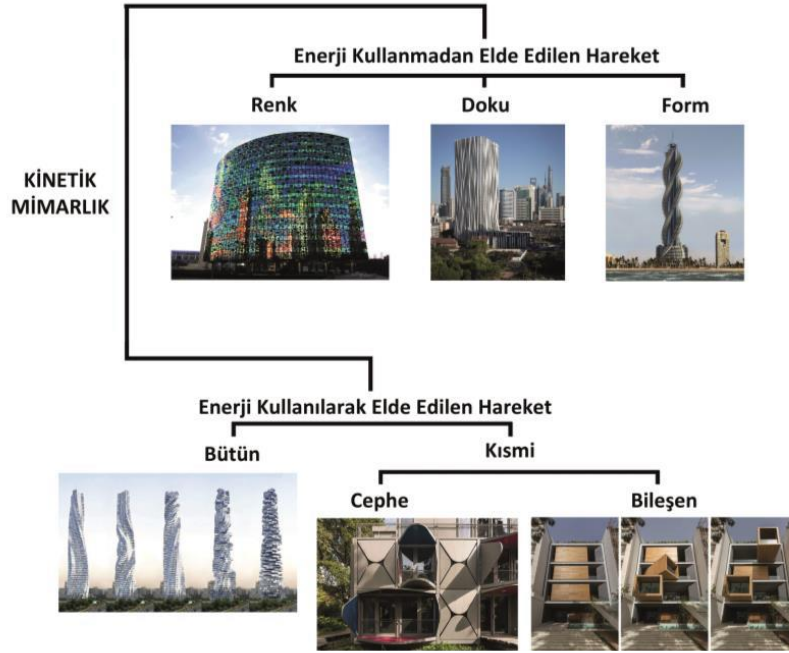
Kinetik mimarlık alanındaki sınıflandırmalara bakıldığında farklı sınıflandırmaların olduğu gözükmemektedir. 1970 yılında William Zuk ve Roger H. Clark dört başlıkta sınıflandırdıktan sonra bu çalışmasını temel alan sekiz başlıklı bir sınıflandırma yapmıştır. Michael A. Fox ve Bryant Yeh ise 1999 yılında üç ana başlıkta sınıflandırmıştır. Daha sonra birçok sınıflandırma yapılmıştır. Bu çalışmalar doğrultusunda aşağıda en sade ve basit şekliyle bir sınıflandırma oluşturulmuştur (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Kinetik sistemlerin sınıflandırılması



3.2.1. Enerjiyi kullanma biçimine göre sınıflandırma

Yapıda bulunan hareketin enerji kullanma biçimine göre sınıflandırılmasıdır. Enerji kullanılarak elde edilen hareket ve enerji kullanmadan elde edilen hareket olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Enerjiyi kullanma biçimine göre sınıflandırma (Duran, 2019)

Enerji kullanmadan elde edilen hareket

Renk, doku ve form farklılıklarıyla görsel algıyı etkileyerek yapılarda hareket enerji kullanılmadan elde edilebilir. Diğer bir ifadeyle görsel verilerle algı şaşırtma olayıdır.

Renk ile oluşturulan hareket: “Cisimler tarafından yansılan ışığın gözde oluşturduğu duyum” olarak tanımlanan renk mimaride doğru seçim ve kullanımla güçlü bir etki yapabilmektedir. Işığın rengi, miktarı ve niteliği kullanıcıların fiziksel - zihinsel algılarını yöneterek yapılar ve mekânlarda hareket etkisi daha etkili oluşturulabilmektedir.

Yapı için kullanılacak yapı malzemelerin seçiminde ürünün yapısal değerleri önemlidir. Yapı malzemeleri doğal renkleriyle kullanılsa da çoğu zaman istenilen ifadeyi

vermemektedir. Bu yüzden renkler yapı malzemesinin yüzeyine eklenmektedir. Işığın yansıtan renkler kullanıcıya doğru hareket ediyormuş algısı oluşturmakta, ışığı emen renkler ise tam tersi yönde hareket ediyormuş algısı oluşturmaktadır (Duran, 2019). Resim 3.5'te renkler ve yansımalar, hareketli bir mekân elde edilmesini sağlamıştır.



Resim 3.5. Liz West'in renkli yansımalarımız adlı çalışması (URL-11, 2020)

Doku ile oluşturulan hareket: Mimaride algı ve görsel değerlerde etkili olan doku ışığı yansıtma veya yutma şekline bağlı olarak farklı etkiler yaratmaktadır. Yapıyı oluşturan bütün bileşenler ve malzemeler bir dokuya sahiptir. Doğal haliyle kullanıldığı gibi verilmek istenilen etkiye uygun şekilde de üretilebilmektedir.

Yapılardaki yüzeylerin dokuları, mekânları ifade eden görsel ve nesnel öğelerdir. Mekân - yüzey-malzeme ilişkisini karakterize ederek başta görme duyusu olmak üzere duyuusal hareketleri başlatan en önemli öğelerden birisidir (Gezer, 2007). Yüzeydeki dokunun ışığı kullanma biçimi, yapısı, tekrarlanma sıklığı ve doku değerleri sayesinde kullanıcılarda uzaklık-yakınlık gibi farklı etkilerle cephelerin veya mekânların farklı algılanması sağlanmaktadır (Resim3.6) (Aytem, 2005).



Resim 3.6. Ulusal Katar Müzesi (URL-12, 2020)

Form ile oluşturulan hareket: Form bir objenin genel hatlarını sınırlayarak oluşturduğu biçimsel düzendir. Mimarlıkta ise yapılarda, mekânlarda hatta yapı elemanlarındaki parçaların bütünsel genel düzenidir. En önemli temel unsurları; karakterize eden ilke ve tutumlar, parçanın bir bütün oluşturacak şekilde bir araya getiriliş biçimleri, boyutları, büyüklükleri, oranları, konumları, yönelimleri ve hareketleridir (Aytem, 2005). Temel unsurları bir araya belirli bir yöntem ile getirilmesiyle kullanıcılar üzerinde algısal hareket olgusu oluşturulabilmektedir (Resim 3.7).

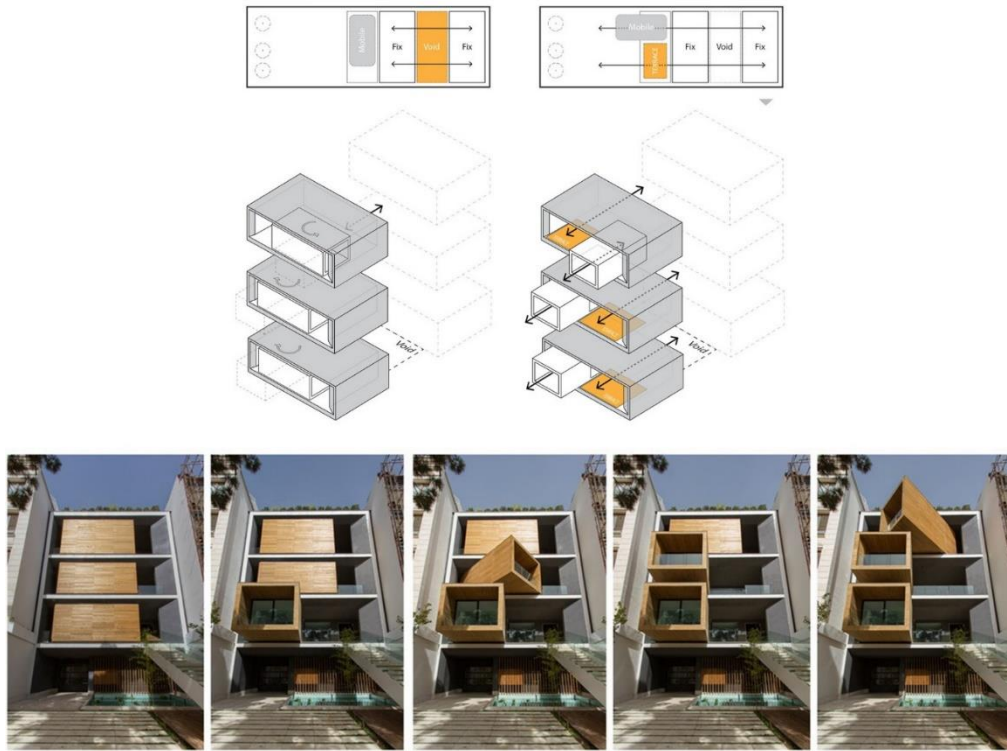


Resim 3.7. Frank Gehry Lou Ruvo Beyin Sağlığı Merkezi (URL-13, 2020)

Enerji kullanılarak elde edilen hareket

Fonksiyonel değişebilirlik, esneklik ihtiyacını karşılamak, fiziksel çevre denetimi yapmak gibi kullanım amaçlarına yönelik değişen koşullara tepkisini aktif hareketle veren sistemdir. Bütünsel hareket ve kısmi hareket olmak üzere ikiye ayrılmıştır.

Kısmi hareket: Yapının belli kısımlarında ve yapı bütününden bağımsız gerçekleşen harekettir. Yapı cephesinde veya bileşeninde gerçekleşmektedir. Dar bir parsel bulunan Sharifi-ha evinin konseptinde belirsizlik ve esneklik vardır. Üç katlı Sharifi-ha evinde ayrı mekânlara bağlı ahşap birimler hareket ederek açılıp kapanabilmektedir (Şekil 3.6). Geleneksel İran evlerini referans alan yapı tasarımı, mevsimlik (yazlık-kışlık) gün ışığını etkin kullanmak amaçlanmıştır (URL-14, 2020).



Şekil 3.6. Sharifi-Ha evi kısmi hareket diyagramı (URL-14, 2020)

Bütünsel hareket: Yapı bütünü yata y eksen veya dikey eksen de hareket ettiğ i sistemlerdir. Genelde düşey sirkülasyon elemanların etrafına yerleştirilen, hareket yeteneğ i olan birimlerden oluşmaktadır. Birimler birlikte veya bağımsız hareket edebilmektedir. Dynamic Architecture mimarı David Fisher tarafından Dubai, Londra, Paris, New York ve Moskova’da dönen kuleler tasarlanmıştır (Resim 3.8). David Fisher dönen kuleleri “*zaman tarafından tasarlanmış, hayat tarafından şekillendirilmiş*” olarak tarif etmektedir. Bütünsel bir hareketle her kat ayrı olarak 360 derece dönebilmekte ve şehir silüetinde hiçbir zaman aynı görüntüyü oluşturmamaktadır (URL-15, 2020).



Resim 3.8. David Fisher, Moskova Dinamik Kule (URL-15, 2020)

3.2.2. Yapıda bulunma şekillerine göre sınıflandırma

Fox kinetik sistemleri gömülü kinetik sistemler, açılabilir kinetik sistemler ve dinamik kinetik sistemler olmak üzere yapıda bulunma şekillerine göre üçe ayırmıştır;

Gömülü Kinetik Sistemler

Yapının tamamında tepkileri kontrol edecek şekilde yapının belirli kısımlarda sabitlenmiş sistemlerdir (Şekil 3.7). Ana işlev, değişen çevresel faktörlere ve kullanıcı gereksinimleri göre sistemin en iyi performansı vermesini sağlamak amacıyla sistemi bütün olarak kontrol etmektir (Fox and Yeh, 1999).

Açılabilir kinetik sistemler

Yapının herhangi bir noktasında hareketi sağlayan, kolayca sökülerek yapının herhangi bir yerinde kullanılabilen sistemlerdir (Şekil 3.7). Sergi, pavyon ve afet bölgelerine kurulan geçici yapılar örnek verilebilir (Fox and Yeh, 1999).

Dinamik kinetik sistemler

Yapı genelinde sadece belirli yerlerde bulunan ve bağımsız hareket eden sistemlerdir (Şekil 3.7). En basit uygulamaları pencereler, kapılar, ara bölmeler ve tavanlardır. Konser, tiyatro gibi çok amaçlı yapılarda tavanın seyirciye ve sahneye göre farklı akustik özellikleri sağlaması için kullanılabilir (Fox and Yeh, 1999).



Şekil 3.7. Fox'un kinetik tipolojiler diyagramı (Fox and Yeh, 1999)

3.2.3. Gerçekleşme zamanına göre sınıflandırma

Gerçekleşme zamanına göre kinetik sistemler mobil sistemler ve biçim değiştiren sistemler olmak ikiye ayrılmıştır.

Mobil sistemler

Bulunduğu konumda işlevini tamamlayan yapının bütün veya parçalar halinde başka bir yere taşınarak tekrardan aynı işlevi yapabilmesine olanak sağlayan hareket sistemidir (Resim 3.9). Hareket ilk önce gerçekleşir, yapı işlevi daha sonra gerçekleşir. Çadırlar, prefabrik yapılar, stantlar, afet yapıları bu gruba örnek verilebilir.



Resim 3.9. Ten Fold Engineering mobil sistemli yapısı (URL-17, 2020)

Biçim değiştiren sistem

Yapı kullanımı sırasında gerçekleşen hareket sistemidir. Yapıda kısmi ya da bütünsel hareket şeklinde gözükabilmektedir (Korkmaz, 2001). Değişen ve gelişen kullanıcı gereksinimlerini karşılamak, fiziksel ve çevre verilerine yönelik yüksek enerji performansı sağlamak, esneklik ihtiyacını sağlamak için yapılan biçim değiştirme hareketidir.



Resim 3.10. Hareket eden Quadrant House (URL-16, 2020)

KWK Promes grup tarafından tasarlanan Quadrant House'un terası, kışın iç mekânın güneş ışığından daha fazla faydalanmasını sağlamak, yazın ise istenmeyen güneş ışığını engelleyerek gölgeleme sağlamak için güneş hareketini takip etmektedir (Resim 3.10).

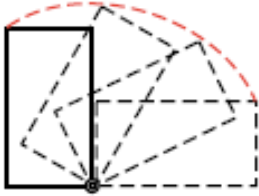
Terasın hareketi ve hızı, güneş hareketine göre sensörlerle belirlenmekte ve otomatik sağlanmaktadır (URL-16, 2020).

3.2.4. Kontrol biçimine göre sınıflandırma

Kinetik sistemlerin çalışmasını kontrol altında tutan sistemlerdir. Basit bir sistem dâhilinde çalışabileceği gibi karmaşık olarak algılanan, algılayıcıların (sensör), aktüatörlerin (çalıştırıcı) ve bilgisayar sistemlerinin kullanıldığı kolay ve verimli bir kontrol sistem dâhilinde de çalışabilmektedir. M.I.T. Kinetik Tasarım Grubu kontrol şekline göre altı başlıkta sınıflandırmıştır.

Dâhili (içsel) Kontrol

Hareket için bir kontrol aleti ve mekanizmaya ihtiyaç duymadan, hareket edebilecek yeteneğe sahip sistemlerdir (Fox and Yeh, 1999).



Şekil 3.8. Dâhili (içsel) kontrol diyagramı (Fox and Yeh, 1999)

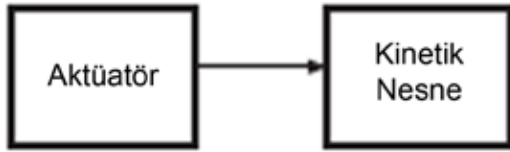
Geri dönüştürülebilir malzemeden üçgen formların birleştirilmesiyle yapılmış “Folding Egg” çalışması katlanabilir levha strüktürüne sahiptir (Resim 3.11). Katlanma özelliğiyle yaklaşık beş katına kadar uzayıp kısalabilmektedir (Fox and Yeh, 1999).



Resim 3.11. Folding Egg katlanabilir levha strüktürü (Fox and Yeh, 1999)

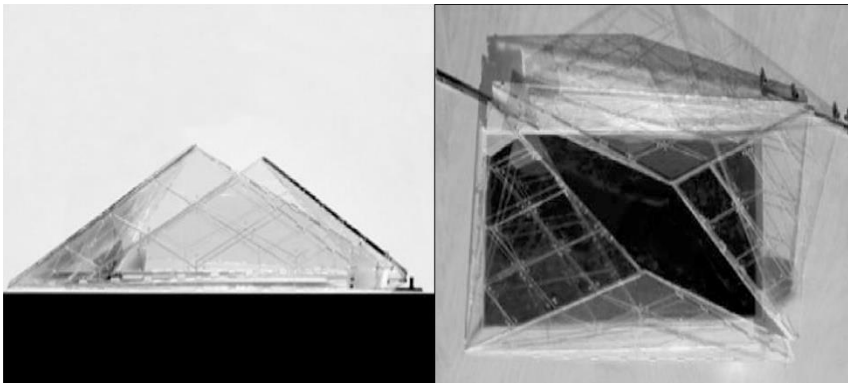
Doğrudan kontrol

Değişen çevresel koşullara karşı hareketini gerçekleştirirken insan enerjisi, elektrikli motorlar gibi birçok enerji kaynağı tarafından kontrol edilen sistemlerdir (Fox and Yeh, 1999).



Şekil 3.9. Doğrudan kontrol diyagramı (Fox and Yeh, 1999)

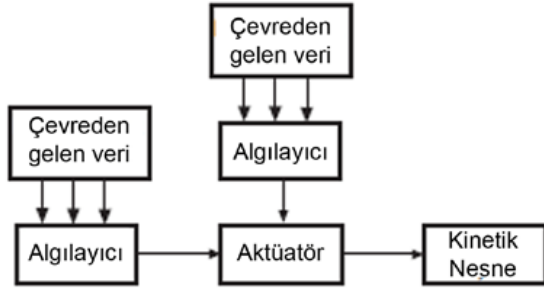
Resim 3.12'deki döner merkezli tepe pencere doğrudan kontrol sistemine örnektir. Alüminyum çerçeveye yerleştirilmiş, ayarlanabilir cam filmle kaplanmış sekiz cam panelden oluşmaktadır. Cam filmi gün ışığını kontrollü olarak yapıya almaktadır (Fox and Yeh, 1999).



Resim 3.12. Tepe Penceresi (Fox and Yeh, 1999)

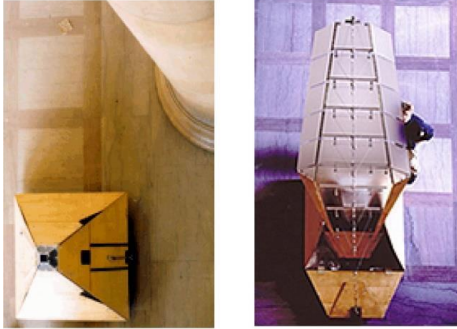
Dolaylı kontrol

Algılayıcı uyarım sistemiyle hareketin dolaylı uyarıldığı sistemdir. Algılayıcının (sensör) çevreden aldığı veriyi kullanması sonucunda başlayan sistemde ilk olarak algılayıcılar kontrol cihazını uyarır. Uyarılan kontrol cihazı açma-kapama işlemini yapması için enerji kaynağına bir komut göndererek sistemin hareketini başlatır (Fox and Yeh, 1999).



Şekil 3.10. Dolaylı kontrol diyagramı (Fox and Yeh, 1999)

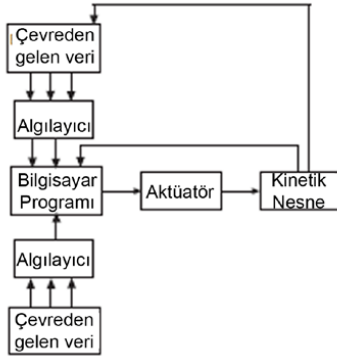
Kullanılmadığı zaman kapalı bir piramit içinde bulunan resim 3.13'teki telekonferans istasyonu, tekli hareket algılayıcısı sayesinde kullanılacağı zaman otomatik açılarak içindeki strüktürü dışarı çıkartmaktadır (Fox and Yeh, 1999).



Resim 3.13. Dolaylı kontrol sistemi olan telekonferans istasyonu (Fox and Yeh, 1999)

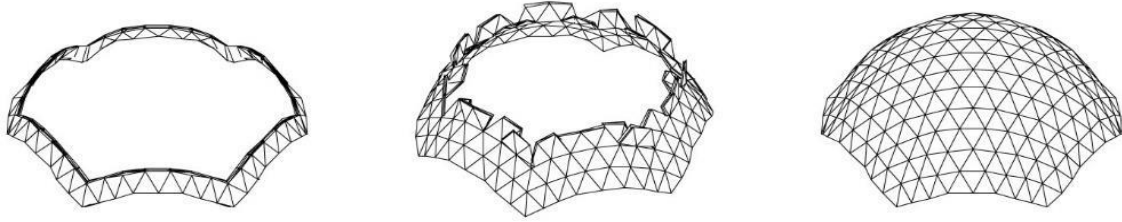
Tepkisel (duyarlı) dolaylı kontrol

Dolaylı kontrol sisteminden farklı olarak bir karar mekanizmasına (bilgisayar programı) sahiptir. Karar mekanizması algılayıcılardan aldığı verileri değerlendirerek aldığı kararı enerji kaynağına iletip hareketi başlatır (Fox and Yeh, 1999).



Şekil 3.11. Tepkisel dolaylı kontrol diyagramı (Fox and Yeh, 1999)

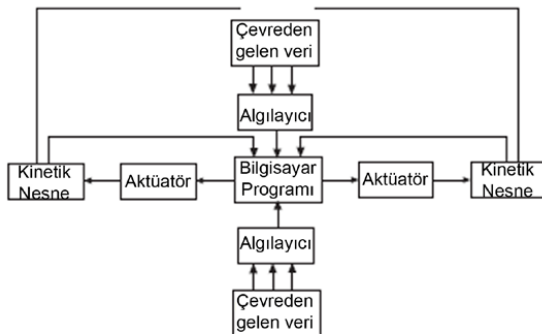
Çevresel veri olarak gün ışığını dikkate alan algılayıcılardan oluşan şekil 3.12'deki makro modüler tente açılıp kapanabilmektedir. Bağımsız olarak her dikey sırada bulunan algılayıcılar sistemi harekete geçirmekte ve sistemin yanındaki panele doğru hareketini başlatarak tentenin açılmasını sağlamaktadır. Modüler yapıda oluşturulan tente kolaylıkla parçalara ayrılarak taşınabilmektedir (Fox and Yeh, 1999).



Şekil 3.12. Açılır-kapanır makro-modüler tente (Fox and Yeh, 1999)

Yaygın (sık rastlanan) tepkisel dolaylı kontrol

Birçok algılayıcı aktüatör ikilisinin bir sistemde bütün olarak çalıştığı sistemdir (Fox and Yeh, 1999).



Şekil 3.13. Yaygın tepkisel dolaylı kontrol diyagramı (Fox and Yeh, 1999)

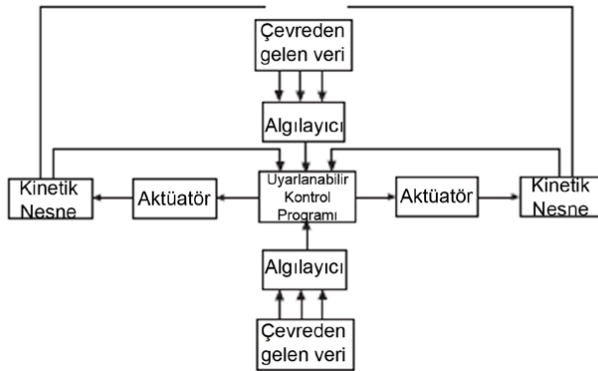
Çatısı üçgen şeklinde altı panelden oluşan Starlight tiyatrosu (Resim 3.14) havanın güneşli ve yağmurlu olmasına bağlı olarak bir çiçeğin taç yaprakları gibi yukarıya doğru açılıp kapanabilmektedir (URL-18, 2020).



Resim 3.14. Starlight tiyatrosu çatısı (URL-18, 2020)

Deneye dayalı tepkisel dolaylı kontrol

Kontrol mekanizmasına öğrenme ya da geliştirilebilirlik yetisi verilen sistem, sadece tepkisel veya yaygın tepkisel olarak kullanılabilir (Fox and Yeh, 1999).



Şekil 3.14. Deneye dayalı tepkisel dolaylı kontrol (Fox and Yeh, 1999)

Foster ve Partners mimarlık tarafından tasarlanan City of Justice yapısının avlusuna güneşten maksimum yararlanmak için altıgen alüminyum panellerden oluşan güneş kırıcılar yerleştirilmiştir (Şekil 3.15). Güneş kırıcıları algılayıcılar sayesinde açılıp kapanma ve güneşin hareketine göre dönebilme yeteneğine sahiptir (Bozkurt, 2010).



Şekil 3.15. Güneş kırıcıları (Bozkurt, 2010)

3.2.5. Hareket biçimine göre sınıflandırma

Yapının tamamında veya belli bir kısmında bulunan hareketli elemanların gerçekleştirdiği değişiklikler sonucunda yapılar hareket özelliği kazanır. Bu hareket biçimi altı başlık altında sınıflandırılmıştır (Şekil 3.16). Başar sınıflandırmayı şöyle açıklamıştır: “*Bu grupta bir sınıflandırmadan ziyade kullanıcı deneyimleri ve mekânda gerçekleşen mekanik hareketler sonucu oluşmuş kategorilerdir. Gruplamaya başlamadan önce gündelik hayatta karşımıza çıkan hareketli objelerin çalışma prensipleri bir havuzda toparlanmıştır. Her gruptaki hareket tipleri, farklı mekanik prensiplerin toplandığı bu havuzdan seçilmiştir. Herhangi bir hareket tipi birkaç grup içerisinde yer alabilmektedir. Yelpaze hareketinin hem katlanma hem dönme hem de daralma-genişleme hareketini yapması gibi.*” (Başar, 2014).



Şekil 3.16. Hareket çeşitleri diyagramı (Başar, 2014)

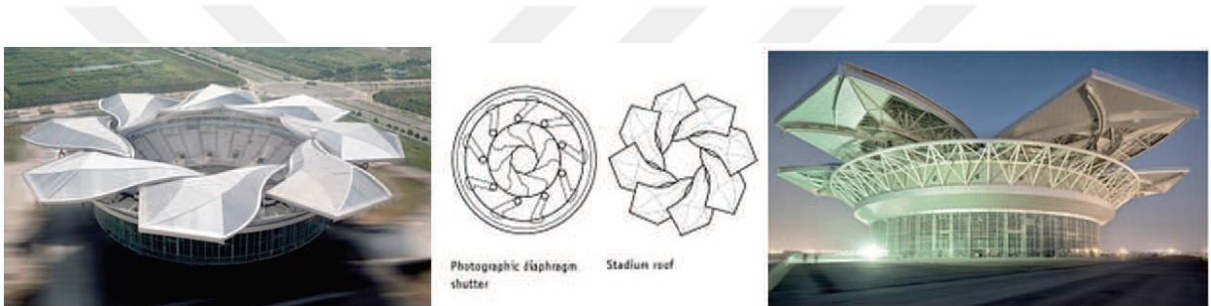
Kayma hareketi

Tekerlek, makara gibi basit araçlarla yapılabildiği gibi birbiri içine geçmiş mekanizmalar yardımıyla da kayma hareketi gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 3.17). Yapılarda genelde yatay-dikey kayma hareketi olarak karşımıza çıkmaktadır (Başar, 2014).



Şekil 3.17. Kayma hareket türleri (Başar, 2014)

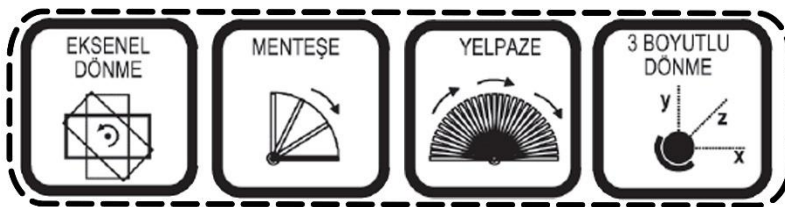
Tasarımında iklim faktörünün etkili olduğu Qi Zhong stadyumunda çatı örtüsü açılıp kapanabilmektedir (Resim 3.15). Güneşli havalarda eğrisel kayma hareketiyle açılan çatı yağmurlu havalarda kapanmaktadır. Sekiz adet yaprak şeklindeki elemanların her biri için ayrı ayrı kullanılan üç ray üzerinde kayarak açılmaktadır (Fouad, 2012).



Resim 3.15. Qi Zhong stadyumu (Başar, 2014)

Dönme hareketi

Yapı bütününe veya daha küçük bileşenlerinin bir aks etrafında gerçekleştirdiği harekettir (Şekil 3.18). Genellikle çevresel verilere göre yapı performansını artırmak amacıyla dönme hareketi yapılırsa da görsel konfor için kullanımı da yaygındır (Başar, 2014).



Şekil 3.18. Dönme hareket türleri (Başar, 2014)

Patrick Marsilli tarafından New York'ta tasarlanan Domespace yapısı prefabrik olarak üretilmektedir. Tamamen ekolojik malzemelerden üretilen yapı istenilen yere taşınarak kısa sürede tekrardan kullanılabilir. Kubbe şeklindeki yapı pasif güneş enerjisinden

yararlanmaktadır. Domespace tabanındaki mekanizma yardımıyla 360 °C kendi etrafında dönebilmektedir (Resim 3.16). Dönme hareketini belli dönemlerde güneş ışınlarından faydalanmak ya da güneş ışınlarından korunmak için yapmaktadır (URL-19, 2020).



Resim 3.16. Dönen Domespace yapısı (URL-19, 2020)

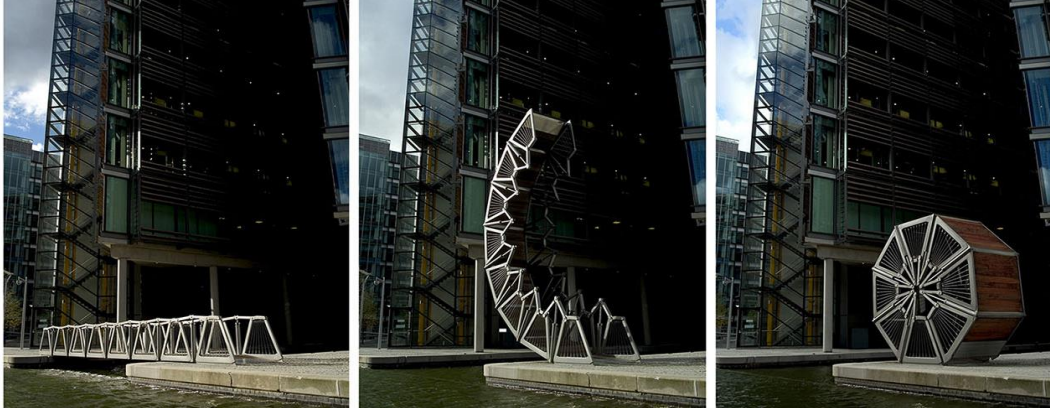
Daralma genişleme hareketi

Hedeflenen amaçlar için yapılan hareketle yapı formunun geri dönüştürülebilir şekilde bütün olarak değiştirdiği harekettir (Şekil 3.19). İstenilen forma dönüşebilmesi, hafif olması, kendi kendini taşıyabilmesi avantajlı yönleridir (Başar, 2014).



Şekil 3.19. Daralma genişleme hareket türleri (Başar, 2014)

Thomas Heatherwick tarafından tasarlanan Rolling Bridge (yuvarlanır köprü) kapalı durumda sekizgen şeklindeyken, on altı adet piston yardımıyla daralıp genişleme hareketiyle açık konuma gelebilmektedir (Resim 3.17) (URL-20, 2020).



Resim 3.17. Rolling Bridge (yuvarlanır köprü) (URL-20, 2020)

Açılma kapanma hareketi

Hareketli eleman bağlı bulunduğu ortamı diğer ortamlarla bağlantılı hale getirir (Şekil 3.20). Bulunma şekline ve işlevine göre yapıyı yarı açık veya tamamen açık bir yapı haline dönüştürülebilmektedir (Başar, 2014).

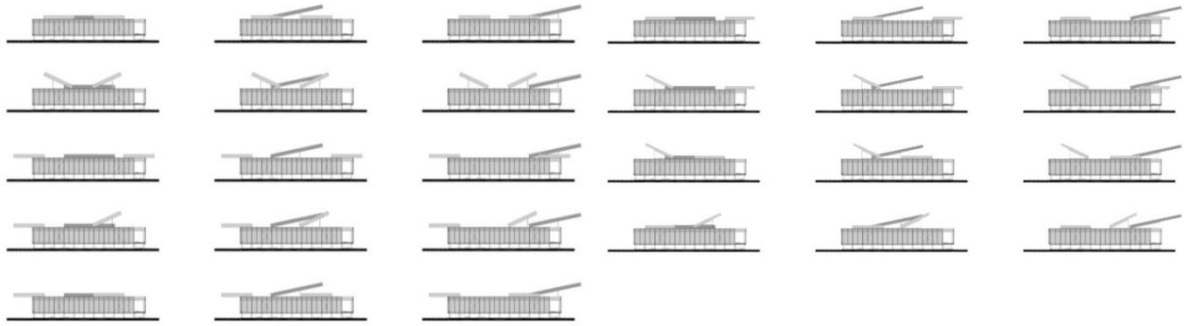


Şekil 3.20. Açılma kapanma hareket türleri (Başar, 2014)



Resim 3.18. The Olympic Tennis Center- Magic Box (URL-21, 2020)

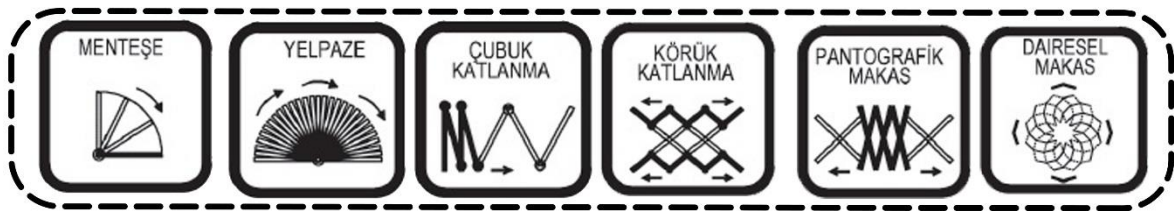
Olimpik tenis merkezi-sihirli kutu (The Olympic Tennis Center- Magic Box), spor ve çok işlevli yapıları içeren tenis merkezi kinetik bir çatıya sahiptir (Resim 3.18). Magic Box, sihirli kutu konseptiyle tasarlanan spor merkezinde üç ayrı kort saha üzeri açılıp kapanabilen hareketli çatıyla kaplıdır. Yirmi yedi farklı açıyla açılabilen çatı güneş ışığı ve hava geçişlerine izin verirken hava değişikliklerine göre açılıp kapanabilmektedir (Şekil 3.21). Yirmi beş dereceye kadar açılabilen çatı yatay kayma hareketi de yapabilme yeteneğine sahiptir (URL-21, 2020).



Şekil 3.21. The Olympic Tennis Center farklı açılı çatı örtüsü hareketleri (URL-21, 2020)

Katlanma hareketi

Hareketli elemanın formunda meydana gelen değişikliklerin olduğu dönüşüm olayıdır (Şekil3.22). Hareketli elemanın yüzey alanında ve hacminde değişikliği sebep olur. Ancak bir deformasyona neden olmaz (Başar, 2014).



Şekil 3.22. Katlanma hareket türleri (Başar, 2014)

Kiefer Technic Showroom dış ortam koşullarına göre değişen, iç iklimi düzenleyen dinamik bir cepheye sahiptir (Resim 3.19). Güneş ışınlarıyla sürekli değişen cephe yatayda bulunan menteşelere bağlı ve 56 motor yardımıyla farklı şekilde katlanma hareketi yapmaktadır. Alternatif olarak insan komutuyla da çalışabilmektedir (URL-22, 2020).



Resim 3.19. Kiefer Technic Showroom (URL-22, 2020)

Gerilme hareketi

Kablolar, membran örtüler ve pnömatik gibi rijit olmayan elemanlarla amorf şekillere izin veren hareket şeklidir (Şekil 3.23). Ekonomik, hafif, katlanabilir oluşu kolay hareket yeteneğine sahip olması, geniş açıklarda örtü olarak kullanılmasını sağlamaktadır (Başar, 2014).



Şekil 3.23. Gerilme hareket türleri (Başar, 2014)

Media TIC Ofis binası cephesinde pnömatik sistemler kullanılarak tasarlanmıştır (Resim 3.20). Isıtma, soğutma ve elektrik ihtiyacını kendisi karşılayabilmektedir. İki cephesi ETFE membranla kaplı yapıda cepheler farklı işlevler yapmak üzere tasarlanmıştır. Güney doğu cephesinde konkav ve konveks şekilde üç katlı membranın içi, iç mekân ile dış mekân arasındaki ısı farkına göre otomatik hava doldurarak ısı yalıtımı yapmaktadır. Membran üzerindeki gölgeleme desenleri güneş açısına göre üst üste çakışarak ışık kırıcı görevini üstlenmiştir. Güney batı cephesindeki çift katlı membran ise güneş ışığını filtrelemek istendiğinde nitrojen gazı ile doldurulabilmektedir (Suner, 2011).



Resim 3.20. Media TIC Ofis binası (Suner, 2011)

3.3.Kinetik Mimarlık Örnekleri

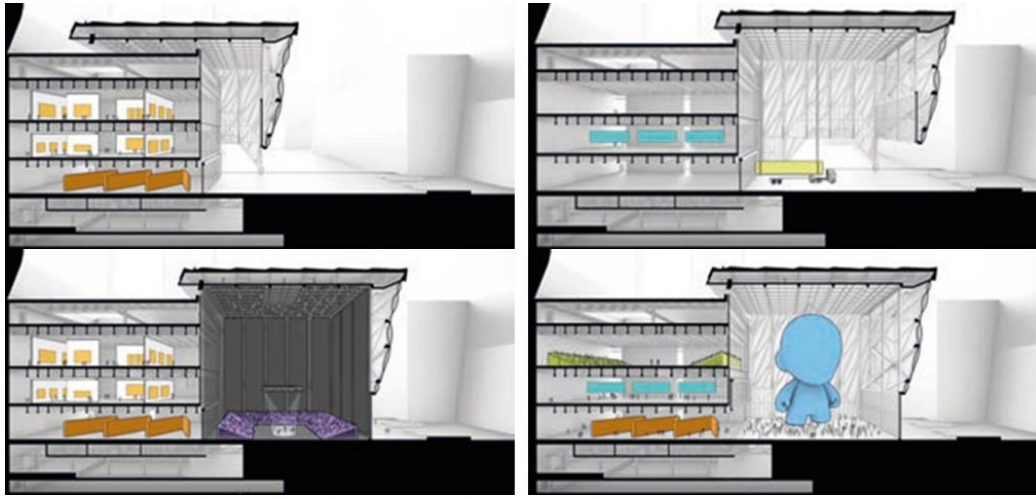
3.3.1. The shed arts center

Diller Scofidio + Renfro tarafından New York'ta tasarlanan ve 2019 yılında tamamlanan the shed sanat merkezi 18 500 m² bir alana sahiptir. The shed, 1960 yılındaki İngiliz mimar Cedric Price ve tiyatro yönetmeni Joan Littlewood tarafından tasarlanan ancak yapımı gerçekleştirilemeyen bina makinası olarak adlandırılan Fun Palace'dan ilham almıştır. Bilinmeyen gelecek için büyük bir esneklik potansiyeli olan, ölçek, medya, teknoloji ve sanatçıların gelişen ve değişen ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde tasarlanmıştır. Yapı iki ana bileşenden oluşmaktadır. Sekiz katlı olan ana bina iki katlı galeri alanıyla birlikte çok yönlü tiyatro salonu, prova alanı, yaratıcı laboratuvar alanı, gökyüzü aydınlatmalı etkinlik alanı içerir. Ofisler, giyinme odaları, depo, mekanik alanlar yapıya bitişik bulunan konut kulesinin alt katlarında bulunmaktadır (The Shed, 2017 ve URL-23, 2020).



Resim 3.21. The Shed kinetik dış kabuk (Diller Scofidio+Renfro ve Rockwell Grubu, 2017)

İkinci ana bileşen ise bina kullanım alanını iki katına çıkararak esneklik sağlayan kinetik teleskopik dış kabuktur (Resim 3.21). Zemindeki raylar yardımıyla yapı önünde bulunan meydana doğru kayarak yarı kapalı bir alan oluşturmaktadır (Resim3.22). Bu yarı kapalı alan oturan 1 200 seyirci, ayakta ise 2 700 seyirci ağırlayabilmektedir. Işık, ses, sıcaklık kontrolünün sağlandığı alanda doğu cephesindeki aydınlatma ve ses destekleyici projeksiyonlar ile açık hava sahnesi oluşturulmuştur (Diller Scofidio+Renfro ve Rockwell Grubu, 2017).



Resim 3.22. The Shed kinetik hareket sonrası elde edilen mekân (Diller Scofidio+Renfro ve Rockwell Grubu, 2017)

Çelik diagrid sistemlerden oluşan hareketli kabuk 37 metre yüksekliğindedir. Tamamı saydam teflon bazlı polimer olan ETFE ile kaplı kabuk iyi bir yalıtım özelliğine sahiptir. New York enerji korunumu koşullarının %25 altına inmeyi başarmış ve LEED Silver sertifikası almıştır (Diller Scofidio+Renfro ve Rockwell Grubu, 2017).

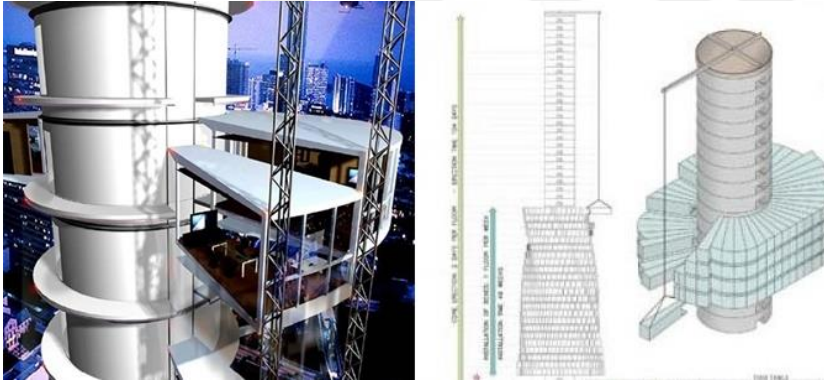
3.3.2. Dynamic tower

Dynamic Architecture kurucusu David Fisher tarafından dinamik kuleler Dubai, Londra, Paris, New York, Moskova olmak beş farklı şehir için ayrı ayrı tasarlanmıştır (Resim 3.23). Dubai için tasarlanan yapı 80 katlı ve 420 metre yüksekliğindedir. İlk on beş kat ticaret merkezlerini ve ofisleri oluşturmaktadır. Sonraki yirmi kat otel ve daha sonraki otuz beş katta konut olarak tasarlanmıştır. Yapının son on katı ise iki katlı konutlar için ayrılmıştır (Fouad, 2012).



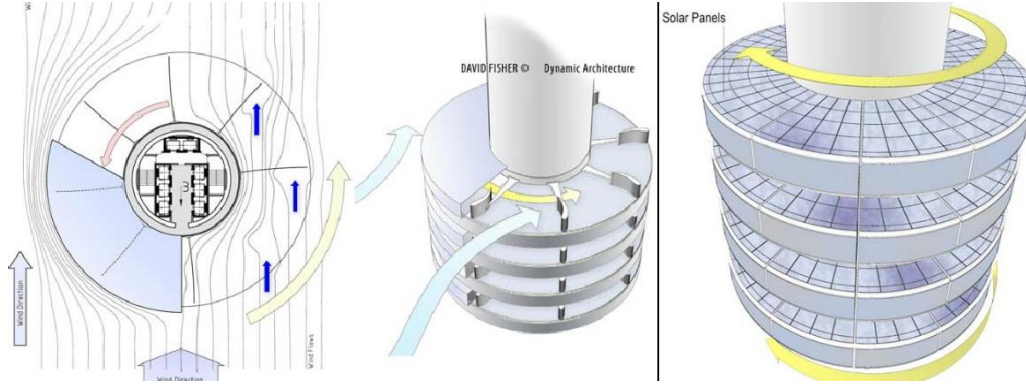
Resim 3.23. Dynamic tower farklı görünüşleri (URL-24, 2020)

Daha uzun süre dayanabilen daha güvenli ve enerji etkin sürdürülebilir akıllı yapı hedeflenmiştir. Bina prefabrik modüllerden oluşmaktadır (Şekil3.24). Her kat 40 ayrı modülden oluşmaktadır. Yapının %90'nın prefabrik inşa edilmesiyle dünyadaki ilk prefabrik gökdelen olması planlanmaktadır. Kulede çelik, alüminyum, karbon fiber ve yüksek kaliteli modern malzemelerin kullanımı planlanmıştır (Fouad, 2012).



Şekil 3.24. Dynamic Tower prefabrik modüller (URL-24, 2020)

Her kat birbirinden bağımsız şekilde iki yönde de dönebilme yeteneğine sahiptir. Binanın şekli hiçbir zaman aynı görünmeyecek şekilde hareket etmektedir. Yapı 22 metre çapında betonarme çekirdek etrafına yerleştirilen 15 metreye kadar konsol çelik birimlerden oluşmaktadır (URL-15, 2020). Dönen her birimin arasındaki boşluğa yatay olarak rüzgâr tribünleri yerleştirilecektir. Toplam 79 adet olacak rüzgâr tribünlerine ek olarak her kattaki birimlerin çatı yüzeylerine fotovoltaik güneş panelleri kurulacaktır (Şekil 3.25). Her birimin hem güneş enerjisi hem de rüzgâr enerji ile ürettiği enerji ile kule enerjisi karşılayıp ayrıca benzer on binanın enerjisini de karşılaması ön görülmüştür. Akıllı bina yeteneğiyle kendi enerjisini besleyebilecektir (Fouad, 2012).



Şekil 3.25. Dynamic Tower hareket şekli, rüzgâr tribünleri ve güneş panelleri (URL-24, 2020)

3.3.3. CJ research center

Yazdani Studio of Cannon Design tarafından tasarlanan ve Güney Kore'nin Seul kentinde inşa edilen CJ Arge Merkezi (Resim 3.24) gözyaşı damlası şeklinde üç kuleden oluşmaktadır (URL-25, 2020). Kinetik cephe hem güneş hem de kullanıcı girdilerini dikkate alarak uyarlanabilir bir gölgeleme sistemine sahiptir (URL-26, 2020).

Beş katlı cam atriyum ile kulelerin birbirine bağlandığı CJ Arge Merkezi 1,2 milyon metre kare alana sahiptir. Zeminden itibaren atriyumla birlikte mekânlara hızlı erişimin sağlandığı yapıda kullanıcılar için ideal güneş ışığı sağlanmaktadır. Çekirdek etrafına yerleştirilmiş özel alanlar ve laboratuvarlar sayesinde dışa doğru itilen ofislerin güneş ve manzaradan yararlanmasına olanak sağlanmıştır (URL-26, 2020).



Resim 3.24. CJ Arge Merkezi (URL-26, 2020)

Hareketli cephe sistemi üç kuleyi sarmaktadır. Basit bir şemsiyeden ilham alan akordeon şeklindeki katlanabilir gölgeleme elemanı, özel mekanizmalar sayesinde geri çekilip ve ideal güneş kontrolünü sağlamak için katlanmaktadır (Şekil 3.26). Açık konumda güneş enerjisini azaltarak uygun doğal ışık düzeyini sağlar. Kinetik sistem, bir yazılımla otomatik kontrol edilmekte ve sistemin açılıp kapanması sağlanmaktadır. Katlar arasında üçerli çelik delikli şeritler halinde bulunan sistem elemanları pencere yüzeylerinin tamamen kapalı ve tamamen açık olacak şekilde kaplayabilmektedir (URL-26, 2020). Kinetik sistemin alt ve üst kısımlarında, katlanma hareketlerini bağımsız şekilde yapmak üzere iki ayrı elektrikli doğrusal aktüatör bulunmakta ve sistem otomatik kontrol edilmektedir. Ayrıca sistem manuel olarak da kontrol edilebilmektedir (URL-25, 2020).



Şekil 3.26. CJ Arge Merkezi kinetik eleman detayı (URL-26, 2020)

3.3.4. Kolding Campus University of Southern Denmark

Henning Larsen Architects tarafından tasarlanan Kolding kampüsü Güney Danimarka'nın Kolding şehrinin de etrafında liman, istasyon ve nehir bulunan Gronborg arazisinde bulunmaktadır (Resim 3.25). Bu üç önemli birimi referans alan yapı üçgen formda tasarlanmıştır (URL-27, 2020). Yapı yıl içindeki farklı güneş hareketlerine göre otomatik hareket özelliğine sahip, yapay ve doğal ışık dengesini düzenleyen bir cepheye sahiptir. Yapı yüzeyinde 4 500 m² alanı kapsayan yaklaşık 1 600 adet delikli ve 3 mm kalınlığında üçgen formda alüminyum panelli panjur bulunmaktadır (URL-28, 2020).



Resim 3.25. Kampüs Kolding binası (URL-27, 2020)

Cephedeki dinamik güneş kırıcıları iklim koşullarına ve kullanıcı ihtiyaçlarına göre gün ışığını kontrol ederek iç mekân iklim koşulları sağlamaktadır (Resim 3.26). Işık ve ısı seviyelerini ölçen sensörler yardımıyla yapı cephesindeki paneller küçük bir motorla tamamen kapalı konumdan 0°-90°'lik açılarda açılabilir. Ayrıca kinetik elemanlar 30°, 60° ve 90°'lik açılarda sabitlenebilmektedir (URL-27, 2020 ve URL-29, 2020).

Henning Larsen Architects proje yöneticisi Peter Koch tasarımı şöyle ifade etmişlerdir: “Yıl boyunca değişen, kış aylarında daha az gün ışığı olduğunda daha açık hale gelen veya ilkbaharın sonlarında, güneş ışınlarının düşük olduğu veya yılın diğer sorunlu zamanlarında güneş kontrolü açısından daha kapalı hale gelen bir bina yaratmak istedik. Bu, bina üzerindeki ısı yükünü azaltarak soğutma gereksinimini ve enerji tüketimini azaltır. Hareketli elemanların 0° -90° arasında herhangi bir pozisyonda durabilmesi, cephede oldukça çeşitli bir ifade yaratıyor, bu yüzden bu ifadenin altını çizmek için sabit panjurları tanıtmaya karar verdik.” (URL-29, 2020).



Resim 3.26. Kampüs Kolding bina cephesi (URL-27, 2020)

Panjurlar (Resim 3.26) üzerindeki delikler kapalı konumdayken bile iç mekânın doğal ışık almasını sağlamaktadır. Panjur üzerindeki delikler cephe de ayırt edici bir özellik ve iç mekân da dinamik bir ışık yoğunluğunu sağlayacak şekilde hafif, organik yuvarlak şeklindedir. Amip ve bakteri şeklindeki delikler birbirine bağlantılı şekilde oluşturularak yüzey alanı genişletilmiştir. Bu delikler hareket yönüne göre ışığı optimum şekilde kullanılmak üzere hesaplanarak tasarlanmıştır (URL-28, 2020 ve URL-29, 2020).

Yapı, ısı ve ışık kontrolü yapan kinetik cephenin dışında yeraltı suyunu kullanan ısıtma ve soğutma pompası ve merkezi atriyum da yer alan doğal gece havalandırma kanalları gibi ek sürdürülebilir öğelere sahiptir. Yapı 36 kWh/m²/yıl enerji tüketimiyle 2015 yılındaki bina yönetmeliğine göre enerji tüketim talebini karşılayan Danimarka'daki ilk düşük enerjili üniversite binasıdır. Başta LEAF yılın en iyi sürdürülebilir kalkınma ödülü olmak üzere birçok tasarım ödülüne sahiptir (URL-27, 2020 ve URL-28, 2020).

3.3.5. Thyssenkrupp genel merkezi

ThyssenKrupp mahallesi için ana fikri tutarlı ve bağımsız bina topluluğu olarak belirlenen mimari yarışmayı kazanan projedir. JSWD Architekten ve Chaix - Morel et Associes mimarlık topluluklarının ortak çalışmasıyla şekillenen ve ağaçların, bağlantı yollarının, meydanların bulunduğu ve ayrı yapıların oluşturduğu kampüs yeşil bir halı olarak

adlandırılmıştır. Kampüs içerisindeki yapılar da metal ve camdan oluşan karmaşık cephe düzeni hâkimdir. Yapı geneline hâkim olan cam olgusu açıklık ve şeffaflık izlenimini güçlendirmektedir. Kampüs içinde bulunan tüm yapıların cephe tasarımında Kabuk-Çekirdek prensibi hâkimdir. İki farklı cephe tipinde kabuk yapının dış hacmini oluşturur ve manzaraya bakar. Çekirdek tipi cephe ise iç tarafa avluya bakmaktadır (URL-30, 2020).

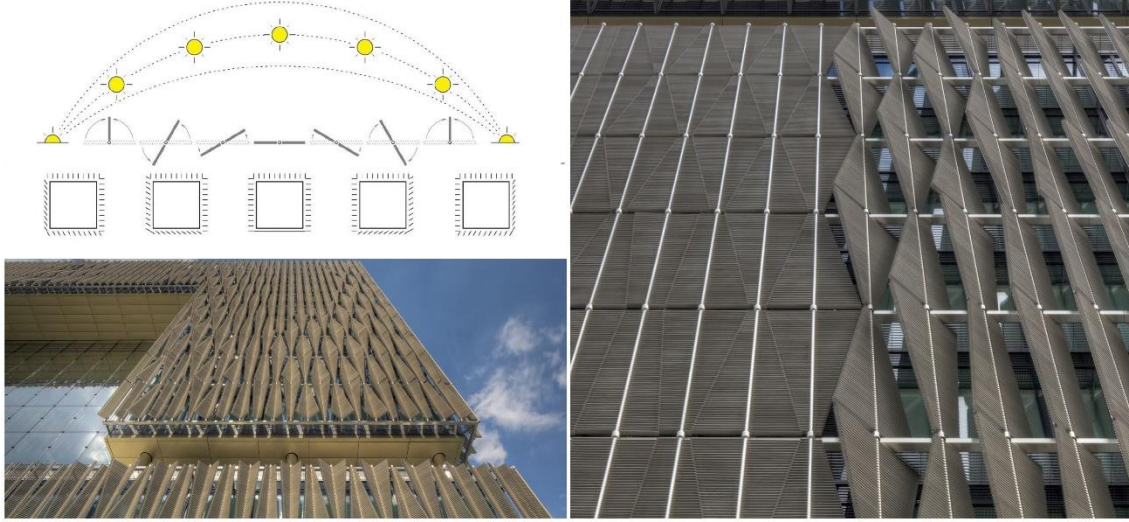


Resim 3.27. ThyssenKrupp genel merkezi (URL-31, 2020)

Kampüsün en önemli yapısı genel merkez yapısıdır (Resim 3.27). Hacimler atriyum etrafında iç içe geçmektedir. Asma katlar ve yaya köprüleriyle bölünen atriyum yaklaşık on kat yüksekliğindedir. Cam çatılı atriyumun güney ve kuzey cephesinde iki anıtsal manzara penceresi vardır (URL-31, 2020). Yapı cephesi üç katmandan oluşmaktadır. İçte parlamayı engelleyen tekstil yüzey, ortada ısıl özellikli cam giydirme ve en dışta kinetik güneş gölgeleme elemanı bulunmaktadır.

Düşey ekseninde yerleştirilen taşıyıcılar üzerinde bulunan paslanmaz çelikten çift eksenli dönebilen panjurların hareketi sistem tarafından doğrudan motorlar aracılığıyla kontrol edilmektedir. Güneş hareketini takip eden üçgen ve dikdörtgen şeklindeki panjurlar 0° - 90° açılar arasında dönebilmektedir (Şekil 3.27). 2 mm kalınlığındaki panjurlar üzerindeki delikler sayesinde kapalı konumda bile yapıya doğal ışık girişi sağlanmaktadır. Güneş enerjisi kontrollü şekilde yapı olarak ışık ve ısı konforu sağlayan yapı Alman Sürdürülebilir bina topluluğu tarafından altın sertifika ile ödüllendirilmiştir. Ayrıca enerji verimliliği, ısıtma ve soğutmayı sağlayan merkezi havalandırma sistemi, jeotermal enerji ve yağmur

suyu geri dönüşümü gibi doğal kaynakların değerlendirilmesiyle birlikte çevreci kimliğiyle LEAF Ödülü, 2012 Alman Çelik Konstrüksiyon Ödülü gibi birçok ödüle sahiptir (URL-30, 2020).



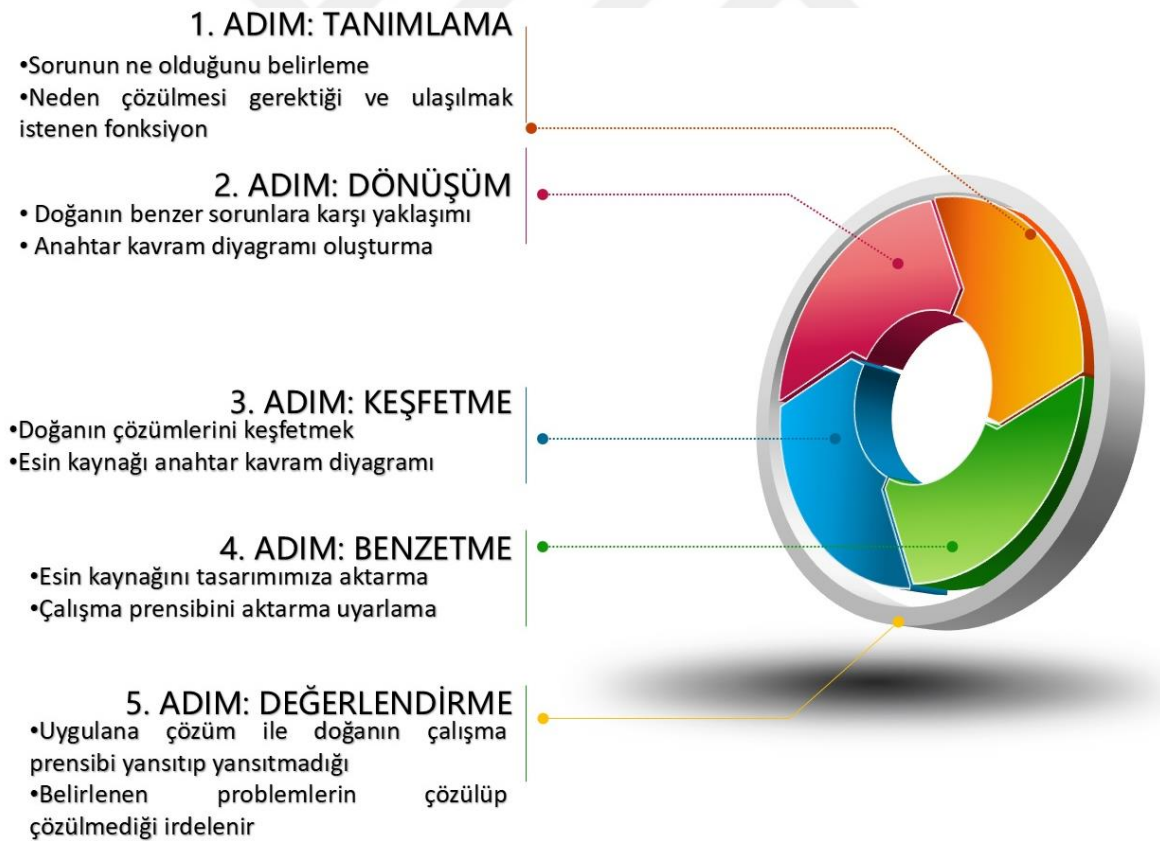
Şekil 3.27. ThyssenKrupp genel merkezi bina cephesi (URL-31, 2020)



4.BİYOMİMİKRI DESTEKLİ İNTERAKTİF CEPHE BİLEŞEN TASARIM ÖNERİSİ

Tez çalışmasında Kars ilinde soğuk iklime dayalı değişen çevresel koşullara tepki verebilen, adapte olabilen, iç mekân ısısal konforu sağlayan, soğuk dönemlerde güneşten yararlanarak ısı enerjisi sağlayan ve var olan enerjiyi koruyan doğa esinli interaktif üç adet cephe bileşeni tasarlanmıştır. Pencere bir binanın ısı muhafazasındaki en zayıf halkalarındandır. Bu yüzden öneri cephe bileşenleri pencerelere yönelik tasarlanmıştır.

Tasarım problemine biyomimikri yaklaşımıyla çözüm aranmıştır. Biyomimikrinin beş temel aşaması yeniden problem üzerinde yorumlanmış ve öneri model bu süreç doğrultusunda geliştirilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Tasarım yöntem diyagramı

Sunulan tasarım önerilerinin, pratikte Kars iklim koşullarında gün ışığı analizi ve enerji analizi yapılarak tasarım özelliklerini sağlayıp sağlamadığı değerlendirilmiştir. Revit

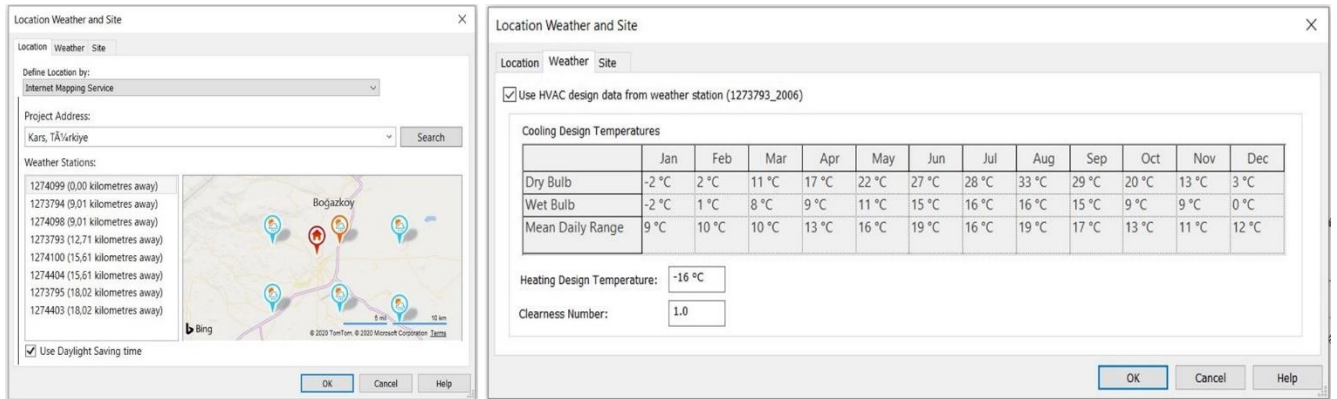
analizlerinin yapılabilmesi için Kars ilinde bulunan bir konutun güneye bakan 5.4 x 6.4 m boyutlarında, 3 m yüksekliğinde ve 30 m² alana sahip oda referans alınmıştır. Referans oda 2.65 x 4.8 m boyutlarında bir pencereye sahiptir. Tasarlanan cephe bileşeni pencere önüne yerleştirilerek analiz edilmiştir. Yapı betonarme karkas sisteme sahiptir. İnteraktif cephe bileşenlerinin analiz değerlendirmesi için referans odanın özellikleri sabit tutulmuştur.

Referans oda modellemesi yapıldıktan sonra tasarımı yapılan üç farklı cephe bileşeni ayrı ayrı görsel programlama yazılımı olan Revit Dynamo yardımıyla algoritmaları tanımlanarak modellenmiştir. Modellemesi yapılan cephe bileşenlerinin gün ışığı ve enerji analizleri için Energy Optimization ve Insight eklentileri kullanılmıştır (Şekil 4.2).

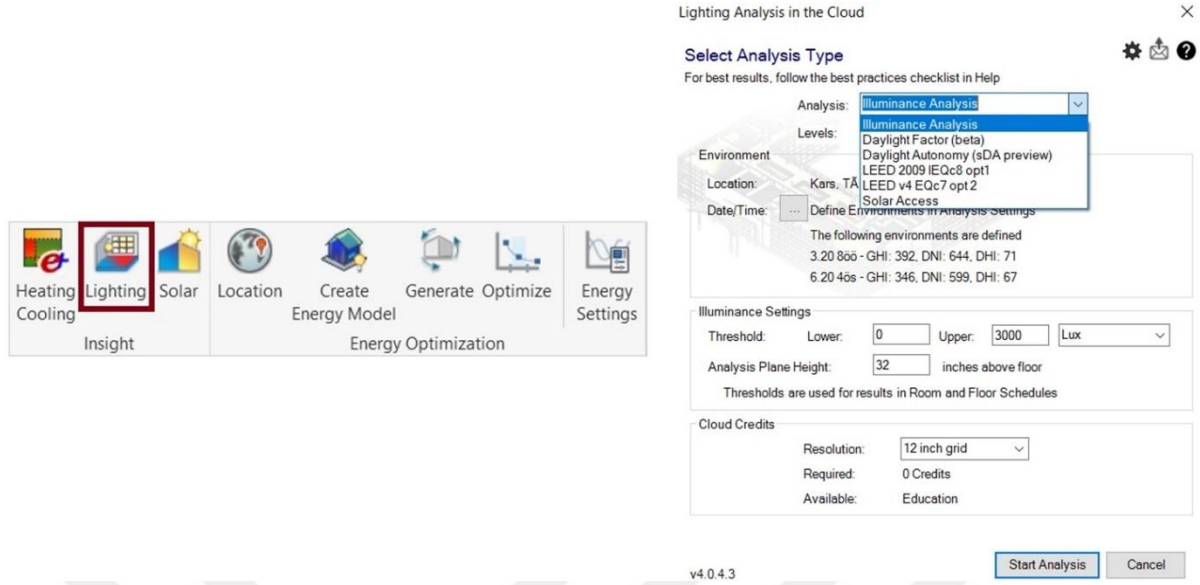


Şekil 4.2. Revit Energy Optimization ve Insight sekmeleri

Gün ışığı analiz için gerekli bazı veriler sisteme tanımlanmıştır. İlk olarak proje konumu Location sekmesinden belirtilmiştir (Şekil 4.3). Konum olarak Kars ili seçilmiş ve analiz için gerekli en yakın iklim istasyonunda iklim verileri alınarak kullanılmıştır. Güneş rotası ve gölgeleme işlemlerini sun path sekmesinden istenilen tarih ve zaman dilimi ayarlanmıştır.



Şekil 4.3. Coğrafi konum seçimi ve iklim verileri



Şekil 4.4. Revit Lighting sekmesi ayar penceresi

Ardından Lighting sekmesiyle birlikte analiz verileri için gerekli analiz biçimi seçilmiştir. Gün ışığı analizi için yazılım 6 farklı türde analiz seçeneği sunulmaktadır (Çizelge 4.1).

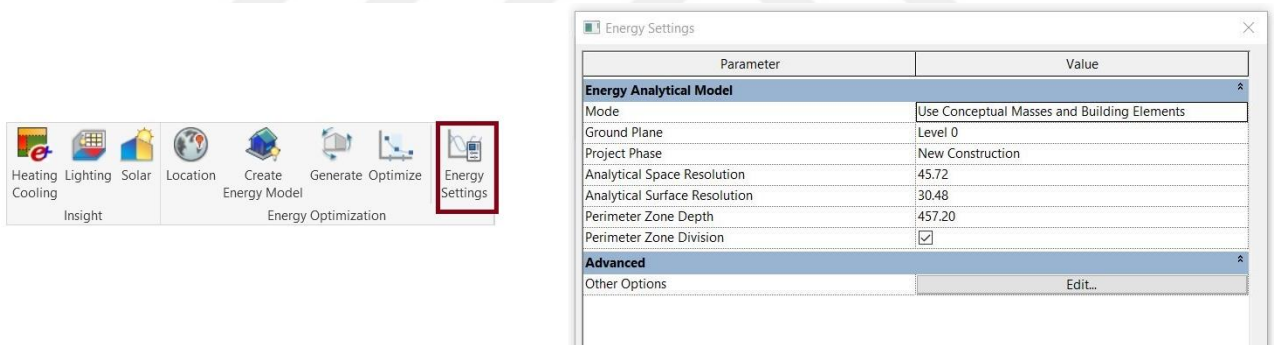
Çizelge 4.1. Gün Işığı analiz türleri (URL-43, 2020)

Analiz Türü	Açıklama
<i>Aydınlık Analizi</i>	Tarih, saat, eşik ve analiz düzlemi yüksekliği üzerinde tam özel kontrol
<i>Günüşiği Otonomisi (sDA ön izleme)</i>	LEED v4 EQc7 opt1 (sDA ve ASE) için örnek hesaplama, Azaltılmış maliyet ve hesaplama süresi
<i>LEED 2009 IEQc8 seçenek1</i>	LEED 2009 IEQc8 opt1 ayarları için otomatik ayarlar
<i>LEED v4 EQc7 seçenek1</i>	LEED v4 EQc7 opt1 (sDA ve ASE) ayarları için otomatik ayarlar
<i>LEED v4 EQc7 opt2</i>	LEED v4 EQc7 opt2 ayarları için otomatik ayarlar
<i>Solar Erişim</i>	Özelleştirilebilir güneş çalışma saatleri

Levels kısmında analiz yapılmak istenilen yapının bölümlerinin seçildiği kısımdır. Referans oda seçimi yapılmıştır. Environment yapının bulunduğu çevre ayarlarının konumun ve çalışmak istenilen tarih ve zaman aralıklarının düzenlendiği kısımdır. LEED analiz türleri için sabit tarih ve zaman ayarları otomatik getirilmektedir. Illuminance Analysis ve Solar Access analiz türleri serbest çalışma imkânı sağlamaktadır. Yapı bileşen tasarımları için çalışma biçimine göre Illuminance Analysis türü seçilmiş ve farklı zaman dilimlerinde farklı

sonuçları değerlendirilmiştir. Illuminance settings (aydınlık ayarları) kısmında eşik değerlerinin ve analiz düzlem yüksekliğinin düzenlendiği alandır. LEED analiz türleri için otomatik olarak ayarlanmıştır (Şekil 4.4). Illuminance Analysis ve Solar Access analiz türleri için manuel olarak ayarlanabilmektedir. Analiz için standart ayarlar kullanılmıştır. Cloud Credit Costs analiz çözünürlüğünün ayarlandığı kısımdır. Ayarlar tamamlandıktan sonra istenilen analiz sonuçları elde edilmektedir (URL-43, 2020).

Revit enerji analizi bazı bilgilerin sisteme tanıtılması birlikte ASHROE 90.1 baz bina standartlarıyla oluşturulan enerji modelinin simülasyonu ile doğrudan analiz verileri elde edilebilmektedir. Analiz sonuçları Autodesk Green Building Studio paneline aktararak detaylı veriler grafikler halinde kullanıcılara sunulmaktadır. Energy optimization sekmesinde daha önceden oluşturulmadıysa yine ilk olarak konum, iklim verileri ve güneş rotası oluşturulmaktadır. Energy Settings yardımıyla referans yapının temel ayarları tanımlanmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Revit Energy optimization penceresi

Energy Analytical Model bölümünde ilk olarak yapı elemanlarının ve çevre yapılarının kullanılıp kullanılmadığı seçilmektedir. Yapılacak analizde sadece interaktif cephe bileşeninin analizi yapılacağından Use Building Elements seçeneği seçilmiştir. Analizin yapılacak referans odanın seçimi için plan düzlemi seçiminde ise konut yapısına referans olan tek katlı yapı olduğundan zemin kat (Level 0) seçilmiştir (Şekil 4.5).

Diğer ayarlar sekmesinden enerji modelinin davranış modeli için bilgiler girilmiştir. Referans yapının bina tipi Single Family (tek aile) olarak seçilmiştir. Bina işletim programı konut olduğu için 24/7 kullanım tipi seçilmiştir (Şekil 4.6).

Parameter	Value
Detailed Model	
Target Percentage Glazing	0%
Target Sill Height	75.00
Glazing is Shaded	☐
Shade Depth	45.72
Target Percentage Skylights	0%
Skylight Width & Depth	91.44
Building Data	
Building Type	Single Family
Building Operating Schedule	24/7 Facility
HVAC System	Central VAV, HW Heat, Chiller 5.96 COP, Boilers 84.5 eff
Outdoor Air Information	Edit...
Room/Space Data	
Export Category	Rooms
Material Thermal Properties	
Conceptual Types	Edit...
Schematic Types	<Building>
Detailed Elements	☐

Şekil 4.6. Revit Energy optimization penceresi

HVAC (ısıtma ve soğutma) sistemi için yazılım tarafından sunulan türlerden standart olarak kullanımı önerilen Central VAV, HW Heat, Chiller 5.96 COP, Boilers 84.5 eff HVAC sistemi seçilmiştir. Referans oda modellemesi yapılırken kullanılan malzemelerin termal özellikleri girildiği için Material Thermal Properties kısmında yazılım tarafından sunulan özellikler kullanılmamıştır. Mimari model için analiz alanlarını seçmek için oda nesnesi seçilmiştir. Revit modellerin üzerine işlenen mahal listelerindeki odalar referanslı çalışmasını sağlamaktadır (Şekil 4.6).

Enerji modeli için gerekli bilgiler yazılıma işlendikten sonra Create Energy Model sekmesine tıklanarak ASHROE 90.1 baz bina özelliklerine göre enerji modeli üretilmiştir. Son aşamada Generate sekmesiyle birlikte analiz gerçekleştirilmiş ve sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır. Yıllık enerji maliyeti, yıllık enerji kullanım yoğunluğu, yıllık elektrik enerji miktarı, yıllık yakıt miktarları üzerinden değerlendirme yapılmıştır. İnteraktif cephe bileşeni kullanılmayan referans oda için elde edilen enerji ve gün ışık değerleri üç farklı tasarım önerisinde de değerlendirme yapılmak üzere kullanılmıştır.

4.1. Problemin Tanımlanması

Kars ili soğuk iklim bölgesinde bulunmaktadır. Yaz ayları serin, kış ayları ise çok soğuktur. Yaz aylarında yağmurlar, kış aylarında ise şiddetli rüzgâr ve kar şeklinde yağışlar vardır. Bağıl nem oranı yüksektir. Türkiye'nin iç ve doğu kesimi soğuk iklim bölgesindedir. Yıllık sıcaklık ortalaması 4-6°C'dir. Kış aylarında ortalama sıcaklık 3-10°C iken, yaz aylarında ise 14-19°C'dir (Gürel S. , 2010).

Bu iklim bölgesinde soğuk dönem baskındır. Düşük sıcaklıklar, şiddetli rüzgâr ve yağışlar görülmektedir. Minimum ısı kaybı sağlamak, rüzgâr ve yağış etkilerinden korunmak önemlidir (Gürel S. , 2010). Bölgenin geleneksel mimarisine bakıldığında ısı kaybını azaltmak için kare planlı kompakt formlar kullanılmaktadır. Birincil yaşam alanları güneye yönlendirilmiştir. Bina kabuğu ısı tutuculuğu yüksek olan ağır malzemelerden yapılmıştır. Isı tutuculuğu arttırmak amacıyla dış cephelerde genellikle koyu renkler tercih edilmiştir. Yapı kabuğundaki saydam alanlar azaltılmış fakat güneye bakan cephelerde güneşten yararlanma açısından daha geniş saydam alanlar bırakılmıştır. Soğuk rüzgâra maruz kalacak yüzeyleri azaltmak ve toprağın sıcaklığından faydalanmak amacıyla binanın bir kısmı toprağa gömülmüştür. Binalar ısı kaybını azaltmak için bitişik nizamda yerleştirilmiş ve pencere alanları küçük tutulmuştur. Pencereelerde kepenk, panjur gibi rüzgârı engelleyecek ek önlemler kullanılmıştır (Yılmaz, ve diğerleri, 2006). Çizelge 4.2'de soğuk iklim bölgelerinde sağlanması gereken koşullar ve inceleme ölçütleri şematik olarak verilmiştir.

Kış aylarında aşırı soğuk nedeniyle yüksek enerji gereksinimi, ısı kayıplarının fazlalığı, yaz ve kış aylarında kapalı mekânlarda yaşama gereksinimi, dış alan kullanımlarının çok seyrek olması yapılarda güneş enerjisinin en iyi şekilde kullanılması, ısı depolamanın sağlanması ve mevsimlik ısı transferinin kontrol altında tutulması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır (Erçin, 2005). Soğuk iklim bölgeleri için sağlanması gereken koşullar birer tasarım problemi oluşturmaktadır. Ana problemin çerçevesini enerji oluşturmaktadır. Bu yüzden minimum ısı kaybı, güneşten yararlanma, rüzgârdan korunma gibi koşullar sağlanmalıdır.

Çizelge 4.3. Soğuk İklim Bölgelerinde Sağlanması Gereken Koşullar ve İnceleme Ölçütleri (Gürel S. , 2010)

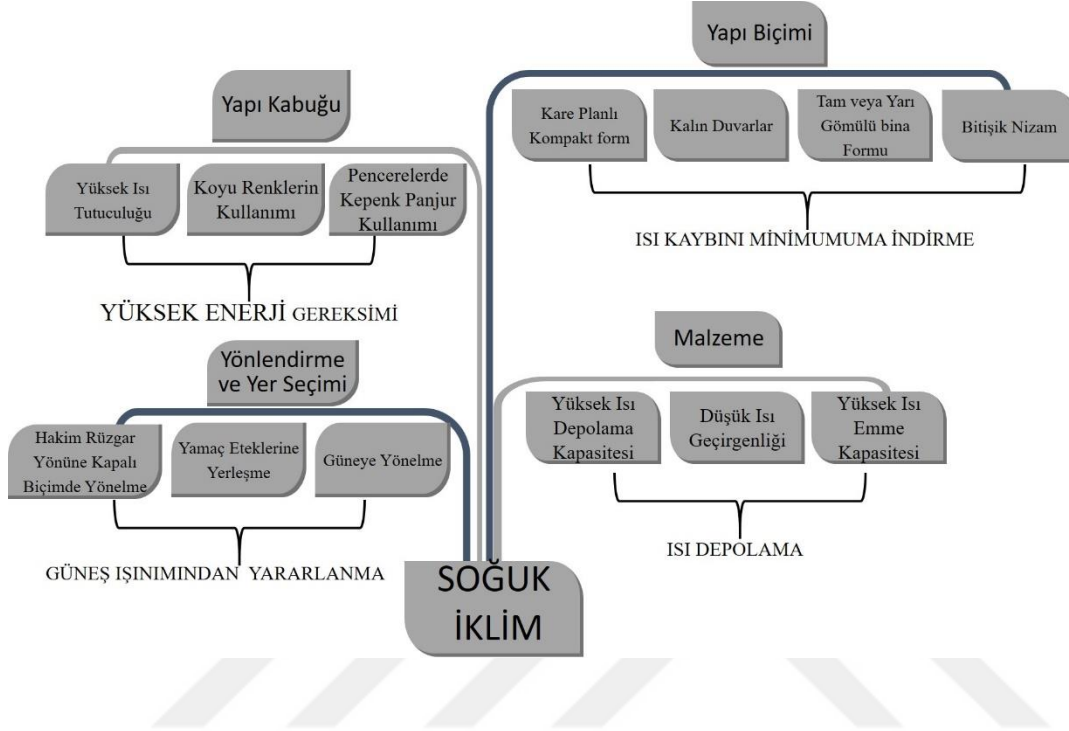
İKLİM TİPİ: SOĞUK İKLİM BASKIN OLAN İKLİMSSEL DÖNEM: SOĞUK DÖNEM İKLİMİN TEMEL ÖZELLİĞİ: Düşük Sıcaklık, Şiddetli Rüzgar ve Yağışlar İKLİMSSEL ÖĞELER: Rüzgar ve Yağışlar SAĞLANMASI GEREKEN KOŞULLAR: Minimum Isı Kaybı, Rüzgardan Korunma, Güneşten Yararlanma			
SAĞLANMASI GEREKEN KOŞULLAR ve İNCELEME ÖLÇÜTLERİ			
YER SEÇİMİ ve TOPOĞRAFYAYA UYUM	YÖNLENDİRME ve YAPI ARALIKLARI	YAPI BİÇİMİ ve İÇ PLANLAMA	YAPI KABUĞU
A-Yerleşmelerin rüzgardan ve soğuktan korunacakları vadiye yakın yamaç eteklerine yerleşmeleri	B-Yapıların rüzgardan korunacak biçimde arka arkaya, bitişik ve yoğun olarak konumlandırılması	D-Yapı biçiminin doğru seçimi ve boyutlandırılması ile iç mekanlarda ısısal konforun sağlanması	E-Yapı kabuğu ile iç mekan ısısal konforun minimum yapma enerjiyle sağlanması
	İNCELEME ÖLÇÜTLERİ B1-Yapı ve yapı grupları ile güneş ve hakim rüzgar yönü ilişkisi * Yapıların hakim rüzgara kapalı biçimde yönelen yapılması *Yapıların birbirinin güneşini engellememesi	İNCELEME ÖLÇÜTLERİ D1-Minimum ısı kaybına yönelik optimum biçimin belirlenmesi * Yapı boyuları arasındaki oranın 1x1,1 yada kabul edilebilir sınırın 1x1,3 olarak önerildiği, kareye yakın plan tipli, yüzey alanı minimum biçimlerin tercih edilmesi	İNCELEME ÖLÇÜTLERİ E1-Yapı kabuğunun soğuk dönemde ısıtma yüklerinin azaltılmasına yönelik tasarımı *Kabuğun ısı kapasitesinin yüksek olması,yoğuşmanın engellenmesi *Güney cephesindeki saydam alanların soğuk dönemde ısı kazancı sağlaması açısından geniş tutulup, diğer yöndeki saydam alanların ısı kayıplarını azaltmak amacıyla küçültülmesi *Kuzey cephesinde soğuğa karşı ek yalıtım yapılması
	C-Yapıların güneşten yararlanacak biçimde yönlendirilmesi	D2-Kat yükseklikleri * Taşınım yoluyla ısı alışverişinin en aza inmesi sebebiyle tavan yüksekliklerinin az olması	
	İNCELEME ÖLÇÜTLERİ C1-Yapıların ana cephelerinin baktığı yön * Yapıların ana cephelerinin güneş ışınımından yararlanma açısından güneye yönlendirilmesi ve hakim rüzgara kapanması		F-Rüzgara karşı korunmanın sağlanması
			İNCELEME ÖLÇÜTLERİ F1-Ek elemanların kullanımı * Pencerelerde rüzgar denetimi sağlayacak, gerektiğinde güneşten yararlanmaya olanak verecek panjur, kepenk gibi öğelerin tasarımı

4.2. Dönüşüm Diyagramı

Tanımlanan probleme yönelik biyomimikri tasarım yönteminde çözüm sunma aşamasında ilk olarak yapılacak elemanın iklimsel faktörlerinin belirlenmiş ve tasarım için anahtar kavramlar üretilmiştir (Çizelge 4.3). Tasarımda öncül dört anahtar kavram; yüksek enerji

gereksinimi, ısı kaybını minimuma indirme, ısı depolama ve güneş ışınlımından maksimum yararlanma şeklindedir.

Çizelge 4.4. Anahtar kavram diyagramı



Cephe bileşen tasarımıındaki problemlere odaklanmak üzere oluşturulan bu anahtar kavramların çözümleri için doğadaki sistemlerden incelenmiştir. Esinlenecek esin kaynaklarının keşfetme aşamasına geçilmiştir. Doğa da kutup ayısının kutup bölgelerinde yaşayabilmek için vücut ısını koruması, kertenkelelerin yüksek sıcaklıkta iç ortam sıcaklıklarını korumaları, kuşlar ve ördeklerin bacaklarındaki atardamarlar ve damarlar arasındaki ters akımla ısı değişimi yapması, birçok memeli ve kuşların tüyleriyle cilde yakın tabaka ile ısı transferini kontrol etmesi örnekleri incelenmiştir (Avinç ve Selçuk, 2018).

4.3. Alan Çalışması 1:

4.3.1. Biyomimikri esin kaynağının tanımlanması, keşfetme

İlk alan çalışmasında ısı depolama ve güneş ışınlımından maksimum yararlanmaya yönelik esin kaynakları olarak kutup ayısı ve alpina buttercup (Alplerin düğün çiçeği) seçilmiştir.

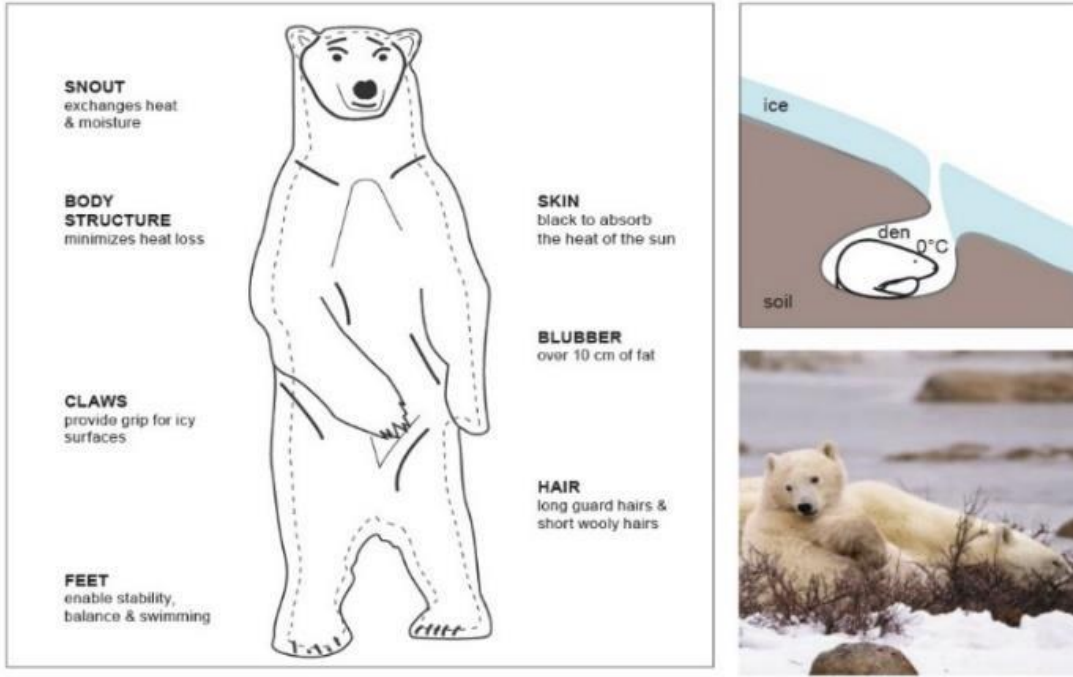
Kutup ayısı (*Ursus maritimus*)

Dünya genelinde sekiz türün en büyüğü ve tamamen beyaz olanıdır (Resim 4.1). Türleri içinde özellikleri bakımından farklı olan kutup ayısı, ekolojik olarak tek deniz ayısıdır (Mazzoleni, 2013). Deniz memelileri olarak kabul edilmektedirler. Habitat alanı Kuzey kutbunu çevreleyen kutup bölgesini çevresini kapsamaktadır. Arktik okyanusu, Grönland ve İzlanda'nın güney buz kütleleri ve çevresindeki kıyı alanlarda bulunmaktadır. Kutup ayısı, buzun eridiği ve donduğu zamanlarda kuzey ve güney yönünde 1 000 kilometreye kadar yer değiştirebilmektedir. Genellikle avlanma yapabilmek için buzulların kırılarak tekrardan donduğu basınç sırtlarını ve buz kenarları tercih ederler. Yaz aylarında, karadaki buzun bulunduğu adalarda veya kıyı şeridinde kalabilir, buz akışlarında sürüklenebilir veya ılık havaya maruz kalmaya zorlandıkları bir karada yaşamlarını sürdürebilmektedir (URL-41, 2019).



Resim 4.1. Kutup ayısı (Mazzoleni, 2013)

Tipik olarak omuzlarının kambur olmaması dışında kahverengi ayıya benzemektedir. Vücut tıknaz ve büyük, boyun kısmı ise vücudun geri kalan kısmına göre uzundur. Erkek ayıların boyu burun ucundan kuyruk ucuna kadar 200-250 cm ölçülmektedir. Ağırlıkları 400-600 kg arasındadır ve yetişkin erkek ayılarda bu 800 kg kadar ulaşabilmektedir. Dişi ayılar erkek ayılara göre daha küçüktür. Boyları 180-200 cm uzunluğunda ve 200-350 kg ağırlığındadır. Hamile oldukları dönemde ağırlıkları 500 kg aşabilmektedir Farklı coğrafi bölgelerde boyutları da farklılık göstermektedir (Stirling, 2009).

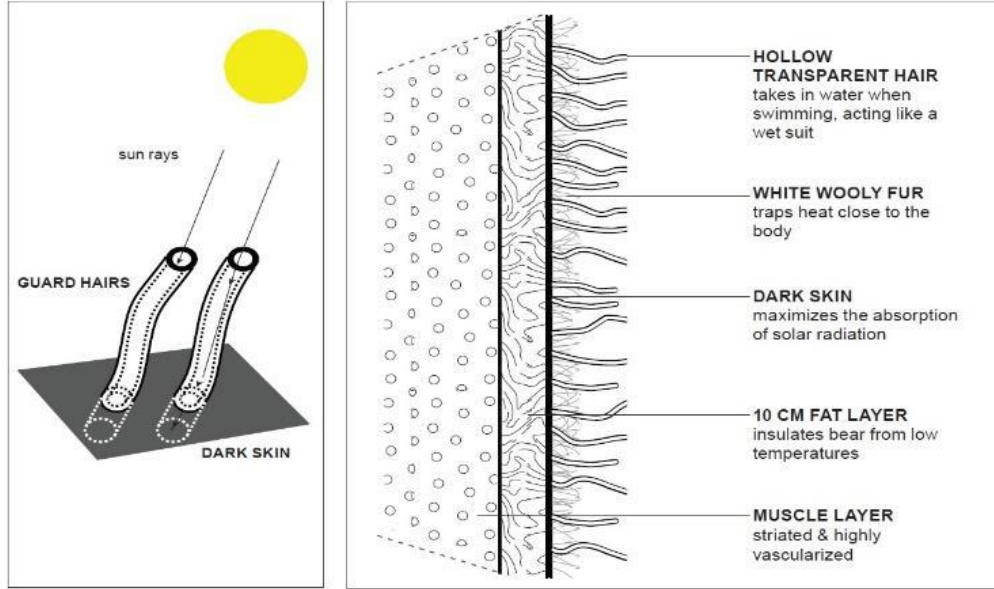


Şekil 4.7. Kutup ayısı ana özellikleri (Mazzoleni, 2013)

Kutup ayıları, zemini kazarak oluşturdukları kış bankalarında kış uykusuna yatmaktadırlar (Şekil 4.7). Yazın, deniz buzu üzerinde uzun mesafeler dolaşabilmektedir. Büyük geniş ve keskin pençeleri kar üzerinde yürürken kar ayakkabısı görevi görürken aynı zamanda yüzerken kürek görevini görmektedir (Mazzoleni, 2013).

Memeliler gibi endotermik bir tür olan kutup ayısı metabolizması için gerekli olan ısıyı kendisi üretmektedir. Büyük vücut yapısının yani sıra kısa uzuvlar ve kulaklar yüzey alanı azaltmaktadır. Böylelikle vücut hacim oranı vücut ısını kaybetmeyi önlemektedir. Düşük sıcaklıklarda korunan vücut ısının fazla olması sorun oluşturmakta ve yüzme, karda sürtünme yöntemleri ile fazla ısı düşürülerek vücut ısı sabit tutulmaktadır. Kuzey kutbunda ortalama sıcaklık -45°C ulaşabilmektedir. Kalın kürk ve yağ tabakası sert kutup soğuklarına karşı birincil yalıtım aracıdır. Dışarıdan ayak tabanları da dâhil olmak üzere kalın, beyaz bir kürkle kaplanmıştır. Kürk katmanı kalınlığı nedeniyle kızılötesi kameralarından fark edilmesi zordur. Kürk iki katmandan oluşmaktadır. Yoğun beyaz alt kürk, cilde yakın sıcak havayı hapsetmekte, buz ve suyla teması engellemektedir. Kamuflej görevini gören pigmentlerin bulunmadığı dış tabaka koruyucu, daha uzun içi boş ve şeffaftır. Fiber optik özellik gösteren bu şeffaf pigmentler güneş ışınlarını hapsederek iletmede ve cildin ısıtılmasını sağlamaktadır (Şekil 4.8). Yaz aylarında deri altındaki hipodermis yağ tabakası

erimektedir. Siyah kürk gibi özellikler gösteren burun ve dil gibi alanlar ile güneş ışınımı emilmesi sağlanarak enerji sağlanmakta ve pasif ısı kaybı önlenmektedir (Mazzoleni, 2013).



Şekil 4.8. Kutup ayısının kürk yapısı (Mazzoleni, 2013)

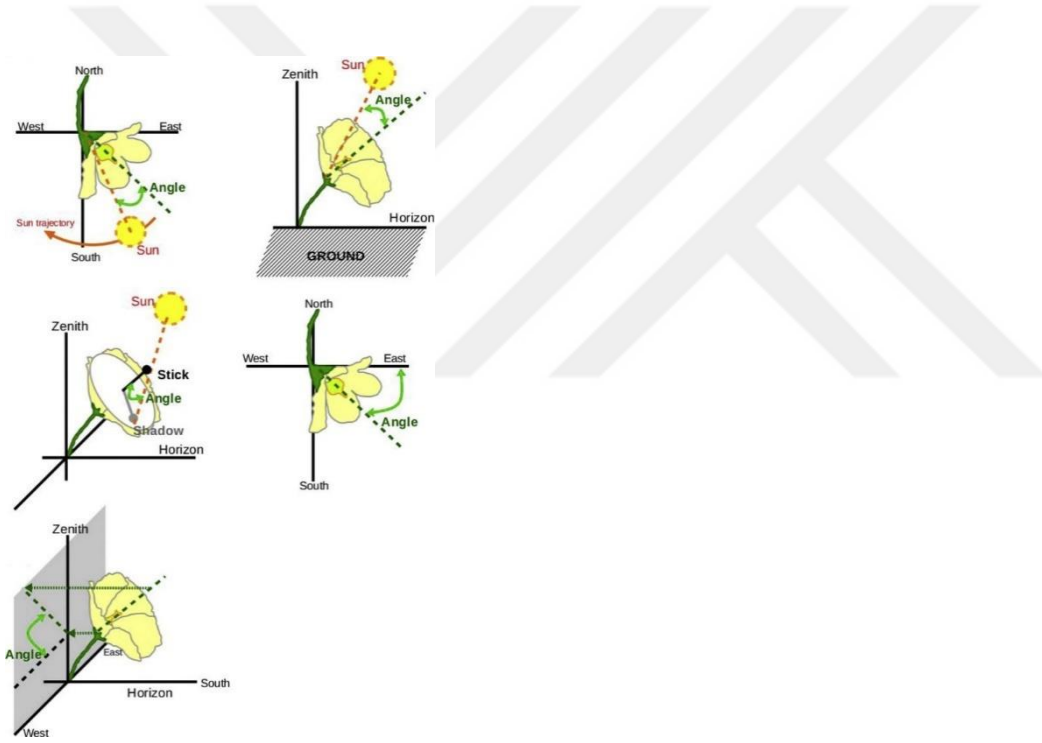
Alpine buttercup (Alplerin düğünçiçeği)

Ranunculus acraeus türüne ait olan alpine buttercup Yeni Zelanda bulunan bir çeşit endemik bitki türüdür (Resim 4.2). Bu nedenle coğrafi konumu koruma altına alınmıştır. 1500 metre yüksekliğe kadar dağların kayalıklarında bulunmaktadır. Düğünçiçeği daha düşük yüksekliklerde iyi büyüyememekte ve ölmektedir. Bitki yaklaşık 50 cm büyür ve parlak sarı renklerle kaplıdır (URL-7, 2019).



Resim 4.2. Alpine buttercup (Alplerin düğün çiçeği) (URL-42, 2020)

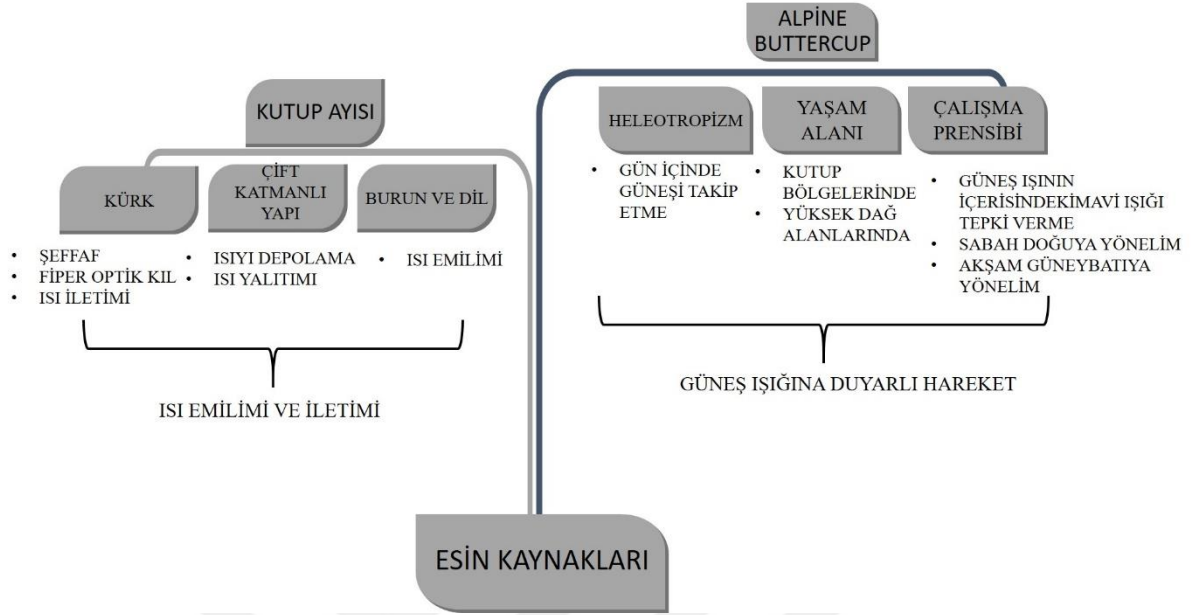
Düğünçiçeği yetiştiği bölgenin şartlarından dolayı heliotropizm hareketi yapmaktadır. Tropizma biçimi olan Heliotropizm bitkilerin yaprakları veya çiçekleriyle gün içinde güneşi takip etme eylemi olarak adlandırılmaktadır. Fototropizma olarak da bilinmesine rağmen fototropizma hareketinde sabit bir ışık kaynağına yönelim söz konusudur. Genellikle kutup bölgesinde yetişen çiçekler ve yüksek dağ çiçeklerinde görülmektedir. Bunun sebebi soğuk ortamda barınmaya çalışan çiçeğin güneş ışınlarını takip ederek ısınıp ısıtımaya çalışmasıdır (Şekil 4.9). İzleme hareketiyle sıcaklığını ortalama 3 - 8 °C artırmaktadır. Heliotropik kar bitkileri, güneş ışının içerisindeki mavi ışığa tepki göstermekte ve sabahın ilk ışıklarıyla doğuya, akşamüstü de güneybatıya doğru yönelmektedir (Sherry and Galen, 1998).



Şekil 4.9. Heliotropik hareket (Serrano, ve diğerleri, 2018)

Biyomimetrik araştırma sonucunda kutup ayısı ve alpine buttercup çözüm ortağı ve fonksiyonu açısından esin kaynağı olarak seçilmiştir. Kutup ayısı için belirlenen kürk, çift katmanlı yapı ve burun-dil anahtar kavramlarının yapı özellikleri ısı emilimi-iletimi ve depolama yeteneği kazandırmıştır. Alpine buttercup için belirlenen heliotropizm, yaşam alanı ve çalışma prensibi anahtar kavramlarının yapı özellikleri ise güneş ışığına duyarlı hareket etme yeteneği kazandırmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.5. Tasarım önerisi 1: esin kaynağı anahtar kavram diyagramı

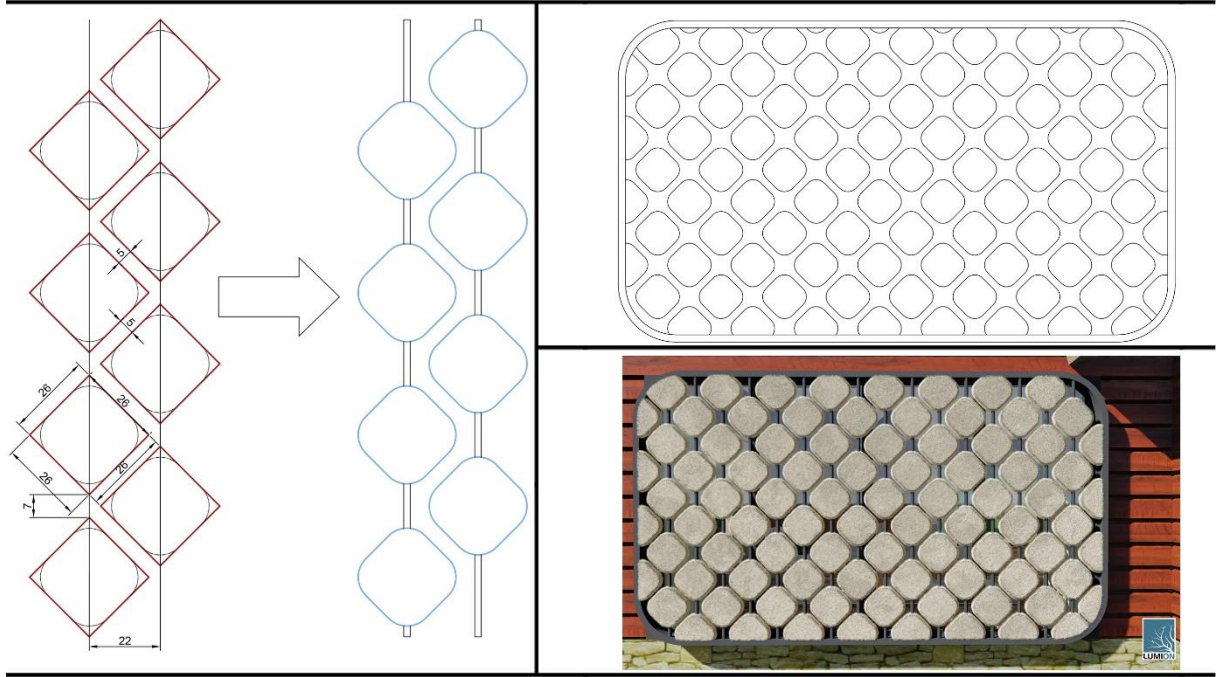


4.3.2. Benzetme

Kutup ayısının kutup bölgesinde ihtiyacı olan ısı ihtiyacını karşılama şekliyle alpine butturcup çiçeğinin güneş ışığına karşı duyarlı hareket etme yöntemleri bio-esin kaynağı olarak soyutlanarak, belirlenmiş tasarım problemine çözüm üretilmiştir. Organizmanın davranışlar düzeyinden keşfedilerek problemin çözümüne yönelik interaktif bir cephe bileşen tasarım önerisidir.

Form ve cephe düzeni

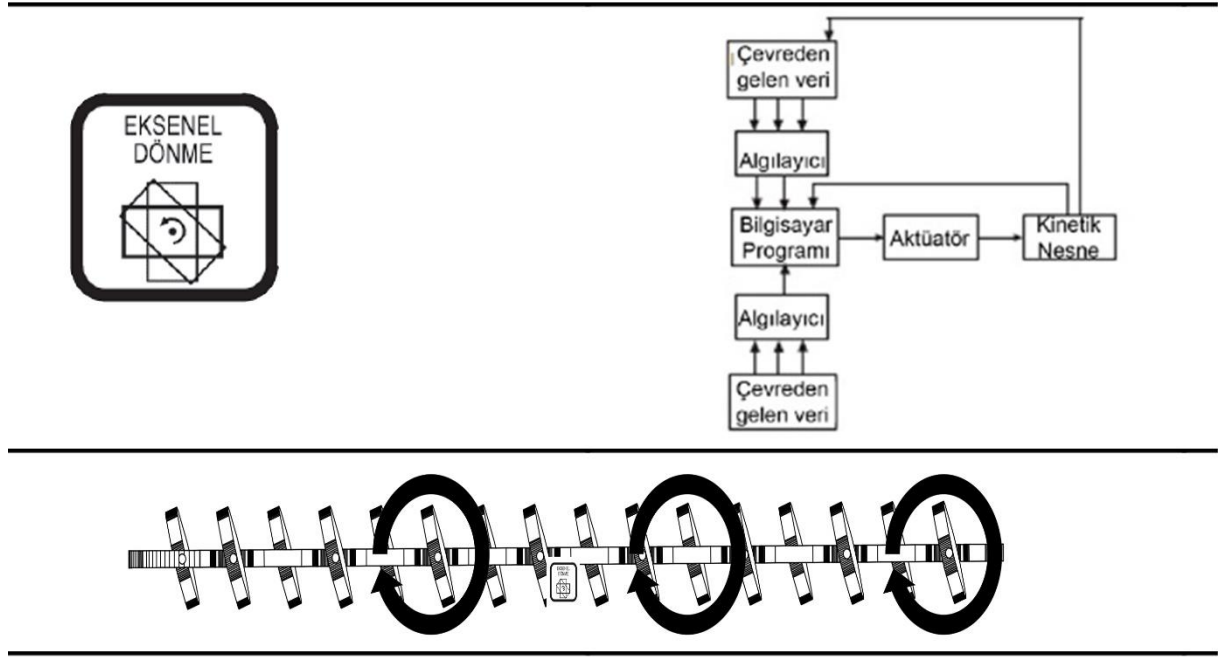
26x26 kare form köşegenlerinden çizilen bir düşey hat üzerine 7 cm aralıklarla yerleştirilmiştir. Oluşturulan birinci modülün 22 cm uzaklığında ikinci bir yatay eksen çizilerek yine aynı boyutlardaki kare formlar yerleştirilmiştir. Yerleştirme işlemi modüldeki kare formların kenarlarında 5 cm uzaklığında olacak şekilde yerleştirilmiştir. Kalınlığı 5 cm olan modüllerin tam kapalı durumda olduğu zamanlarda da gün ışığını belli oranda alabilmek için köşelerinden yuvarlanarak belirli bir açıklık oluşturulmuştur. Ağırlık merkezinden çizilen düşey hatta içi boş alüminyum taşıyıcılar yerleştirilmiştir (Şekil 4.10). Oluşturulan iki modül, sınırsız uzunlukta ve genişlikler de artırılabilmesi sayesinde istenilen yüzeylerde uygulanabilmektedir.



Şekil 4.10. Tasarım önerisi 1: form ve cephe düzeni

Hareket

Sistemin hareket kabiliyeti, Alpine buttercup çiçeğinin hareket yeteneğinin ilham kaynağı olmasıyla elde edilmiştir. Sistemin heliotropizm hareketine benzer biçimde gün içinde güneş ışığını takip ederek eksenel dönme hareketi yapmasına karar verilmiştir (Şekil 4.12). İnteraktif cephe bileşeninin hareket şekli tepkisel dolaylı kontrol diyagramlı eksenel dönme şeklindedir (Şekil 4.11). Güneş ışınlarına duyarlı algılayıcılar topladıkları verileri bilgisayara ileterek sistemin hareket etmesine yardımcı olmaktadır. Bağımsız her modülün üst kısmına yerleştirilen aktüatörler 0° - 180° ler arasında dönme hareketi yapmaktadır. İnteraktif bir şekilde akıllı, bilgisayarlı kontrol edilebilen sistem manuel olarak da kontrol edilebilmektedir.



Şekil 4.11. Tasarım önerisi 1: eksenel dönme hareketi ve tepkisel dolaylı kontrol diyagramı

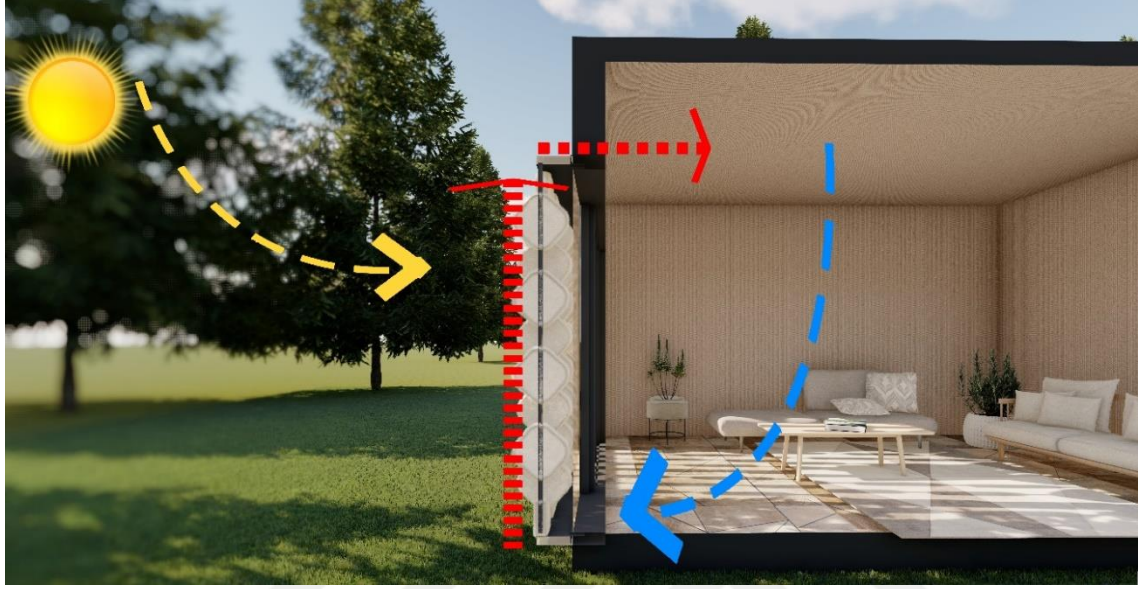


Şekil 4.12. Tasarım önerisi 1: kapalı ve açık konumdaki cephe bileşeni

Malzeme ve performans

Güneş ışığına göre eksenel dönme hareketi yaparak güneş ışığını yapı içerisine doğrudan alacak şekilde dönen cephe elemanı, iki katmanlı yapısı sayesinde güneş ışınlarını toplayarak ısıtılan hava yapı içine aktarılmaktadır. En dış Fiber optik elastik tüpler yüzeysel alanı artırarak daha fazla ısı Emilimi sağlamaktadır. İkinci alt katman fiber optik tüpler içindeki güneş ışınları, yutucu plaka tarafından yutularak ısıya dönüştürülür ve sistemde dolaşan havaya aktarılır. Yutucu plaka, ışınları yutması için koyu bir renkle boyanmıştır. Isı Emilimiyle elde edilen sıcak hava, elastik özelliğiyle kolay şekil verilebilen ve ısı yalıtımı özelliği sayesinde termal köprü oluşturmayan galvaniz çelikten yapılmış dikey termal

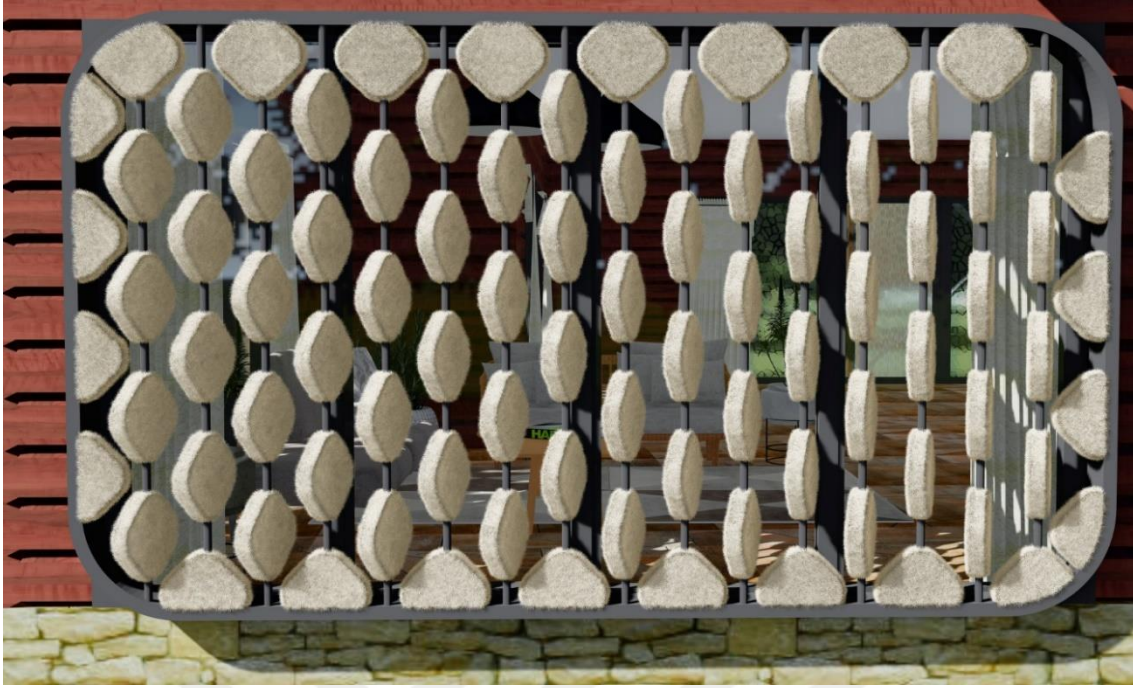
labirent yardımıyla yapının üst tarafından yapı içerisine alınarak yapının ihtiyacı olan ısı gereksinimi de karşılanmıştır. Soğuyan hava yapının alt tarafından tekrar döngüye katılarak yapının pasif ısıtılması sağlanmaktadır (Şekil 4.13)..



Şekil 4.13. Tasarımın pasif ısıtma şeması



Şekil 4.14. Fiber optik özellikli elastik tüplü modül



Şekil 4.15. Eksenel dönme hareketi yapmış cephe bileşenin iç mekândan görüntüsü



Şekil 4.16. Açık konumdaki cephe bileşeni

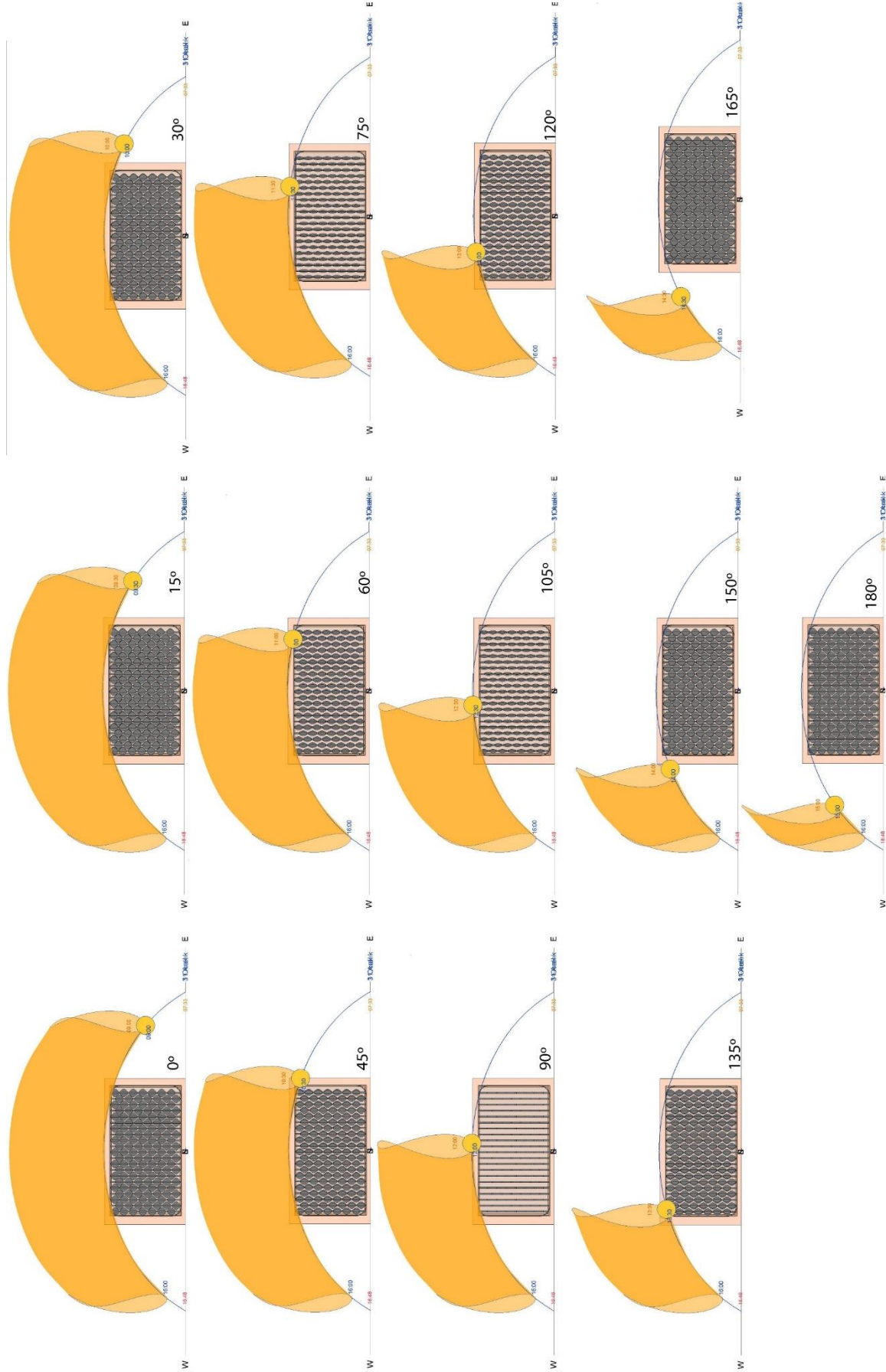
Güneş ışınlarını takip eden biyomimikri destekli interaktif cephe bileşen tasarım önerisi güneş ışığını kontrollü olarak yapıya almış, fiber optik tüpler sayesinde depoladığı güneş ışınlarını mekân ısıtması için pasif sistemde kullanmıştır. Isı kaybını minimuma indirerek, iç ve dış mekânlar arası ısı iletimini engellemiş ve aynı zamanda güneş ışınlarından

yararlanarak yaptığı pasif ısıtma ile mekân için gerekli ısı konfor koşullarının oluşmasını sağlamıştır.

4.3.3. Değerlendirme

Analiz için revitte tasarlanan birinci interaktif cephe bileşeninin hareket yeteneği dynamo yazılımında algoritması tanımlanarak oluşturulmuştur (Şekil 4.17). Gün içinde 09:00-15:00 saatleri arasında hareket edecek şekilde 0° ve 180° arasında dönüş açıları tanımlanmıştır (Şekil 4.18). Güneş ışığını takip eden interaktif cephe bileşeninin gün ışığı analizinde en iyi sonucu elde etmek amacıyla İlkbahar, Yaz, Sonbahar, Kış mevsimlerinde ayrı ayrı değerlendirme yapılmıştır. Gün ışığı performans değerlendirmesi, 60° , 90° ve 120° 'lik konumlarda yapılmıştır. Saat 11:00'de 60° açılı konumda (yarı açık konum), saat 12:00'de 90° açılı konumda (tam açık konum) ve saat 13:00'te 120° açılı konumda (yarı açık konum) bulunduğu zaman dilimlerinde yapılan analizlerin değerleri üzerinden değerlendirilmiştir.

Illuminance Analysis serbest çalışma imkânı sağladığı için analiz türü olarak tercih edilmiştir. Standart eşik değeri olarak 300-3000 Lux değerleri kullanılmıştır. Analiz düzlemi yüksekliği ise 32 cm. olarak standart ölçü kullanılmıştır.



Şekil 4.18. İnteraktif cephe bileşeninin gün içindeki güneşe göre hareket diyagramı

Mevsimlerin başlangıç tarihlerinde (İlkbahar-20 Mart, Yaz-21 Haziran, Sonbahar-22 Eylül, Kış-21 Aralık) yapılan gün ışığı analizlerinde hem cephe elemanının kullanılmadığı hem de interaktif cephe bileşeninin kullanıldığı durumlarda referans odadaki gün ışığı eşik değerleri ve lux değerleri ölçülmüştür (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.6. 60 derece açılı konumda bulunan birinci interaktif cephe bileşeninin gün ışığı değerleri

	CEPHE ELAMINI KULLANILMAYAN					60° AÇILI KONUMDA BULUNAN İNTER AKTİF CEPHE BİLEŞENİ				
	EŞİK ALTINDA	EŞİK İÇİNDE	EŞİK ÜZERİNDE	EN DÜŞÜK LUX DEĞERİ	EN YÜKSEK LUX DEĞERİ	EŞİK ALTINDA	EŞİK İÇİNDE	EŞİK ÜZERİNDE	EN DÜŞÜK LUX DEĞERİ	EN YÜKSEK LUX DEĞERİ
İLKBAHAR 20 Mart	-	-	%100	3718	6000	-	%80	%20	984	6000
YAZ 21 Haziran	-	%45	%55	1756	6000	-	%98	%2	511	4915
SONBAHAR 22 Eylül	-	-	%100	3843	6000	-	%81	%19	1005	6000
KIŞ 21 Aralık	-	-	%100	6000	6000	-	%48	%52	1683	6000

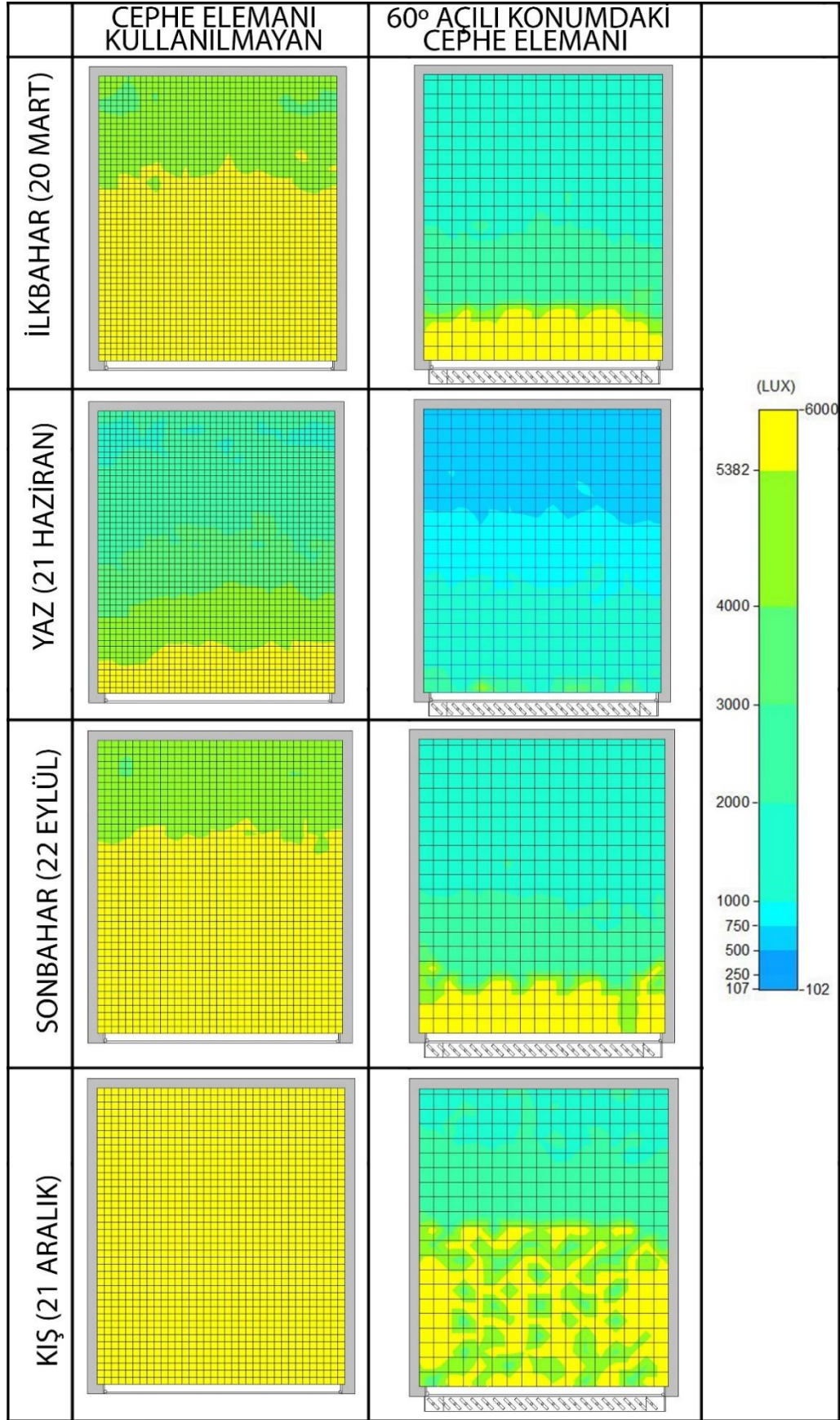
İlk olarak 60° açılı konumda bulunan interaktif cephe bileşeninin analizleri yapılmıştır. 20 Mart tarihinde saat 11:00'de yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 3 718 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %100 olarak ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşeninin 60° açılı konumundaki en düşük lux değeri 984 ve en yüksek lux değeri 6 000 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan azalarak %20 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri aralığındaki alan artarak %80 ölçülmüş ve gün ışığı kontrolü sağlanmıştır.

21 Haziran tarihinde saat 11:00'de yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 1 756 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %55 ve eşik değeri aralığındaki alan %45 olarak ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşeninin 60° açılı konumundaki en düşük lux değeri 511 ve en yüksek lux değeri 4 915 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan azalarak %2 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri aralığındaki alan artarak %98 ölçülmüş ve gün ışığı kontrolü sağlanmıştır.

22 Eylül tarihinde saat 11:00'de yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde ise cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 3 843 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %100 olarak ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşeninin 60° açılı konumundaki en düşük lux değeri 1 005 ve en yüksek lux değeri 6 000 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan azalarak %19 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri aralığındaki alan artarak %81 ölçülmüş ve gün ışığı kontrolü sağlanmıştır.

21 Aralık tarihinde saat 11:00'de yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %100 olarak ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşeninin 60° açılı konumundaki en düşük lux değeri 1 683 ve en yüksek lux değeri 6 000 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan azalarak %52 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri aralığındaki alan artarak %48 ölçülmüş ve gün ışığı kontrolü sağlanmıştır.

İnteraktif cephe bileşenin kullanılmasıyla birlikte referans oda düzlemindeki aydınlık düzeylerinde görülen kamaşma düzeyleri azaltılarak eşik değeri aralığına çekilmiştir (Şekil 4.19). 60° açılı konumdaki cephe bileşeniyle birlikte gün ışığı performans değerlerinde net şekilde gözle görülebilir bir iyileşme sağlanmıştır.



Şekil 4.19. 60 derece açılı konumda bulunan birinci interaktif cephe bileşeninin referans oda düzlemindeki aydınlık düzeyleri

Çizelge 4.7. 90 derece açılı konumda bulunan birinci interaktif cephe bileşenin gün ışığı değerleri

	CEPHE ELAMINI KULLANILMAYAN					90° AÇILI KONUMDA BULUNAN İNTER AKTİF CEPHE BİLEŞENİ				
	EŞİK ALTINDA	EŞİK İÇİNDE	EŞİK ÜZERİNDE	EN DÜŞÜK LUX DEĞERİ	EN YÜKSEK LUX DEĞERİ	EŞİK ALTINDA	EŞİK İÇİNDE	EŞİK ÜZERİNDE	EN DÜŞÜK LUX DEĞERİ	EN YÜKSEK LUX DEĞERİ
İLKBAHAR 20 Mart	-	-	100%	3526	6000	-	%35	%65	1961	6000
YAZ 21 Haziran	-	%51	%49	1627	6000	-	%98	%2	634	4863
SONBAHAR 22 Eylül	-	-	%100	3385	6000	-	%72	%28	1211	6000
KIŞ 21 Aralık	-	-	%100	5765	6000	-	-	%100	3150	6000

İkinci olarak 90° açılı konumda bulunan interaktif cephe bileşenin analizleri yapılmıştır (Çizelge 4.6). 20 Mart tarihinde saat 12:00'de yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 3 526 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %100 olarak ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşenin 90° açılı konumundaki en düşük lux değeri 1 961 ve en yüksek lux değeri 6 000 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan azalarak %65 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri aralığındaki alan artarak %35 ölçülmüş ve gün ışığı kontrolü sağlanmıştır.

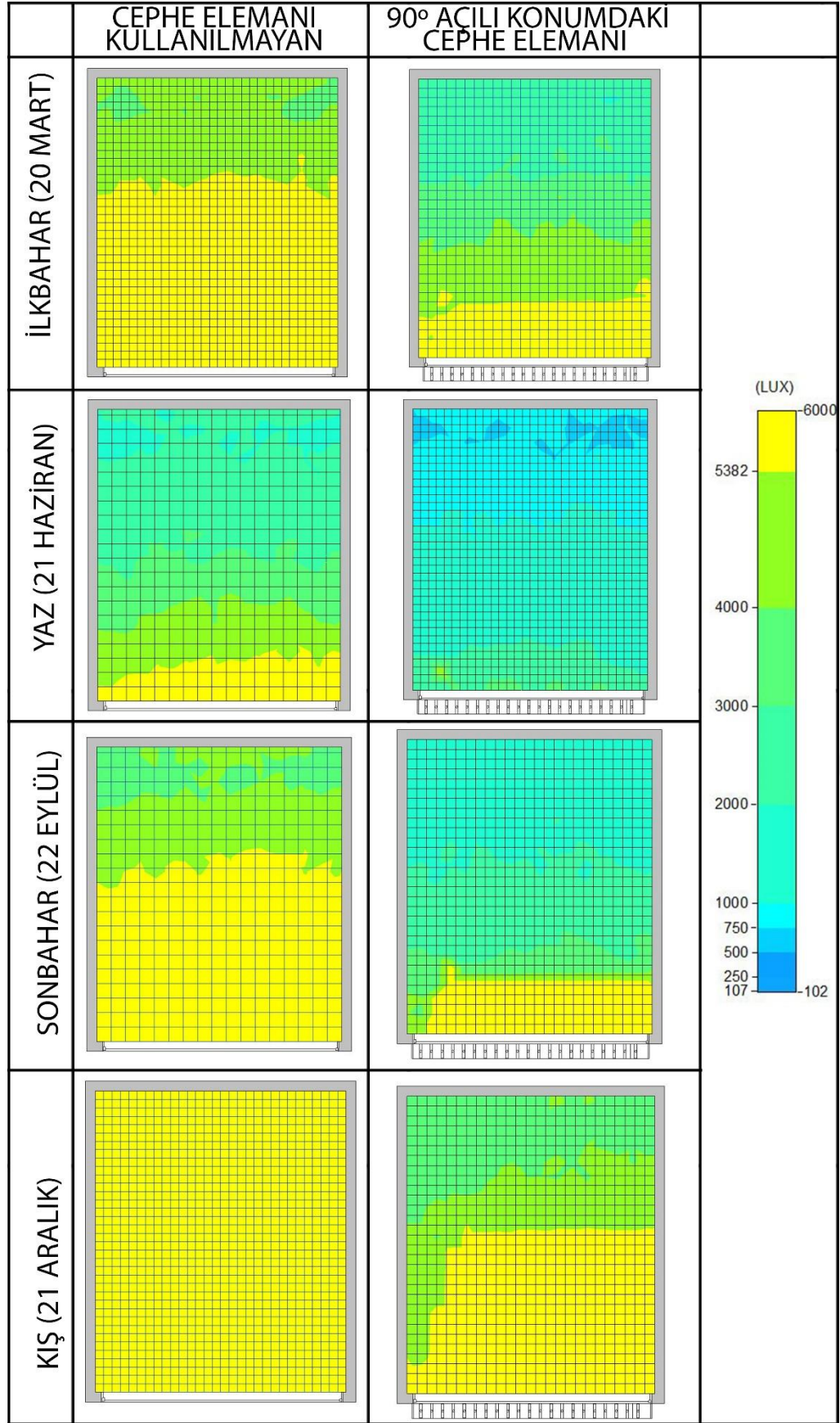
21 Haziran tarihinde saat 12:00'de yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 1 627 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %49 ve eşik değeri aralığındaki alan %51 olarak ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşenin 90° açılı konumundaki en düşük lux değeri 634 ve en yüksek lux değeri 4 863 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan azalarak %2 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri aralığındaki alan artarak %98 ölçülmüş ve gün ışığı kontrolü sağlanmıştır.

22 Eylül tarihinde saat 12:00'de yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 3 385 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %100 olarak ölçülmüştür. İnteraktif cephe

bileşeninin 90° açılı konumundaki en düşük lux değeri 1 211 ve en yüksek lux değeri 6 000 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan azalarak %28 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri aralığındaki alan artarak %72 ölçülmüş ve gün ışığı kontrolü sağlanmıştır.

21 Aralık tarihinde saat 12:00'de yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 5 765 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %100 olarak ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşeninin 90° açılı konumundaki en düşük lux değeri 3 150 ve en yüksek lux değeri 6 000 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan %100 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan değişmezken lux değeri düşmüştür.

İnteraktif cephe bileşenin kullanılmasıyla birlikte referans oda düzlemindeki aydınlık düzeylerinde görülen kamaşma düzeyleri azaltılarak belli tarihlerde eşik değeri aralığına çekilmiştir (Şekil 4.20). 21 Aralık tarihinde eşik değeri aralığında alan elde edilememiştir. Referans oda genelinde hâkim olan yüksek lux değeri düşürülerek eşik değeri üst sınırı olan 3 000 lux değerine çekilmiştir. Genel olarak gün ışığı kontrolü sağlanmıştır.



Şekil 4.20. 90 derece açılı konumda bulunan birinci interaktif cephe bileşeninin referans oda düzlemindeki aydınlık düzeyleri

Çizelge 4.8. 120 derece açılı konumda bulunan birinci interaktif cephe bileşenin gün ışığı değerleri

	CEPHE ELAMİNİ KULLANILMAYAN					120°AÇILI KONUMDA BULUNAN İNTER AKTİF CEPHE BİLEŞENİ				
	EŞİK ALTINDA	EŞİK İÇİNDE	EŞİK ÜZERİNDE	EN DÜŞÜK LUX DEĞERİ	EN YÜKSEK LUX DEĞERİ	EŞİK ALTINDA	EŞİK İÇİNDE	EŞİK ÜZERİNDE	EN DÜŞÜK LUX DEĞERİ	EN YÜKSEK LUX DEĞERİ
İLKBAHAR 20 Mart	-	-	100%	3111	6000	-	%61	%39	1488	6000
YAZ 21 Haziran	-	%57	%43	1476	6000	-	%100	-	689	2629
SONBAHAR 22 Eylül	-	-	%100	2969	6000	-	%49	%51	1794	6000
KIŞ 21 Aralık	-	-	%100	4810	6000	-	%39	%61	2077	6000

Üçüncü olarak 120° açılı konumda bulunan interaktif cephe bileşenin analizleri yapılmıştır (Çizelge 4.7). 20 Mart tarihinde saat 13.00'de yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 3 111 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %100 olarak ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşenin 120° açılı konumundaki en düşük lux değeri 1 488 ve en yüksek lux değeri 6 000 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan azalarak %39 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri aralığındaki alan artarak %61 ölçülmüş ve gün ışığı kontrolü sağlanmıştır.

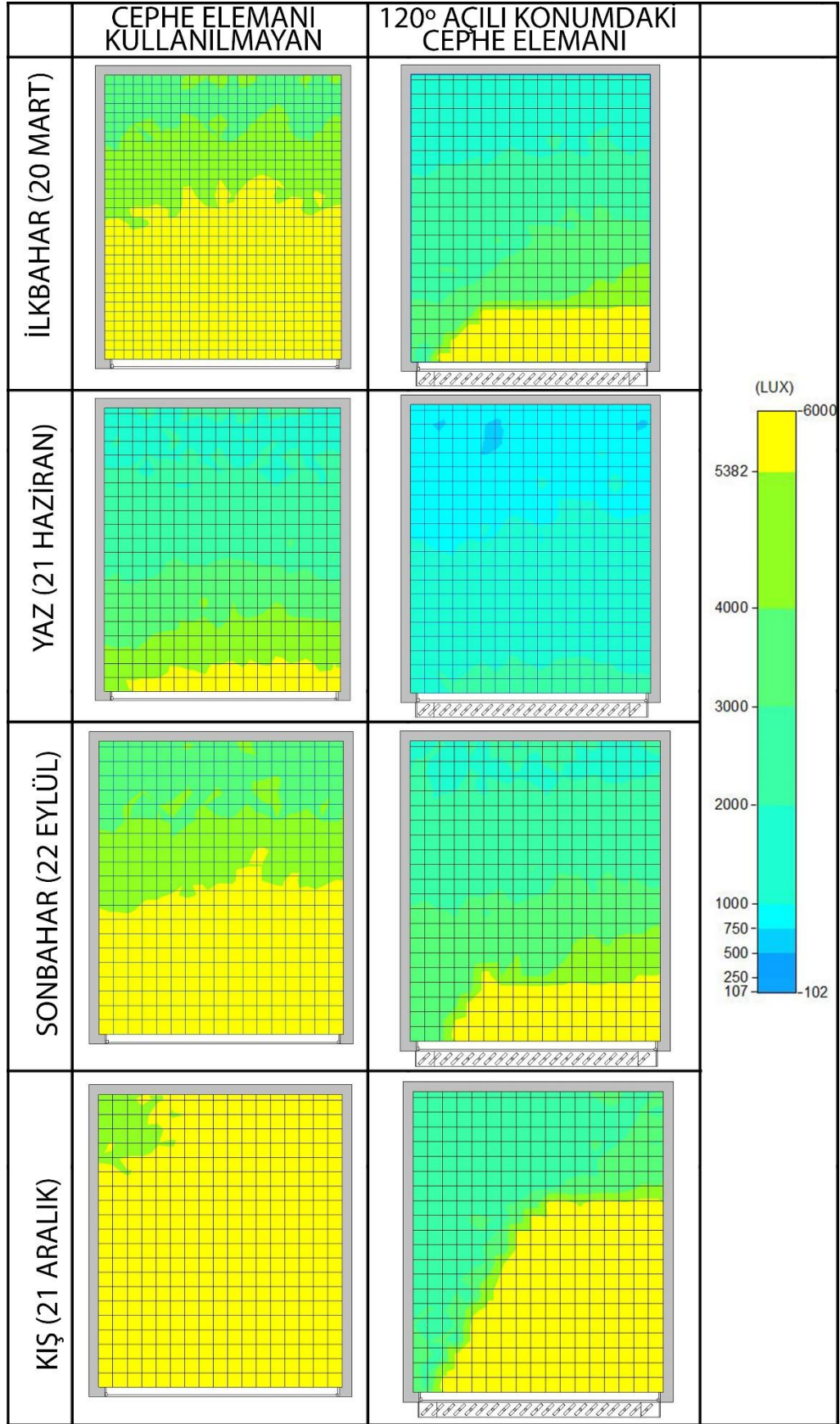
21 Haziran tarihinde saat 13:00'de yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 1 476 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %43 ve eşik değeri aralığındaki alan %57 olarak ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşenin 120° açılı konumundaki en düşük lux değeri 689 ve en yüksek lux değeri 2 629 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan azaltılarak eşik değeri aralığındaki alan artırılmış ve %100 ölçülmüş ve gün ışığı kontrolü sağlanmıştır.

22 Eylül tarihinde saat 13:00'de yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 2 969 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %100 olarak ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşenin 120° açılı konumundaki en düşük lux değeri 1794 ve en yüksek lux değeri 6 000

olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan azalarak %51 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri aralığındaki alan artarak %49 ölçülmüş ve kısmen gün ışığı kontrolü sağlanmıştır.

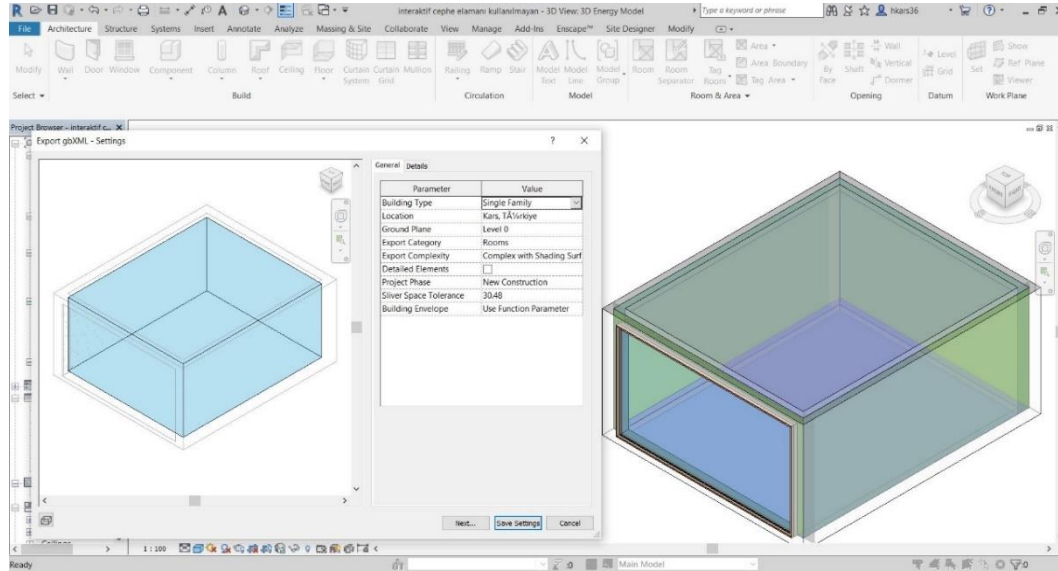
21 Aralık tarihinde saat 13:00'de yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 4 810 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %100 olarak ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşeninin 120° açılı konumundaki en düşük lux değeri 2 077 ve en yüksek lux değeri 6 000 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan azalarak %61 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri aralığındaki alan artarak %39 ölçülmüş ve kısmen gün ışığı kontrolü sağlanmıştır.

İnteraktif cephe bileşenin kullanılmasıyla birlikte referans oda düzlemindeki aydınlık düzeylerinde görülen kamaşma düzeyleri azaltılarak eşik değeri aralığına çekilmiştir. 21 Haziran tarihinde eşik değeri aralığını tamamen sağlayan interaktif cephe bileşeni 22 Eylül ve 21 Aralık tarihlerinde eşik değeri üzerindeki alanlar daha yüksek elde edilmiş olmasına rağmen lux değerleri eşik değeri aralığına çekilmiş ve alan yüzdeleri artmıştır. Genel olarak dört farklı tarihte yapılan gün ışığı performans analizinde güneş ışığını takip eden interaktif cephe bileşeni istenilen düzeyde güneş kontrolü yaparak referans oda düzlemindeki aydınlık seviyeleri elde edilmiştir. Kısmen de olsa eşik değeri aralığındaki düşük oranlar, yapı formu büyüklüğü, modüller arasındaki ölçülerin en uygun düzeye getirilmesiyle birlikte artırılabilceği öngörülmektedir.



Şekil 4.21. 120 derece açılı konumda bulunan birinci interaktif cephe bileşeninin referans oda düzlemindeki aydınlık düzeyleri

Energy Settings sekmesiyle enerji ayarları tanımlanan üç farklı enerji modeli oluşturulmuştur. İlk enerji modeli interaktif cephe bileşeni kullanılmayan referans oda için yapılmıştır (Şekil 4.22).



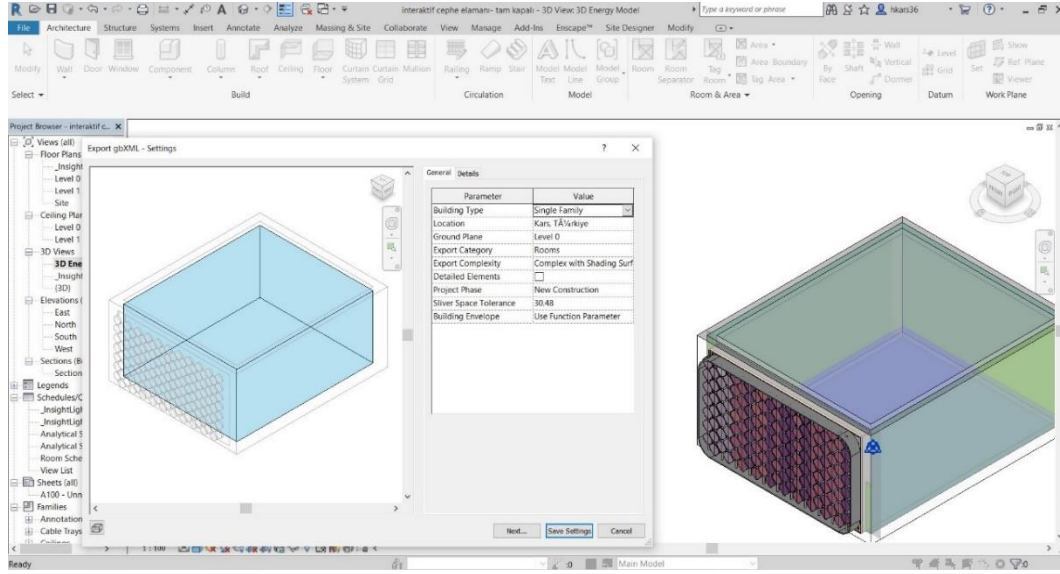
Şekil 4.22. İnteraktif cephe elemanı kullanılmayan referans odaya ait enerji modeli

Yıllık enerji kullanım yoğunluğu $2\,036\text{ MJ/m}^2/\text{yıl}$ olarak hesaplanmıştır. Elektrik için yıllık $2\,655\text{ kWh}$, yakıt için yıllık $56\,088\text{ MJ}$ elde edilmiştir (Şekil.4.23).

Yıllık CO₂ Emisyonları	
Elektrik	0.0 Mg
Yerinde Yakıt	2.8 Mg
Büyük SUV Eşdeğeri	0.3 SUV / Yıl
Yıllık Enerji	
Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI)	2,036 MJ / m ² / yıl
Elektrik	2.655 kWh
Yakıt	56.088 MJ
Yıllık En Yüksek Talep	1.3 kW
Yaşam Döngüsü Enerjisi	
Elektrik	79.647 kW
Yakıt	1.682.654 MJ

Şekil 4.23. İnteraktif cephe elemanı kullanılmayan referans odaya ait enerji analiz sonuçları

İkinci enerji modeli, kapalı konumda (0° - 180°) bulunan interaktif cephe bileşeni için oluşturulmuştur (Şekil 4.24). Cephe elemanı için yıllık enerji kullanım yoğunluğu azalarak $1\,947\text{ MJ/m}^2/\text{yıl}$ olarak hesaplanmıştır.



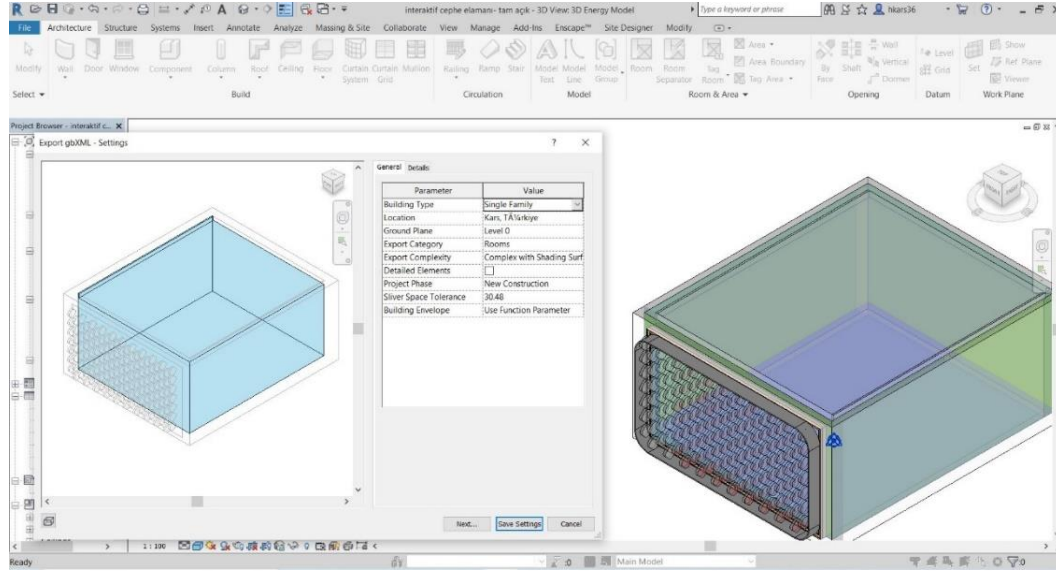
Şekil 4.24. Kapalı konumda (0° - 180°) bulunan birinci interaktif cephe bileşenine ait enerji modeli

Azalan diğer iki değer ise elektrik için yıllık 2 316 kWh, yakıt için yıllık 54 422 MJ olarak ölçülmüştür (Şekil 4.25). Yıllık enerji maliyetinde yaklaşık olarak %6 tasarruf sağlanmıştır.

Yıllık CO ₂ Emisyonları	
Elektrik	0.0 Mg
Yerinde Yakıt	2,7 Mg
Büyük SUV Eşdeğeri	0.3 SUV / Yıl
Yıllık Enerji	
Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI)	1.947 MJ / m ² / yıl
Elektrik	2.316 kWh
Yakıt	54.422 MJ
Yıllık En Yüksek Talep	0,9 kW
Yaşam Döngüsü Enerjisi	
Elektrik	69.473 kW
Yakıt	1.632.648 MJ

Şekil 4.25. Kapalı konumda (0° - 180°) bulunan birinci interaktif cephe bileşenine ait enerji analiz sonuçları

Üçüncü enerji modeli, tam açık konumda (90°) bulunan interaktif cephe elemanı için oluşturulmuştur (Şekil 4.26). Cephe elemanı için yıllık enerji kullanım yoğunluğu artarak 2 047 MJ/m²/yıl olarak hesaplanmıştır. Yıllık enerji kullanım yoğunluğunun artmasına rağmen yıllık enerji ve yakıt miktarları azalmış ve yıllık enerji maliyeti düşmüştür.



Şekil 4.26. Açık konumda (90°) bulunan birinci interaktif cephe bileşenine ait enerji modeli

Elektrik için yıllık 2 011 kWh, yakıt için yıllık 53 941 MJ olarak ölçülmüştür (Şekil 4.27). Genel olarak yıllık enerji maliyetinde Yıllık enerji maliyetinde yaklaşık olarak %10 enerji tasarrufu sağlanmıştır. Pasif ısıtma sisteminin de sisteme dâhil edilmesiyle birlikte ısı depolama yapabilen, güneş ışınımından maksimumum yararlanabilen, ısı kaybını minimuma indiren ve yüksek enerji gereksinimini ihtiyacını en etkin şekilde enerji verimliliğiyle karşılayabilen interaktif bir cephe bileşen tasarımı elde edilmiştir.

Yıllık CO ₂ Emisyonları	
Elektrik	0.0 Mg
Yerinde Yakıt	2,7 Mg
Büyük SUV Eşdeğeri	0.3 SUV / Yıl
Yıllık Enerji	
Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI)	2,047 MJ / m ² / yıl
Elektrik	2.011 kWh
Yakıt	53.941 MJ
Yıllık En Yüksek Talep	0,5 kW
Yaşam Döngüsü Enerjisi	
Elektrik	60.324 kW
Yakıt	1.618.231 MJ

Şekil 4.27. Açık konumda (90°) bulunan birinci interaktif cephe bileşenine ait enerji analiz sonuçları

4.4.Alan Çalışması 2:

4.4.1.Biyomimikri esin kaynağının tanımlanması, keşfetme

İkinci alan çalışmasında yüksek enerji gereksinimini azaltmaya, güneş ışınımından maksimum yararlanmaya ve ısı kaybını minimuma indirmeye yönelik esin kaynakları olarak kozalak ve namib çöl böceği seçilmiştir.

Çam kozalağı

İğne yapraklı ağaçlar da tohumlarının bulunduğu organlardır. Bulunduğu iğne yapraklı ağacın türüne göre şekillerinde ve makro yapılarında farklılık gözükmemektedir. İçyapıları ve oluştukları malzemeler aynıdır. Kozalaklar genel olarak odunsu bir malzemedendir. Ağaç ve çalılarının gövdesini, köklerini oluşturan bu odunsu yapı, lifli ve sert bir malzemedendir (URL-44, 2020).

Ölü hücrelerden oluşan kozakların hareket mekanizması pasiftir. Bitkilerde yaygın olarak görülen pasif harekete kozalakların açılıp kapanması, buğday kılçıklarının dönmesi ve tohumların kabuklarını açması en iyi örnek olarak verilebilir. Pasif hareket doku yüzeyindeki hücreler ve ortam arasındaki nem değişimine bağlı olarak hareket etmektedir. Kozalaklar, 23° C'deki bağıl nemdeki %1 değişikliğe karşı tepki verebilecek kadar hassas bir yapıya sahiptir (Song, ve diğerleri, 2015). Çam kozalaklarının pulları nem değişimine göre şekil değiştirmektedir (Şekil 4.28). Kozalar yağmurlu havada kabuklarını kapatarak tohumun düşmesini engellemekte, kuru havalarda ise kabuklarını açarak tohumların daha iyi şekilde yayılmasını sağlamaktadır (URL-44, 2020).



Şekil 4.28. Açık-kapalı çam kozalağı ve yapısı (Song, ve diğerleri, 2015)

Namib çöl böceği(Stenocara)

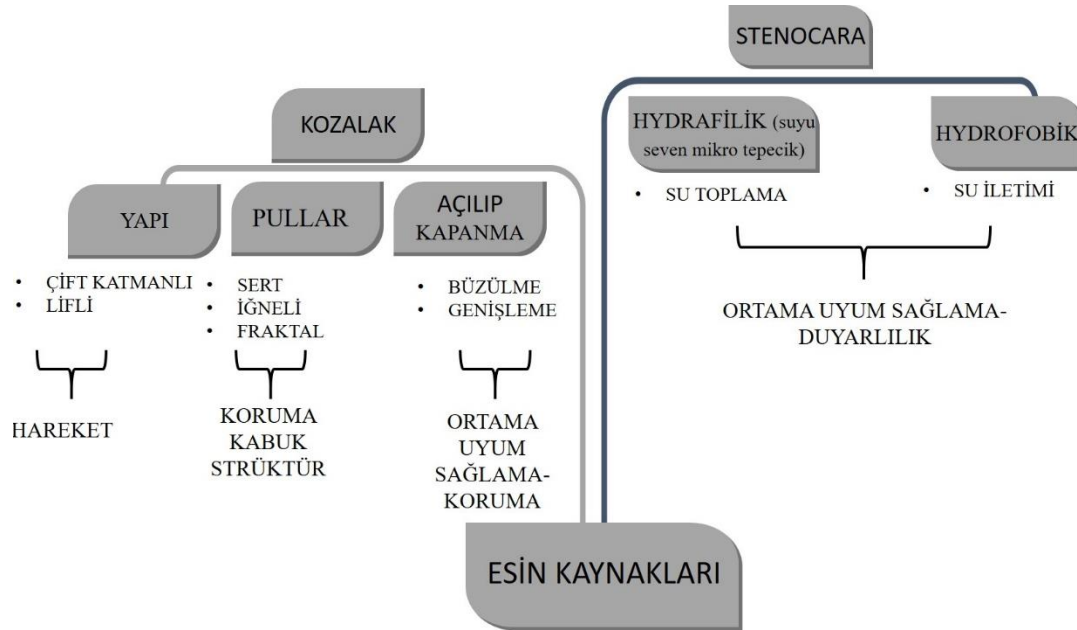
Stenocara Afrika'nın güneyindeki Namib çölünde yaşayan küçük çöl böceğidir (Resim 4.3). Stenocaranın kanatları yumrularla kaplanmıştır. İngiliz bilim adamları Andrew Parker ve Chris Lawrence tarafından 2001 yılında yapılan araştırmaya göre, havada bulunan sis tarafından taşınan su molekülleri, böceğin üzerinde bulunan yumuşak yumruların hidrofilik tepelerine yerleşmekte ve bir araya gelerek su damlacıklarını oluşturmaktadır (Nørgaard ve Dacke, 2010). Stenocaranın gövde yüzeyi, birbirine benzemeyen parçalı yüzeylerden oluşan bir örtüyle kaplanmıştır. Hidrofilik yüzey yamaları içinde emilen su molekülleri yavaş yavaş büyüyerek, hidrofobik yüzeyler boyunca aşağı doğru ilerlemekte ve böceğin ağzında toplanmaktadır (Shimomura, 2010). Çölde yaşayan stenocara böceği bu yeteneğiyle ihtiyacı olan suyu karşılamaktadır.



Resim 4.3. Namib çöl böceği (URL-49, 2020)

Biyomimetrik araştırma sonucunda çam kozalağı ve namib çöl böceği çözüm ortağı ve fonksiyonu açısından esin kaynağı olarak seçilmiştir. Çam kozalağı için belirlenen yapı, pul ve açılıp-kapanma anahtar kavramlarının yapı özellikleri hareket, koruma, kabuk strüktür ve ortama uyum sağlama yeteneği kazandırmıştır. Namib çöl böceği için belirlenen hydrafilik (suyu seven mikro tepecik) ve hydrfobik (su iletimi) anahtar kavramlarının yapı özellikleri ise ortama uyum sağlama ve duyarlılık yeteneği kazandırmıştır (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.9. Tasarım önerisi 2: esin kaynağı anahtar kavram diyagramı

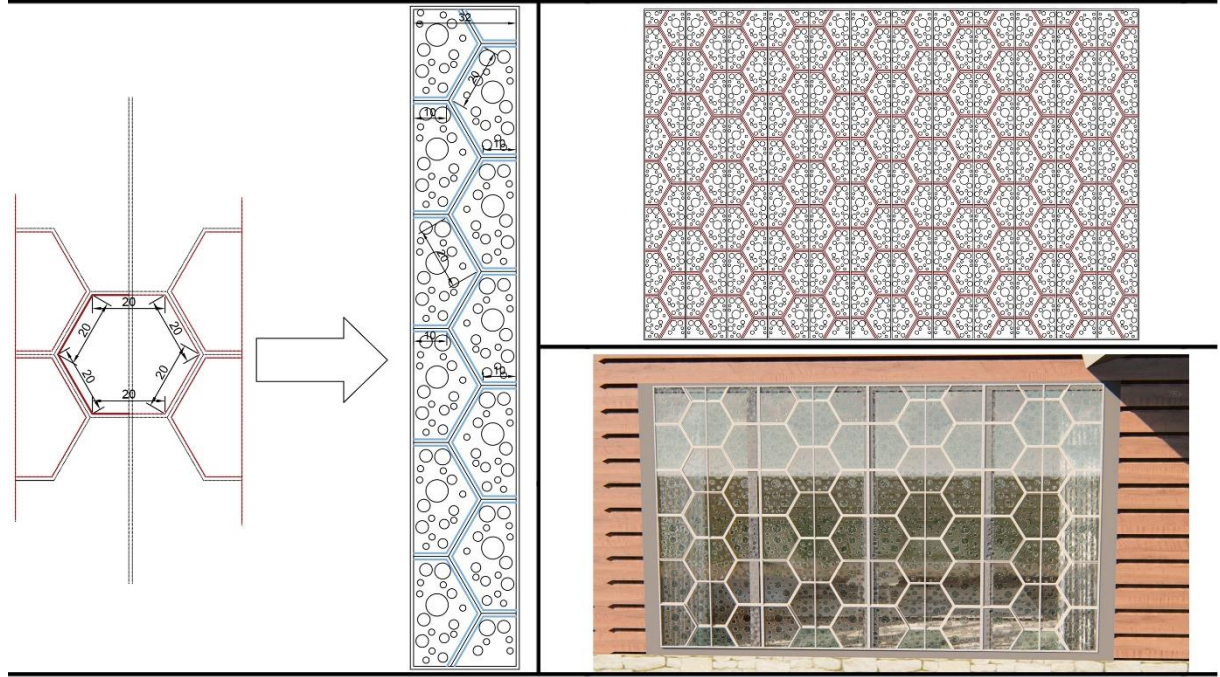


4.4.2. Benzetme

Çam kozalağının değişen hava şartlarına göre uyum sağlamak için yaptığı açılıp kapanma hareketi, namib çöl böceğinin hava da bulunan su damlacıklarını toplama yöntemleri bio-esin kaynağı olarak soyutlanarak, belirlenmiş tasarım problemine çözüm üretilmiştir. Organizmanın davranışlar düzeyinden keşfedilerek problemin çözümüne yönelik tasarım geliştirilmiştir.

Form ve cephe düzeni

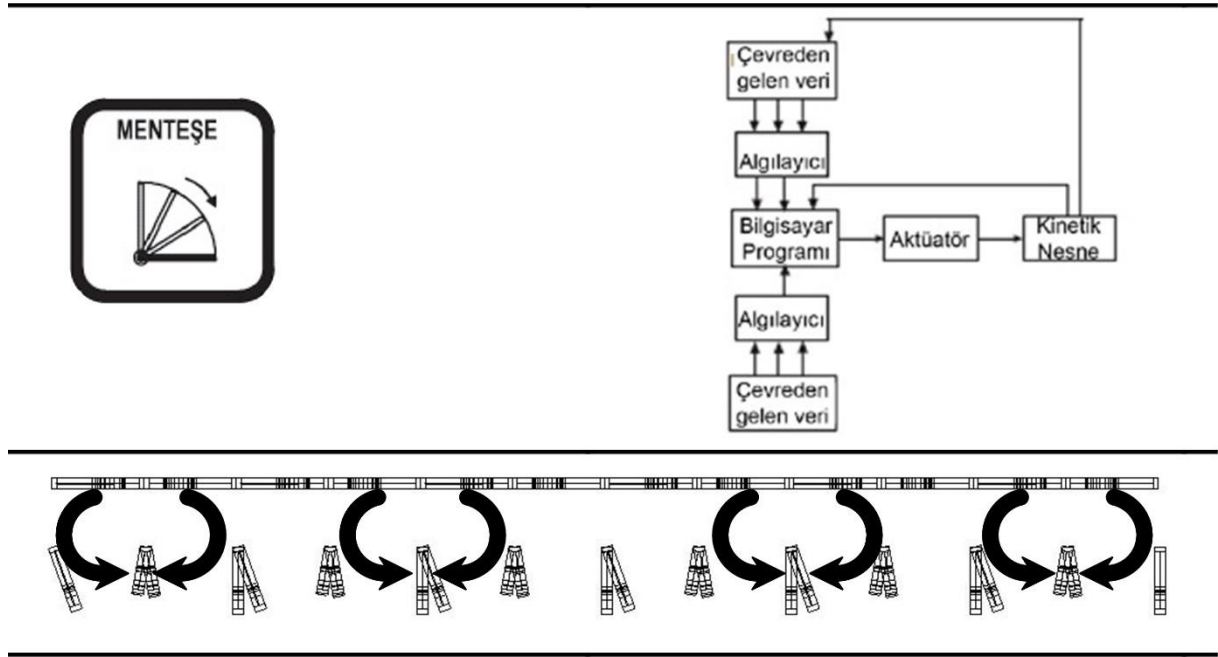
Kenarları 20 cm olan altıgen bir form ağırlık merkezinden geçtiği noktadan iki eşit parçaya bölünmüştür. Kalınlığı 2,3 cm olan formun üzerine değişik çaplarda çember şeklindeki su kapsüllerinin yerleştirileceği boşluklar oluşturulmuştur. Elde edilen formun kenarlarına tekrardan aynı form yerleştirilerek belirlenen yükseklikte (265 cm) ve genişlikte (32 cm) genişlikte modül oluşturulmuştur. Modül üzerindeki yarı altıgen formlar, hareket yeteneğini sağlayacak şekilde kenarlarındaki düşey taşıyıcılara bağlanmıştır. Elde edilen modül düşeyde ve yatayda istenilen ölçülerde cepheyi kaplayacak şekilde artırılabilme imkanı sağlamaktadır (Şekil 4.29).



Şekil 4.29. Tasarım önerisi 2: form ve cephe düzeni

Hareket

İnteraktif cephe bileşeninin hareket kabiliyeti çam kozalaklarının hareket yeteneğinin ilham kaynağı olmasıyla elde edilmiştir. Modülde bulunan yarım altıgen form üzerine yerleştirilen su kapsüllerindeki nem değişimiyle sistem açılıp kapanmaktadır. Yağmurlu havalarda kapanan cephe elemanı sıcak havalarda da açılmaktadır. Sıcaklık seviyesinin yüksek değerlere ulaşmasıyla kapsül içerisinde gerçekleşen nem değişimi yapı içindeki ısıl konforu korumak için kapanmaktadır. Cephe elemanı tepkisel dolaylı kontrol diyagramlı, menteşeli açılıp- kapanma hareketi yapmaktadır (Şekil 4.30). Genel saat 09:00'da açık konuma gelen interaktif cephe bileşeni saat 15:00'te kapanmaktadır. Modüller üzerindeki su kapsüllerindeki nem değişikliğini algılayan sensörler topladıkları verileri bilgisayara ileterek sistemin hareket etmesine yardımcı olmaktadır. Birbirinden bağımsız altıgen formlara bağlı küçük motorların menteşelere hareket yeteneği kazandırmasıyla sistem hareket etmektedir. $0^\circ - 90^\circ$ 'lik açılarda açılabilen formlar, 30° , 60° ve 90° açılarda sabitlenebilmektedir.



Şekil 4.30. Tasarım önerisi 2: menteşeli açılıp-kapanma hareketi ve tepkisel dolaylı kontrol diyagramı

Malzeme ve performans

Çift katmanlı şeffaf ahşap malzemenin lifleri arasındaki hava boşlukları yoğunluğu düşürmekte ve ısı transferleri için direnç oluşturmaktadır. Şeffaf ahşap malzeme üzerinde farklı çaplarda oluşturulan su kapsülleri ince zardan oluşmaktadır. Zamanla su kapsülleri içerisindeki su kaybı amacıyla Namib çöl böceğinin bulunduğu ortamda su ihtiyacını karşılama prensibi ilham kaynağı olarak karşılanmıştır. Su kapsüllerin yüzeyi mikro hidrofilik parçacıklarla kaplanarak, havadaki su damlacıklarını tutması sağlanmış ve kapsül içerisine alınması sağlanmıştır.

Kars gibi soğuk iklim bölgelerinde yılın büyük bir bölümü soğuk ve yağışlı geçmektedir. Güneş enerjisinin en iyi şekilde kullanılması ve ısı kaybının en aza indirilmesi problemine karşı geliştirilen interaktif cephe bileşen tasarım önerisi soğuk ve yağışlı havalarda kabuklarını kapatmaktadır. Ayrıca bilgisayarlı kontrolü sayesinde sisteme tanımlanan sıcaklıklar algoritmaları sayesinde açık ve kapalı konumda bulunabilmektedir. Şeffaf çift katmanlı yapısıyla ısı transferini engelleyen ve aynı zamanda yapı içerisindeki ısı seviyelerini sağlayarak görsel konforun gerçekleşmesine yardımcı olmuştur.



Şekil 4.31. Tasarım önerisi 2: kapalı konumdaki cephe bileşeni



Şekil 4.32. Su kapsüllü ahşap modül



Şekil 4.33. Tasarım önerisi 2: açık konumdaki cephe bileşeni



Şekil 4.34. Tasarlanan cephe bileşenin iç mekândan görüntüsü

4.4.3. Değerlendirme

Analiz için revitte tasarlanan ikinci interaktif cephe bileşeninin hareket yeteneği dynamo yazılımında algoritması tanımlanarak oluşturulmuştur. Gün içinde 09:00-15:00 saatleri arasında hareket edecek şekilde 0° ve 90° arasında açılıp kapanacak şekilde tanımlanmıştır. interaktif cephe bileşeninin İlkbahar, Yaz, Sonbahar, Kış mevsimlerinde ayrı ayrı

değerlendirmeleri yapılarak kapalı konumda bulunduğu zaman diliminde referans oda için gerekli gün ışığı performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Mevsimlerin başlangıç tarihlerinde (İlkbahar-20 Mart, Yaz-21 Haziran, Sonbahar-22 Eylül, Kış-21 Aralık) yapılan gün ışığı analizlerinde hem cephe elemanının kullanılmadığı hem de interaktif cephe bileşeninin kapalı konumda kullanıldığı durumlarda referans odadaki gün ışığı eşik değerleri ve lux değerleri ölçülmüştür. Gün ışığı performansı 10:00 ve 14:00 saatlerinde yapılan analizlerin ortalama değerleri üzerinden değerlendirilmiştir (Çizelge 4.9).

20 Mart tarihinde yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 3 679 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %100 olarak ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşeninin kapalı bulunduğu konum için en düşük lux değeri 939 ve en yüksek lux değeri 6 000 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan azalarak %28 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri aralığındaki alan artarak %78 ölçülmüş ve gün ışığı kontrolü sağlanmıştır.

Çizelge 4.10. Kapalı konumda bulunan ikinci interaktif cephe bileşeninin gün ışığı değerleri

	CEPHE ELAMINI KULLANILMAYAN					KAPALI KONUMDA BULUNAN İNTER AKTİF CEPHE BİLEŞENİ				
	EŞİK ALTINDA	EŞİK İÇİNDE	EŞİK ÜZERİNDE	EN DÜŞÜK LUX DEĞERİ	EN YÜKSEK LUX DEĞERİ	EŞİK ALTINDA	EŞİK İÇİNDE	EŞİK ÜZERİNDE	EN DÜŞÜK LUX DEĞERİ	EN YÜKSEK LUX DEĞERİ
İLKBAHAR 20 Mart	-	-	%100	3679	6000	-	%72	%28	939	6000
YAZ 21 Haziran	-	%53	%47	1311	6000	%1	%95	%4	265	6000
SONBAHAR 22 Eylül	-	-	%100	3721	6000	-	%75	%25	863	6000
KIŞ 21 Aralık	-	-	%100	5864	6000	-	%34	%66	1486	6000

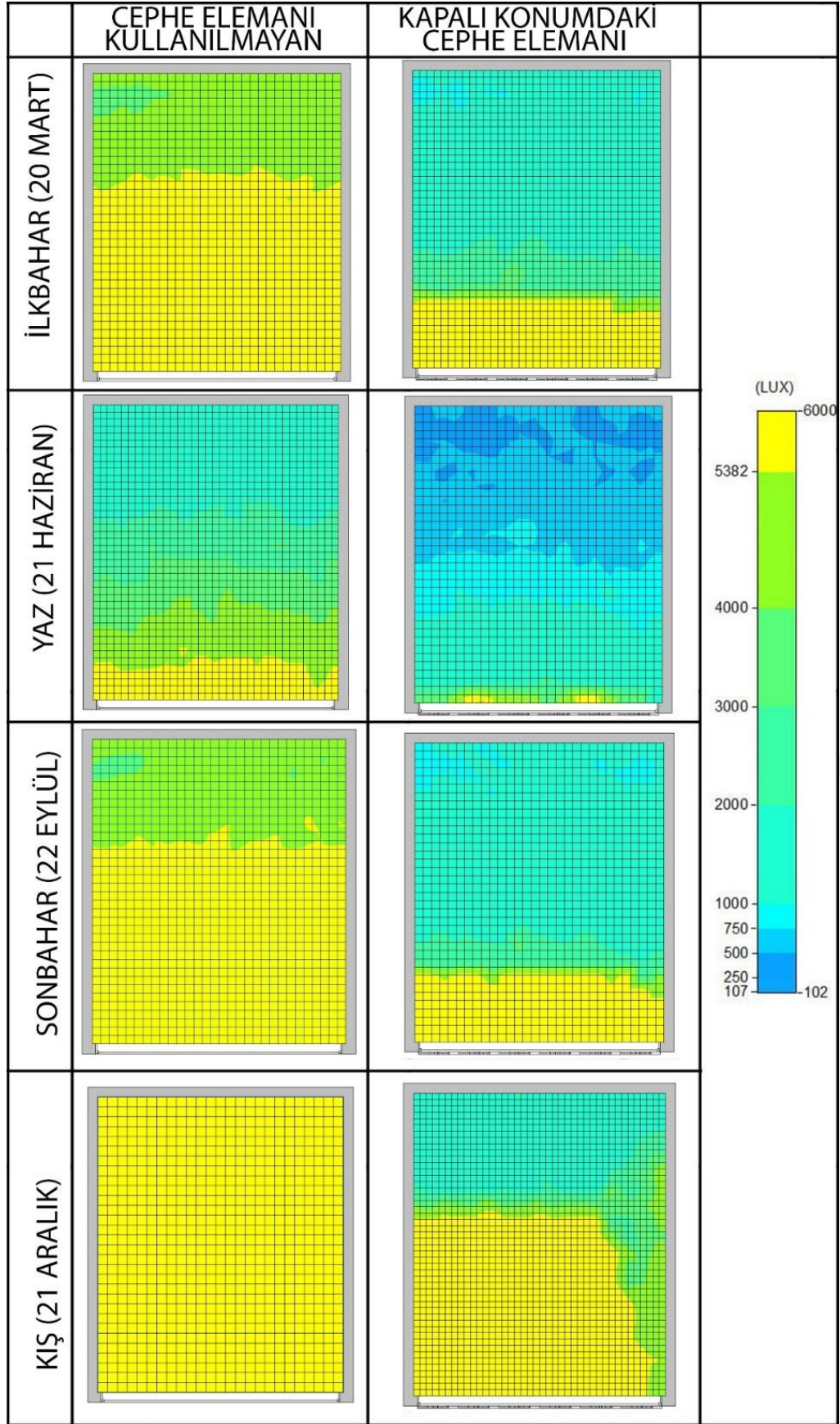
21 Haziran tarihinde yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 1 311 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %47 ve eşik değeri aralığındaki alan %53 olarak

ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşeninin kapalı bulunduğu konum için en düşük lux değeri 265 ve en yüksek lux değeri 6 000 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan azalarak %4 ve eşik değeri altındaki alan %1 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri aralığındaki alan artarak %95 ölçülmüş ve gün ışığı kontrolü sağlanmıştır.

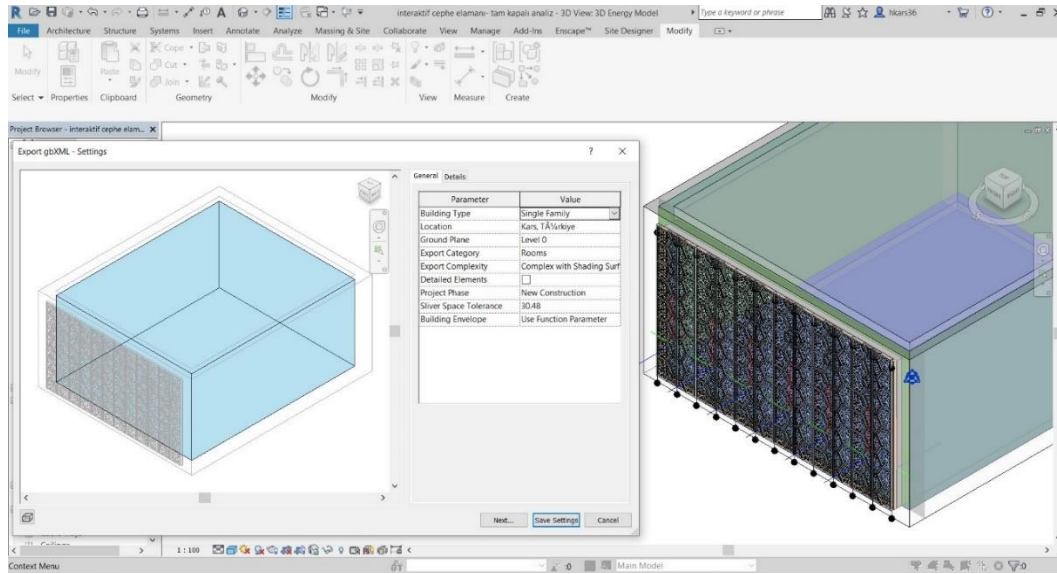
22 Eylül yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 3 721 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %100 olarak ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşeninin kapalı bulunduğu konum için en düşük lux değeri 863 ve en yüksek lux değeri 6 000 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan azalarak %25 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri aralığındaki alan artarak %75 ölçülmüş ve gün ışığı kontrolü sağlanmıştır.

21 Aralık tarihinde yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 5 864 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %100 olarak ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşeninin kapalı bulunduğu konum için en düşük lux değeri 1 486 ve en yüksek lux değeri 6 000 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan azalarak %66 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri aralığındaki alan artarak %34 ölçülmüş ve referans oda genelinde hâkim olan yüksek lux değeri düşürülerek eşik değeri üst sınırı olan 3 000 lux değeri altına çekilmiştir.

İnteraktif cephe bileşenin kullanılmasıyla birlikte referans oda düzlemindeki aydınlık düzeylerinde görülen kamaşma düzeyleri azaltılarak eşik değeri aralığına çekilmiştir. Dört farklı tarihte yapılan gün ışığı performans analizinde interaktif cephe bileşeni güneş kontrolü yaparak referans odada gerekli aydınlık seviyeleri elde edilmiştir (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. Kapalı konumda bulunan ikinci interaktif cephe bileşeninin referans oda düzlemindeki aydınlık düzeyleri



Şekil 4.36. Kapalı konumda bulunan ikinci interaktif cephe bileşenine ait enerji modeli

Kapalı konumda bulunan ikinci interaktif cephe bileşen tasarımı önerisi için oluşturulan enerji modelinin (Şekil 4.36) enerji simülasyonunun da yıllık enerji kullanım yoğunluğu azalarak 1 987 MJ/m²/yıl olarak hesaplanmıştır. Elektrik yıllık 2 055 kWh, yakıt ise yıllık 55 397 MJ olarak ölçülmüştür (Şekil 4.37). Tüm parametrelerde azalma ve genelde yıllık maliyette azalma gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Yıllık enerji maliyetinde yaklaşık olarak %8 enerji tasarrufu sağlanmıştır. İkinci alan çalışmasında tasarlanan biyomimikri destekli interaktif cephe bileşeni güneş ışınlamından yararlanabilmesi, ısı kaybını minimuma indirebilmesi ve yüksek enerji ihtiyacını en etkin enerji verimliliğiyle karşılayabilmesi yetenekleriyle, iç mekân görsel ve ısı konforunun oluşmasına doğrudan etki ettiği anlaşılmıştır.

Yıllık CO ₂ Emisyonları	
Elektrik	0.0 Mg
Yerinde Yakıt	2.8 Mg
Büyük SUV Eşdeğeri	0.3 SUV / Yıl
Yıllık Enerji	
Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI)	1.987 MJ / m ² / yıl
Elektrik	2.055 kWh
Yakıt	55.397 MJ
Yıllık En Yüksek Talep	0.5 kW
Yaşam Döngüsü Enerjisi	
Elektrik	61.654 kW
Yakıt	1.661.916 MJ
Varsayımlar ⓘ	

Şekil 4.37. Kapalı konumda bulunan ikinci interaktif cephe bileşenine ait enerji analiz sonuçları

4.5.Alan Çalışması 3:

4.5.1.Biyomimikri esin kaynağının tanımlanması, keşfetme

Üçüncü alan çalışmasında da yüksek enerji gereksinimini azaltmaya, güneş ışınımından maksimum yararlanmaya ve ısı kaybını minimuma indirmeye yönelik esin kaynakları olarak *Drosera capensis* bitkisi ve *Diphyllia grayi* (İskelet çiçeği) bitkisi seçilmiştir.

Drosera capensis bitkisi

Yılın genelinde yeşil kalan etobur bir bitkidir (Resim 4.4). Doğal yaşam alanları Güney Afrika'nın Cape bölesidir. Bataklıklar ve akarsular gibi sulak alanlarda görülmektedir. Yaklaşık 15 cm büyüyen bitkinin boyutları değişmektedir. Bitkinin gövdesi kısa ve odunsudur. Rizomatoz (Köksap) kök biçimine sahip ve son derece yapısı gelişmiştir. Sayısı 15 ile 30 arasında değişen pembe leylak renkli çiçekler bir gövde üzerine toplanmaktadır. Kapsüllerde bulunan küçük tohumlar Aralık ve Ocak aylarında çiçeklenmektedir (URL-45, 2020).



Resim 4.4. *Drosera capensis* bitkisi (URL-46, 2020)

Dokunaçların uç kısmında bulunan glandüler hücrelerin oluşturduğu bezler parlak ve yapışkan özellikteki müsilajı salgılayarak avını tutmaktadır (URL-45, 2020). Bezlerin diğer bir özelliği ise, salgıladığı enzimlerle avı sindirerek besin emilimini sağlamaktadır. Böceklerin yakalandıktan sonra oluşturdukları mekanik ve kimyasal uyarılar temas eden dokunaçların lamina üzerine doğru hareketini sağlamaktadır. Dokunaçların bu hareketi diğer dokunaçların elektrik potansiyeli uyarmaktadır. İlk harekete göre daha yavaş gerçekleşen

ikinci hareket tüm dokunaçlar tarafından avı tamamen saracak şekilde tigmotropizm hareketi biçiminde gerçekleşmektedir. Bu hareketle av yüzeyi daha fazla sindirim enzimi ile temas etmektedir (Nakamura, Reichelt, Mayer, and Mithöfer, 2013).

Diphylleia grayi (İskelet çiçeği) bitkisi

“Berberidaceae” ailesine ait olan *Diphylleia grayi* L. Bitkisi iskelet çiçeği olarak tanınmaktadır (Resim 4.5). ABD’nin doğusundaki Appalaçian dağları ile Çin ve Japonya’nın nemli soğuk ve ormanlık alanlarında yayılış göstermektedir. İskelet çiçeğinin boyu 30-70 cm. uzunluğunda değişmekte ve çiçek kısmı 2 cm. çap genişliğine ulaşmaktadır. İskelet çiçeği ilkbaharın sonlarında çiçeklenmeye başlamaktadır (URL-47, 2020).



Resim 4.5. *Diphylleia grayi* (URL-47, 2020)

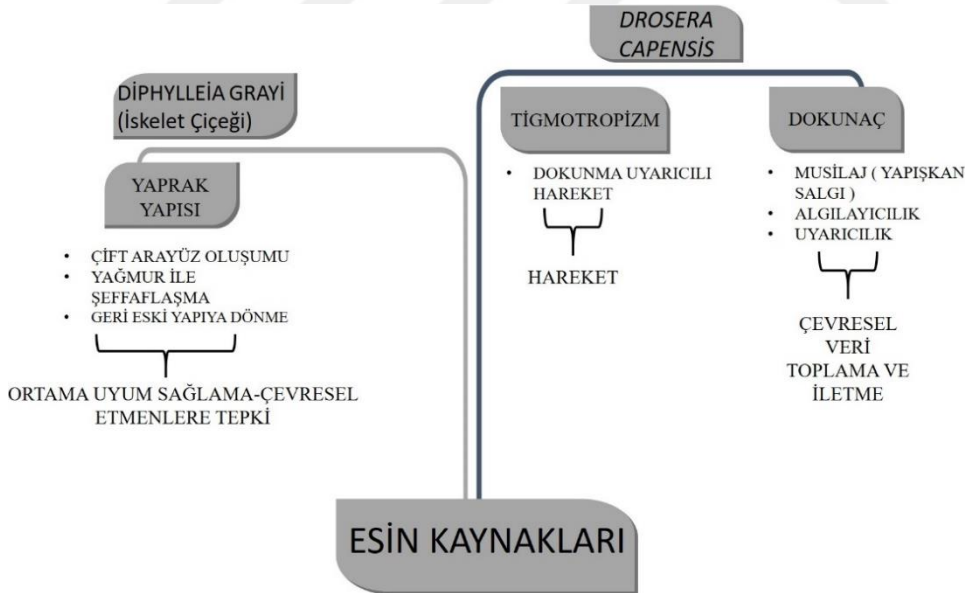
Taç yapraklar yağmur yağdığına su ile etkileşim sonucunda saydam bir görünüm almaktadır (Resim 4.6). Yaprak damarları net bir biçimde gözüktüğü için iskelet çiçeği denilmektedir. Yapraklarında meydana gelen değişimin beyaz pigmentlerden kaynaklanmadığı, renksiz hücrelerin yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Hücrelerdeki hava dolu kesecik ve ara boşluklar oluşturduğu hava-sıvı arayüz sayesinde ışıkların dağınık yansımaları sonucu beyaz bir görünüm elde edilmektedir. Yaprakların suyla teması sonucu hava ara yüz yapısını kayıp ederek su ile dolmaktadır. Oluşan yeni sıvı-sıvı arayüz ışığın kırılmasını sağlayarak saydam bir görünüm kazandırmaktadır. Hücre öz suyunun kırılma indisinin suyla benzer olması ışığın geçirgenlik alanını artırmaktadır (URL-48, 2020).



Resim 4.6. Yağmur sırasında şeffaflaşan iskelet çiçeği (URL-47, 2020)

Biyomimetrik araştırma sonucunda *Drosera capensis* ve *Diphyllia grayi* çözüm ortağı ve fonksiyonu açısından esin kaynağı olarak seçilmiştir. *Drosera capensis* için belirlenen tigmotropizm ve dokunaç anahtar kavramlarının yapı özellikleri hareket, çevresel veri toplama ve iletme yeteneği kazandırmıştır. *Diphyllia grayi* için belirlenen yaprak yapısı anahtar kavramının yapı özellikleri ise ortama uyum sağlama ve çevresel etmenlere tepki verme yeteneği kazandırmıştır (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.11. Tasarım önerisi 3: esin kaynağı anahtar kavram diyagramı



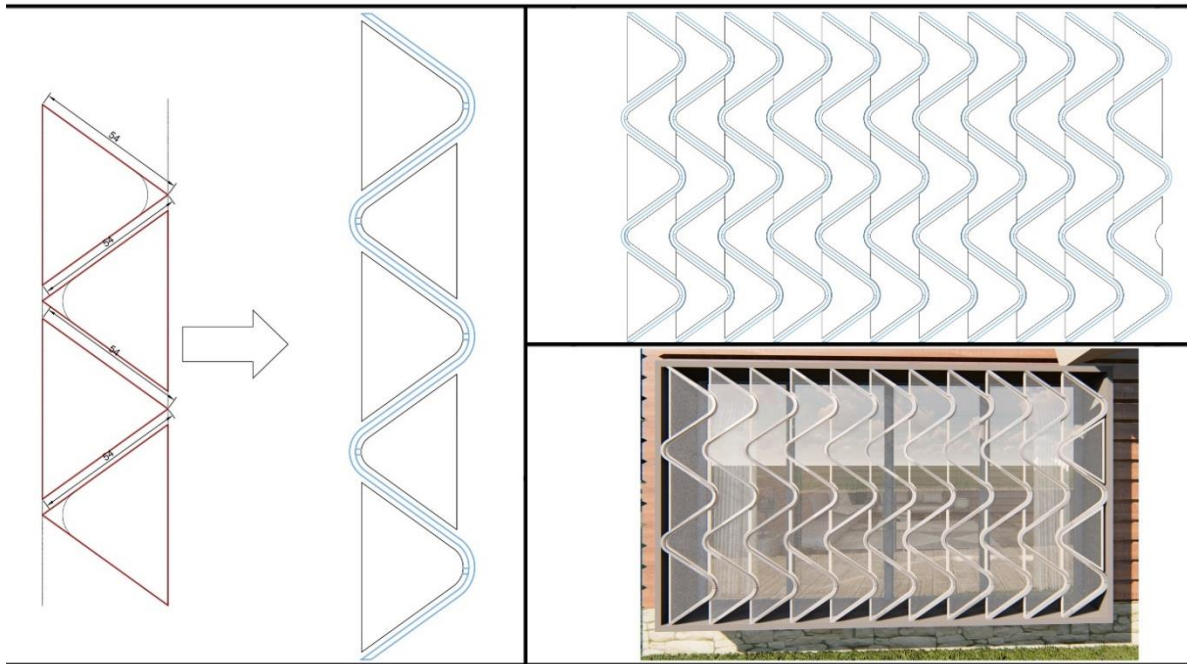
4.5.2. Benzetme

Drosera capensis bitkisinin hareket, çevresel veri toplama-iletme şekli ve iskelet çiçeğinin yağmur da değişen yaprak yapısının çevresel etmenlere tepki verme yöntemleri bio-esin kaynağı olarak soyutlanarak, belirlenmiş tasarım problemine çözüm üretilmiştir.

Organizmanın davranışlar düzeyinden keşfedilerek problemin çözümüne yönelik tasarım geliştirilmiştir.

Form ve cephe düzeni

Tasarlanacak formun birleştirildiği zaman yüzey alanını tümü ile kaplaması ve yapacağı harekete uygun olması nedeniyle ikizkenarları 54 cm olan üçgen bir form oluşturmıştır. Oluşturulan üçgene ait yüksekliğin uçlarından geçtiği düşünülen düşey izler içerisinde kalan alana A formu yerleştirildikten sonra döndürülerek B formu elde edilmiş ve birbirini tamamlayacak şekilde yerleştirilmiştir. Üçgen formların düşeyde bir noktadan taşınması ve hareket edebilmesi için ikizkenarların birleşim köşeleri yuvarlanarak kalınlığı 2 cm. olan bir düşey eğrisel taşıyıcı yerleştirilmiştir. Oluşturulan bu modül sınırsız uzunlukta ve genişliklerde artırılabilmesi sayesinde istenilen yüzeylerde uygulanabilmektedir (Şekil 4.38).

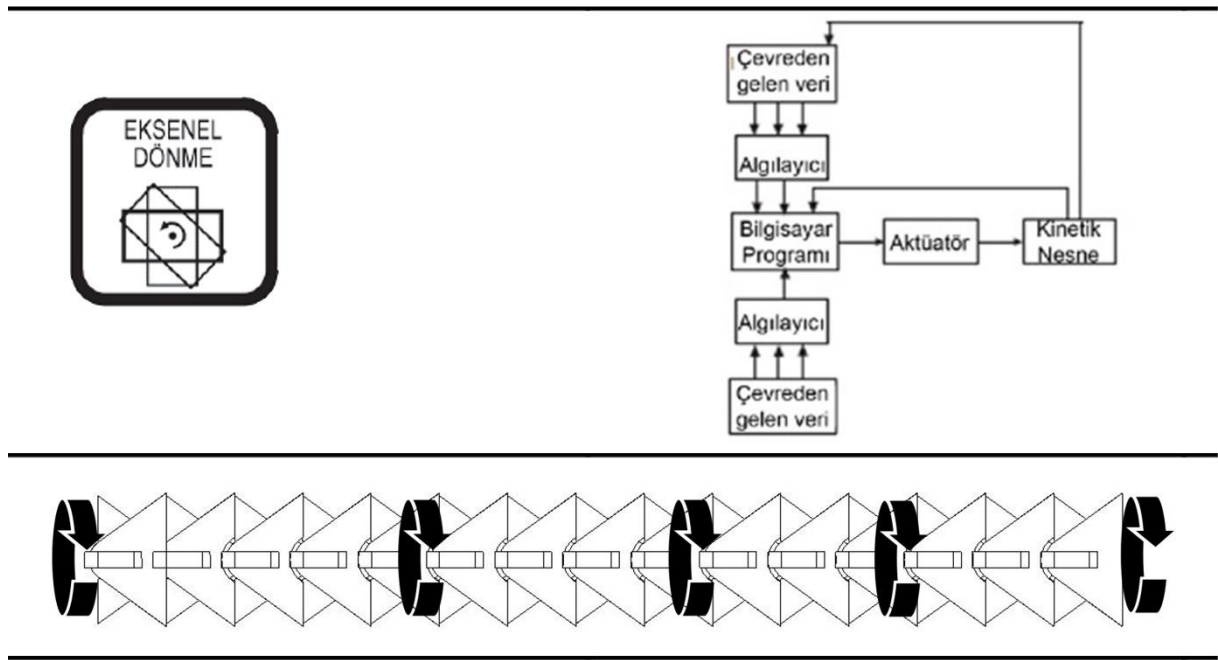


Şekil 4.38. Tasarım önerisi 3: form ve cephe düzeni

Hareket

İnteraktif cephe bileşeninin hareket kabiliyeti *drosera capensis* çiçeğinin hareket yeteneğinin ilham kaynağı olması ile elde edilmiştir. Sistem tigmotropizm hareketi yapmaktadır.

Sistemdeki sensörler yağmur damlalarının temasıyla bilgisayar sistemine sinyal göndermekte ve bilgisayar algoritmasındaki eşik değerine ulaşması ile birlikte yatayda eksenel dönme hareketi yapmaktadır (Şekil 4.39). Soğuk ve yağışlı günlerde interaktif cephe bileşeni kapanarak mekân içindeki ısı konfor korunmaktadır. Tepkisel dolaylı kontrol diyagramlı sistem saat 09.00’da açık konuma gelmekte ve saat 15.00’te kapanmaktadır. Birbirinden bağımsız her üçgen forma bağlı aktüatörler yardımıyla 0°-360°’lik açılarda dönebilme yeteneğine sahip sistem 90°-180°-270°-360° açılarda sabitlenebilmektedir.

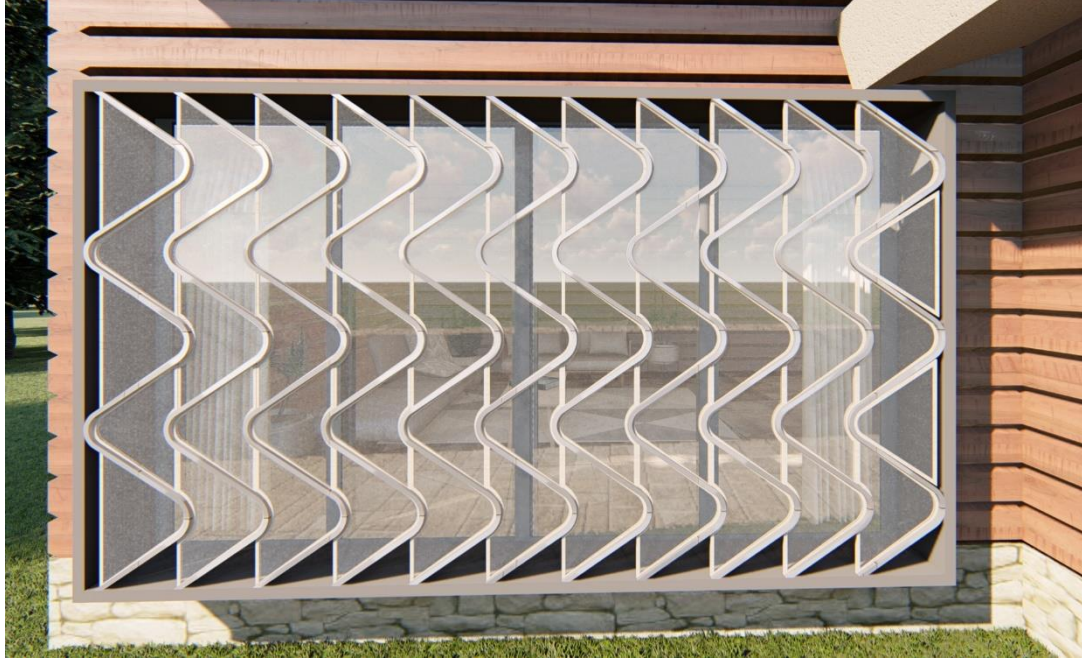


Şekil 4.39. Tasarım önerisi 3: yatayda eksen dönme hareketi ve tepkisel dolaylı kontrol diyagramı

Malzeme ve performans

Kalınlığı 2 cm olan eğrisel alüminyum taşıyıcılara bağlı üçgen formlar çift katmanlı ara yüzünde sıvı kristallerin bulunduğu ETFE malzemeden oluşmaktadır. Cama göre daha ince ve hafif olan ETFE malzemesi iyi bir yalıtım sağlamaktadır. Yağmur damlalarının sensörleri uyarmasıyla oluşan sinyallerin eşik değerine ulaşması cephe elemanın kapanarak şeffaflaşmasını sağlamaktadır. Uyarılan sistemde sıvı kristaller düzenli bir konuma getirilerek şeffaf bir görünümün oluşmasını ve güneş ışığının yapı içerisine girmesini sağlamıştır.

Soğuk ve yağışlı günlerde dönerek cepheyi kaplayan ve şeffaflaşan biyomimikri destekli interaktif cephe bileşen tasarım önerisi ısı kaybını minimuma indirerek, iç ve dış mekânlar arası ısı iletimini engellemiş ve aynı zamanda şeffaf yapısıyla güneş ışığından yararlanarak mekân için gerekli görsel konfor koşullarının oluşmasını sağlamıştır.



Şekil 4.40. Tasarım önerisi 3: kapalı konumdaki cephe bileşeni



Şekil 4.41. ETFE yapı malzemeli şeffaflaşan modül



Şekil 4.42. Tasarım önerisi 3: açık konumdaki cephe bileşeni



Şekil 4.43. Tasarlanan cephe bileşenin iç mekândan görüntüsü

4.5.3. Değerlendirme

Analiz için revitte tasarlanan üçüncü interaktif cephe bileşeninin hareket yeteneği dynamo yazılımında algoritması tanımlanarak oluşturulmuştur. Gün içinde 09:00-15:00 saatleri arasında hareket edecek şekilde 0° ve 360° arasında açılıp kapanacak şekilde tanımlanmıştır. İnteraktif cephe bileşeninin İlkbahar, Yaz, Sonbahar, Kış mevsimlerinde ayrı ayrı

değerlendirmeleri yapılarak kapalı konumda bulunduğu zaman diliminde referans oda için gerekli gün ışığı performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Mevsimlerin başlangıç tarihlerinde (İlkbahar-20 Mart, Yaz-21 Haziran, Sonbahar-22 Eylül, Kış-21 Aralık) yapılan gün ışığı analizlerinde hem cephe elemanının kullanılmadığı hem de interaktif cephe bileşeninin kapalı konumda kullanıldığı durumlarda referans odadaki gün ışığı eşik değerleri ve lux değerleri ölçülmüştür. Gün ışığı performansı 10:00 ve 14:00 saatlerinde yapılan analizlerin ortalama değerleri üzerinden değerlendirilmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.12. Kapalı konumda bulunan üçüncü interaktif cephe bileşeninin gün ışığı değerleri

	CEPHE ELAMINI KULLANILMAYAN					KAPALI KONUMDA BULUNAN İNTER AKTİF CEPHE BİLEŞENİ				
	EŞİK ALTINDA	EŞİK İÇİNDE	EŞİK ÜZERİNDE	EN DÜŞÜK LUX DEĞERİ	EN YÜKSEK LUX DEĞERİ	EŞİK ALTINDA	EŞİK İÇİNDE	EŞİK ÜZERİNDE	EN DÜŞÜK LUX DEĞERİ	EN YÜKSEK LUX DEĞERİ
İLKBAHAR 20 Mart	-	-	%100	3679	6000	-	%81	%19	934	6000
YAZ 21 Haziran	-	%53	%47	1311	6000	%1	%99	-	281	1762
SONBAHAR 22 Eylül	-	-	%100	3721	6000	-	%79	%21	858	6000
KIŞ 21 Aralık	-	-	%100	5864	6000	-	%36	%64	1623	6000

20 Mart tarihinde yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 3 679 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %100 olarak ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşeninin kapalı bulunduğu konum için en düşük lux değeri 934 ve en yüksek lux değeri 6 000 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan azalarak %19 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri aralığındaki alan artarak %81 ölçülmüş ve gün ışığı kontrolü sağlanmıştır.

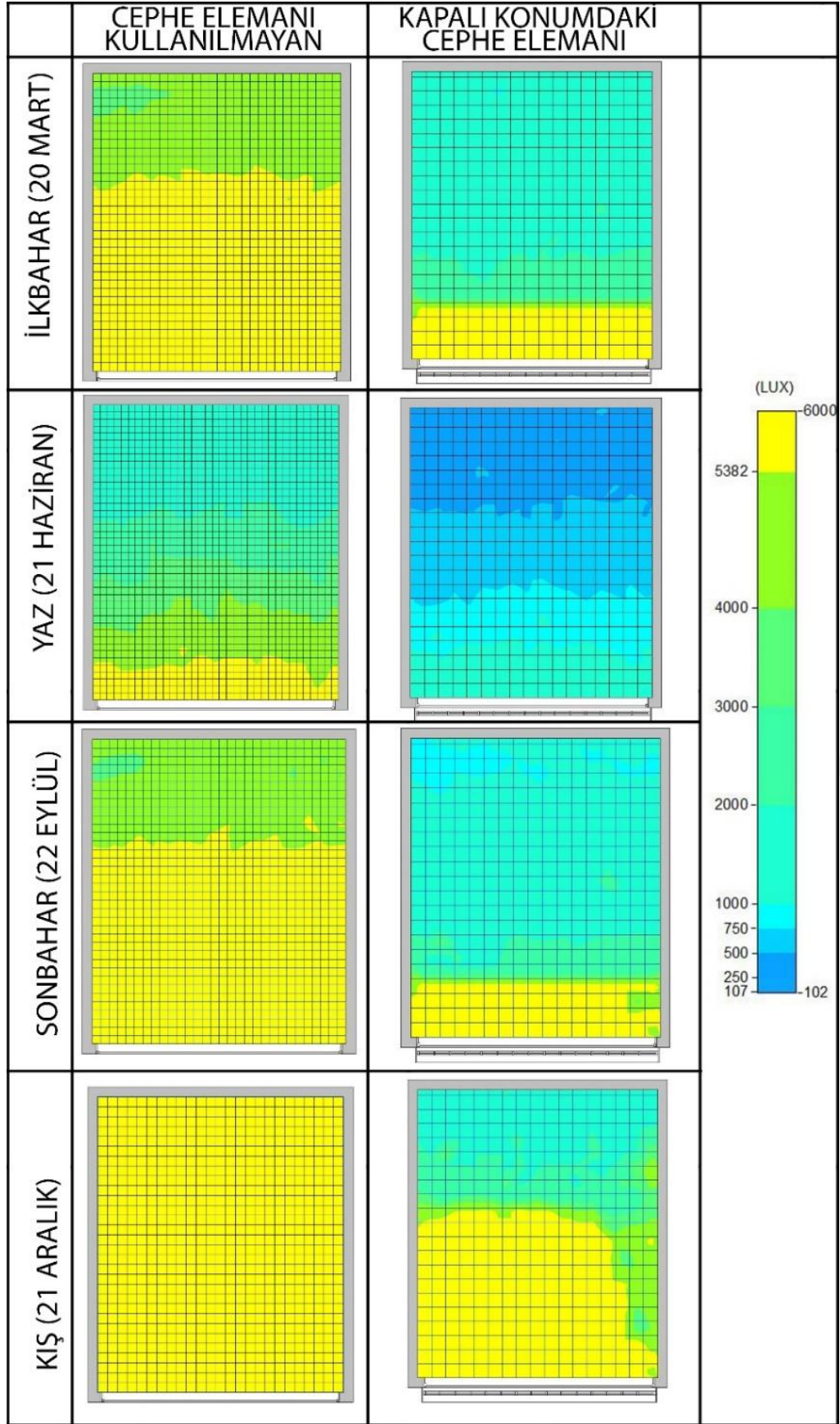
21 Haziran tarihinde yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 1 311 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %47 ve eşik değeri aralığındaki alan %53 olarak

ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşeninin kapalı bulunduğu konum için en düşük lux değeri 281 ve en yüksek lux değeri 1 762 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerinde bulunan alan kalmamıştır. Eşik değeri aralığındaki alan artarak %99 ve eşik değeri altındaki alan %1 olarak ölçülmüştür. Gün ışığı kontrolü sağlanmıştır.

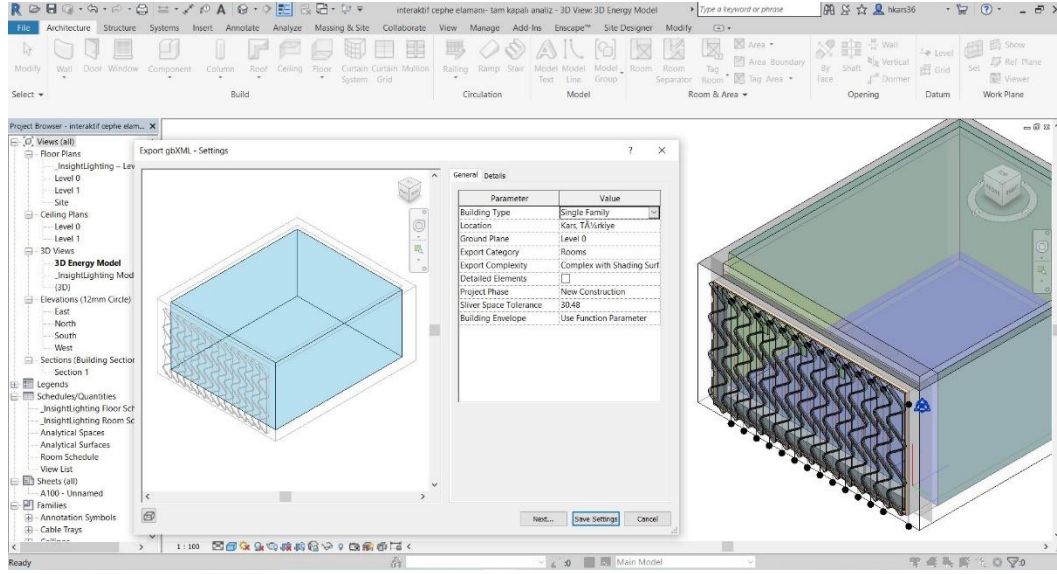
22 Eylül yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 3 721 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %100 olarak ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşeninin kapalı bulunduğu konum için en düşük lux değeri 858 ve en yüksek lux değeri 6 000 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan azalarak %21 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri aralığındaki alan artarak %79 ölçülmüş ve gün ışığı kontrolü sağlanmıştır.

21 Aralık tarihinde yapılan gün ışığı performans değerlendirmesinde cephe elemanı kullanılmayan referans odada en düşük lux değeri 5 864 ve en yüksek lux değeri 6 000 çıkmıştır. Eşik değeri üzerindeki alan %100 olarak ölçülmüştür. İnteraktif cephe bileşeninin kapalı bulunduğu konum için en düşük lux değeri 1 623 ve en yüksek lux değeri 6 000 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri üzerindeki alan azalarak %64 olarak ölçülmüştür. Eşik değeri aralığındaki alan artarak %36 ölçülmüş ve referans oda genelinde hâkim olan yüksek lux değeri düşürülerek eşik değeri üst sınırı olan 3 000 lux değeri altına çekilmiştir.

İnteraktif cephe bileşenin kullanılmasıyla birlikte referans oda düzlemindeki aydınlık düzeylerinde görülen kamaşma düzeyleri azaltılarak eşik değeri aralığına çekilmiştir. Üçüncü interaktif cephe bileşeninde de güneş kontrolü yaparak referans odada gerekli aydınlık seviyeleri elde edilmiştir (Şekil 4.44).



Şekil 4.44. Kapalı konumda bulunan üçüncü interaktif cephe bileşenin referans oda düzlemindeki aydınlık düzeyleri



Şekil 4.45. Kapalı konumda bulunan üçüncü interaktif cephe bileşenine ait enerji modeli

Kapalı konumda bulunan üçüncü interaktif cephe bileşen tasarımı önerisi için oluşturulan enerji modelinin (Şekil 4.45) enerji simülasyonunun da yıllık enerji kullanım yoğunluğu azalarak 2 014 MJ/m²/yıl olarak hesaplanmıştır. Elektrik yıllık 2 099 kWh, yakıt ise yıllık 55 677 MJ olarak ölçülmüştür (Şekil 4.46). Tüm parametrelerde azalma ve genelde yıllık maliyette azalma gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Yıllık enerji maliyetinde yaklaşık olarak %7 enerji tasarrufu sağlanmıştır. Üçüncü alan çalışmasında tasarlanan biyomimikri destekli interaktif cephe bileşeninin verimli enerji kullanımı sağladığı, iç mekân görsel ve ısı konforunun oluşmasına doğrudan etki ettiği anlaşılmıştır.

Yıllık CO ₂ Emisyonları	
Elektrik	0.0 Mg
Yerinde Yakıt	2.8 Mg
Büyük SUV Eşdeğeri	0.3 SUV / Yıl
Yıllık Enerji	
Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI)	2,014 MJ / m ² / yıl
Elektrik	2.099 kWh
Yakıt	55.677 MJ
Yıllık En Yüksek Talep	0,5 kW
Yaşam Döngüsü Enerjisi	
Elektrik	62.979 kW
Yakıt	1 669.301 MJ

Şekil 4.46. Kapalı konumda bulunan üçüncü interaktif cephe bileşenine ait enerji analiz sonuçları

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanoğlu bilinçli veya bilinçsiz bir şekilde her zaman doğayı yol gösterici olarak kabul etmiştir. Tarih boyunca süre gelen bu süreç biyomimikri kavramının oluşmasını sağlamıştır. Yakın bir gelecekte biyomimikri kavramıyla doğadan esinlenme bilinçli ve sistematik halde kullanılmaya başlanmıştır. Tasarımcılar doğayı anlamaya ve araştırmaya başladıkça karşılaştıkları sorunları doğadan ilham alarak çözmüşlerdir. Biyomimikri, doğa esinli tasarımlardaki süreçlerin ve yöntemlerin olduğu bir tasarım yaklaşımıdır.

Hareket kavramının hayatımızın her alanında kullanılıyor olması mimarlık alanın da kullanımını gerektirmiştir. Değişen koşulları takip ederek kendini yenileyen bir mimarlık disiplini olarak karşımıza çıkan kinetik mimarlık, insanlık tarafından her dönem kullanmış olmasına rağmen günümüzde daha güçlü bir şekilde duyulmaya başlanmıştır.

Soğuk iklim bölgelerinde kullanıcı konfor koşullarının sağlanması için çevresel verilerin kullanılarak adapte olabilen, tepki verebilen ve enerji korunumunu sağlayan cephe bileşen tasarımına yönelik kinetik-biyomimikri sistemlerle en etkin nasıl çözümler getirebileceği üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında ilk olarak biyomimikri kavramı incelenerek, genel tasarım yaklaşımların neler olduğu ve nasıl bir tasarım yönteminin kullanıldığı açıklanmıştır. Farklı disiplinler ve mimarideki örnekleri incelenmiştir. İkinci olarak hareketin mimaride neden kullanıldığı ve mimariye nasıl aktarıldığı açıklanarak kinetik mimarlığın yapılarıdaki kullanım biçimleri açıklamıştır.

Tez kapsamında interaktif cephe bileşen cephe bileşen tasarımının biyomimikri yöntemle nasıl yapıldığı, gelişen ve değişen çevre koşullarında istenilen konfor koşullarına tepki veren uyarlı cephe elemanlarının doğa esinli tasarım aşamalarının neler olduğu ve tasarım sürecine aktarılma yöntemleri üç farklı tasarım önerisiyle açıklanmıştır. Tasarım önerileri tanımlama, dönüşüm, keşfetme, benzetme ve değerlendirme süreçleri doğrultusunda geliştirilmiştir. Tasarım önerilerinin gün ışığı analizi ve enerji analizi yapılarak tasarım özelliklerini sağlayıp sağlamadığı değerlendirilmiştir.

Biyomimikri destekli interaktif cephe bileşen tasarım önerileri referans alınan Kars ili için belirlenen yüksek enerji gereksinimi, ısı kaybını minimuma indirme, ısı depolama ve güneş ışınlamından maksimum yararlanma şeklinde belirlenen dört anahtar kavrama yönelik çözüm önerisi getirmiştir. İlk tasarım önerisinde problemlerin çözümündeki rol model kutup ayısı ısı emilimi ve iletiminde, alplerin düğün çiçeği ise heletropizma hareketi ile güneş ışığına duyarlı kinetik hareket yapabilmesi için seçilmiştir. Tasarlanan cephe bileşeni güneş ışığına göre hareket ederek güneş ışığı kontrollü bir şekilde yapıya almakta ve yüzeyindeki fiber optik tüplerle güneş ışınları hapsedilerek hava ısıtılmış ve yapı içine alınarak pasif ısıtma gerçekleştirilmiştir. İkinci tasarım önerisinde problemlerin çözümündeki rol model çam kozalağı sistemin hareket yeteneği için, namib çöl böceği ise sistem için gerekli olan su oranını karşılayabilmek amacıyla seçilmiştir. Tasarlanan cephe bileşeni yağmurlu ve sıcaklığın çok yüksek olduğu dönemlerde kapanmakta ve ısı transferlerini engellemektedir. Cephe bileşeni üzerindeki su kapsüllerin ihtiyaç duyduğu su miktarı mikro hidrofiik parçacıklardan karşılanmaktadır. Üçüncü tasarım önerisinde problemlerin çözümündeki rol model drosera capensis çevresel veri toplama ve hareket iskelet çiçeği ise çevresel etmenlere tepki vererek ortama uyum sağlaması için seçilmiştir. Tasarlanan cephe bileşeni yağmurlu dönemlerde tigmotropik yöntemle hareket ederek kapanmakta ve aynı zamanda şeffaflaşarak hem güneş ışığının yapı içine alınması sağlamış hem de ısı geçişlerini engellemiştir.

Biyomimikri destekli interaktif cephe bileşen tasarım önerilerinin kazandırmış olduğu olumlu ve olumsuz yönler şu şekilde sıralanabilir.

Olumlu yönleri:

- Yapılan gün ışığı analizlerinde interaktif cephe bileşenin kullanıldığı durumlarda güneş ışığı yapıya kontrollü alınarak görsel konfor için eşik değerleri sağlanmıştır.
- Yıllık elektrik ve yakıt kullanım miktarları düşürülerek yıllık enerji tasarrufu sağlamıştır.
- Pencere alanına uygulandığı gibi yapı cephesinin tamamına da uygulanabilmektedir.
- Güneş enerjisinden maksimum olarak faydalanabilmektedir.
- Yapı formunda, yönelme gibi sağlanması zorunlu planlama kriteri ortadan kaldırılmıştır. Serbest planlama kolaylığı sağlamıştır.
- İnteraktif olarak güneş esaslı hareketi sayesinde soğutma ve ısıtma maliyetleri düşürülmüştür.

- Yapı içi konfor pasif sistemle elde edilmiştir.
- Tek tip seri üretim nedeniyle uygulama süresi kısadır.
- Akıllı bir sistem olduğu için kendi kendini otomatik olarak kontrol edebilmektedir.

Olumsuz yönleri:

- Farklı iklim bölgelerine göre uygulanabilirliği değişiklik gösterebilmektedir.
- Cephe bileşeni tek tip olduğu için estetik kriteri nedeniyle bazı kullanıcılar tarafından kabul görülmeyebilmektedir. Ancak hareket yeteneğiyle birlikte istenilen boyutlarda tasarlanabilmesi bu etkiyi azaltmaktadır.
- Farklı disiplinler arasında entegre bir çalışma gerektirmektedir.
- İlk yapım maliyeti yüksektir.

Biyomimikri yöntemle belirlenen problemlere karşı belirli süreç ve yöntemlerle etkin çözümler getirilebildiği anlaşılmıştır. Biyomimikri tasarım yaklaşımıyla kinetik mimari uygulamaların elde edilebileceği görülmüştür. Biyomimikrinin tasarım süreçlerine entegre edilmesiyle birlikte sürdürülebilir ve enerji etkin yapı elemanların üretilebileceği anlaşılmıştır.



KAYNAKLAR

- Abdou, A., Abd ELgawad, I., and Eldin, N. N. (2016). Biomimetic Potentials For Building Envelope Adaptation In Egypt. *Procedia Environmental Sciences*, 34, 375-386.
- Atawula, A. (2016). *Bioinspired Kinetic Architecture And Adaptive Component Desing Proposal*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Aytem, N. M. (2005). *Mimari Mekanda Renk, Form Ve Doku Değişiklerinin Algılanması*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi . İstanbul.
- Başar, C. (2014). *Mekan Hareketlerinin Fiziksel, Topolojik ve Deneyimsel Bağlamlar Üzerinden İncelenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Benyus, J. M. (1997). *Biomimicry: innovation inspired by nature*. New York: Perennial, ABD: Harper Perennial.
- Biomimicry Institute. (2007). *Biomimicry: A tool for nnovation (The Design Spiral)*. (Aktaran: İleritürk, İ. 2016)
- Bozkurt, C. (2010). *Kinetik Sistemlerle Çalışan, Biyomimetik Bir Kentsel Donatı Tasarımı - Urbancot*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Conrads, U. (1991). *20. Yüzyıl Mimarisinde Program ve Manifestolar*. İstanbul: Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı (Çev. Sevinç Yavuz), 141-142.
- Dikmen, Ç., ve Gültekin, A. (2009). *Sürdürülebilir Yapı Tasarımı Kapsamında Mimari Tasarım Sürecinde Akıllı Bina Kavramına Bakış*. 1. International Building and Life Congress: Nature, City and Sustainability (21. Uluslararası Yapı ve Yaşam Kongresi: Doğa, Kent ve Sürdürülebilirlik). Bursa.
- Diller Scofidio+Renfro, and Rockwell Grubu. (2017). *The Shed*. ARQ (Santiago)(97), 28-41.
- Dizdar, H. (2009). *İklimsel Tasarım Parametreleri Açısından Geleneksel ve Yeni Konutların Değerlendirilmesi: Diyarbakır Örneği*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

- Duran, N. (2019). *Kinetik Mimarlık Bağlamındaki Hareketli Yapı Uygulamalarının İnceleme ve Değerlendirmeleri*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Eggermont , M. (2007). Biomimetics as Problem-Solving, Creativity and Innovation Tool. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*.
- Erçin, Ç. (2005). *Mimarlıkta İklim Faktörü ve Bu Faktöre Bağlı Olarak Konut Alanlarında Fiziksel Yerleşme Yoğunluğunun Belirlenmesi İçin İlkeler*. Yakın Doğu Üniversitesi, Fen Ve Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Lefkoşa.
- Fouad, S. M.-H. (2012). *Design Methodology: Kinetic Architecture*. Presented to the Graduate School Faculty of Engineering, Alexandria University In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree, Master of Science.
- Fox, M. (2016). *Interactive Architecture: Adaptive World* (First Edition b.). New York: Princeton Architectural Press, 90-97.
- Fox, M. A., and Yeh, B. (1999). *Intelligent Kinetic Systems*, Cambridge: MIT Kinetic Desing Group, 4-10.
- Gezer, H. (2007). Doku-Mozaiikte Bir Yerde. *Mimarlıkta Malzeme Dergisi* (6), 35-45.
- Gürel , S. (2010). *Geleneksel Konutların Biçimlenişinde İklim Öğesinin Etkinliği: Safranbolu Örneği*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Gürel, S. (1968). *Uzay Organizasyonlarında Yeni Gelişmeler*. İstanbul: İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, 24-32, (Aktaran: İnan, N. 2014).
- Harry , S. C. (2005-2006). *Responsive Kinetic Systems*. Univercity of Cincinnati, Master of Architecture Thesis.
- Helms, M., Vattam, S., and Goel, A. (2009). Biologically Inspired Design: Process and Products. *Design Studies - The Interdisciplinary Journal of Design Research*, 30(5), 606-622.
- İleritürk, İ. (2016). *Mimarlık Eğitiminde Doğa İle İlişki Bağlamında Biyomimikri*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- İnan, N. (2014). *Kinetik Yapı Tasarımında İşlevsel Esneklik ve Entegre Sistemlerin Kullanım Önerisi*. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. Ankara.

- İnternet: URL-1. (2019). Leonarda da Vinci Uçan Makine Eskizi. <https://www.thinglink.com/scene/649387411842793474>, Erişim Tarihi: 21.12.2019.
- İnternet: URL-2. (2019). Pıtrak otu ve Velcro(cırt cırt) bandı. <https://argevetasarim.com/dogadan-esinlenilerek-gelistirilen-teknolojiler-biyomimetik/>, Erişim Tarihi: 27.12.2019.
- İnternet: URL-3. (2019). Asknature. <https://asknature.org/idea/shinkansen-train/>, Erişim Tarihi: 27.12.2019.
- İnternet: URL-4. (2019). Yalıçapkını ve Hızlı Tren. <https://medium.com/t%C3%BCrkiye/h%C4%B1zl%C4%B1-trenlere-i%C4%B1ham-kayna%C4%B1-olan-neydi-1e198d21c852>, Erişim Tarihi: 28.12.2019.
- İnternet: URL-5. (2019). Eyfel Kulesi. <https://www.wired.com/2015/03/empzeal-eiffel-tower/>, Erişim Tarihi: 28/12/2019. Wİred. adresinden alındı
- İnternet: URL-6. (2019). Uyluk Kemiği. <http://blog.eternalvigilance.me/2015/08/made-in-his-image-bone-an-engineering-marvel-by-randy-j-guliuza-p-e-m-d-institute-for-creation-research/>, Erişim Tarihi: 28.12.2019.
- İnternet: URL-7. (2019). Alplerin Dügün Çiçeği. https://en.wikipedia.org/wiki/Ranunculus_acraeus, Erişim Tarihi: 13.12.2019.
- İnternet: URL-8. (2020). TDK Sözlüğü. <https://www.sozluk.gov.tr/?kelime=>, Erişim Tarihi: 30.09.2020.
- İnternet: URL-9. (2020). Konstrüktivist Mimari Örneği. <http://arch365bilgi.blogspot.com/2018/04/konstruktivism-ve-yakov-chernikhov.html>, Erişim Tarihi: 1.10.2020.
- İnternet: URL-10. (2020). Plug-in City. <https://www.archigram.net/portfolio.html>, Erişim Tarihi: 01.10.2020.
- İnternet: URL-11. (2020). Liz West Renk Yansımamız. <http://www.liz-west.com/#/our-colour-reflection/>, Erişim Tarihi:05.10.2020.
- İnternet: URL-12. (2020). Ulusal Katar Müzesi. <https://www.arkitera.com/haber/ulusal-muzede-magara-seklinde-hediyelik-esya-dukkanlari/>, Erişim Tarihi: 06.10.2020.

İnternet: URL-13. (2020). Frank Gehry Lou Ruvo Beyin Sağlığı Merkezi. <http://paftamag.com/dekonstruktivizm-101-bernard-tschumi/>, Erişim Tarihi: 06/10/2020.

İnternet: URL-14. (2020). Sharifi-ha House. <https://www.archdaily.com/522344/sharifi-ha-house-nextoffice>, Erişim Tarihi: 7.10.2010.

İnternet: URL-15. (2020). David Fisher, Dynamic Tower- Dinamik Kule. http://www.dynamicarchitecture.net/index.php?option=com_content&view=article&id=37&Itemid=10&lang=eng, Erişim Tarihi: 08.10.2020.

İnternet: URL-16. (2020). Quadrant House. <https://www.archdaily.com/917957/quadrant-house-kwk-promes>, Erişim Tarihi: 09.10.2020.

İnternet: URL-17. (2020). Ten Fold Engineering Mobil Sistemli Yapı. <https://www.tenfoldengineering.com/index.php>, Erişim Tarihi: 09.10.2020.

İnternet: URL-18. (2020). Starlight Tiyatrosu. <https://www.archdaily.com/28649/bengt-sjostrom-starlight-theatre-studio-gang-architects>, Erişim Tarihi: 11.10.2020.

İnternet: URL-19. (2020). Domespace Yapısı. <https://gaiadergi.com/donen-tasarimli-felaketlere-dayanikli-ekolojik-ev-domespace/>, Erişim Tarihi: 15.10.2020.

İnternet: URL-20. (2020). Rolling Bridge (Yuvarlanır köprü). <http://www.heatherwick.com/projects/infrastructure/rolling-bridge/>, Erişim Tarihi: 16.10.2020.

İnternet: URL-21. (2020). The Olympic Tennis Center- Magic Box. <https://www.archdaily.com/235544/olympic-tennis-centre-dominique-perrault-architecture>, Erişim Tarihi: 17.10.2020.

İnternet: URL-22. (2020). Kiefer Technic Showroom . <https://www.designindaba.com/articles/creative-work/dynamic-solar-shading-kiefer-technic-showroom>, Erişim Tarihi: 17.10.2020.

İnternet: URL-23. (2020). The Shed Arts Center - The Shed Sanat Merkezi. <https://www.theplan.it/eng/award-2019-culture/the-shed>, Erişim Tarihi: 24.10.2020.

İnternet: URL-24. (2020). Dynamic Tower-Dinamik kule. <https://www.archilovers.com/projects/3354/rotating-tower.html>, Erişim Tarihi: 03.11.2020.

- İnternet: URL-25. (2020). CJ Research Center - CJ Arge Merkezi. <https://yazdanistudioresearch.wordpress.com/2011/11/15/cj-rd-center-kinetic-facade/>, Erişim Tarihi: 05.11.2020.
- İnternet: URL-26. (2020). CJ Research Center - CJ Arge Merkezi. <http://www.evolo.us/cj-research-centers-kinetic-folding-facade-yazdani-studio/>, Erişim Tarihi: 05.11.2020.
- İnternet: URL-27. (2020). Kolding Campus University of Southern Denmark- SDU Kampüs Kolding binası. <http://arcdog.com/portfolio/sdu-university-of-southern-denmark-campus-kolding/>, Erişim Tarihi: 07.11.2020.
- İnternet: URL-28. (2020). Kolding Campus University of Southern Denmark- SDU Kampüs Kolding binası. <https://www.e-architect.co.uk/denmark/kolding-campus-university-southern-denmark>, Erişim Tarihi: 07.11.2020.
- İnternet: URL-29. (2020). Kolding Campus University of Southern Denmark- SDU Kampüs Kolding binası. <https://www.ribaj.com/products/campus-kolding-university-of-southern-denmark>, Erişim Tarihi: 07.11.2020.
- İnternet: URL-30. (2020). Thyssenkrupp Genel Merkezi. <https://www.archilovers.com/projects/41642/the-thyssenkrupp-quarter.html#info>, Erişim Tarihi: 20.10.2020.
- İnternet: URL-31. (2020). Thyssenkrupp Genel Merkezi. <https://www.arch2o.com/q1-thyssenkrupp-quarter-essen-jswd-architekten-chaix-morel-et-associes/>, Erişim Tarihi: 29.10.2020.
- İnternet: URL-32. (2020). Dalgıç Kıyafeti. <https://news.mit.edu/2016/beaver-inspired-wetsuits-surfers-1005>, Erişim Tarihi: 27.11.2020.
- İnternet: URL-33. (2020). Kunduz. <http://www.eveteriner.net/wp-content/uploads/2015/11/kunduz.jpg>, Erişim Tarihi: 27.11.2020.
- İnternet: URL-34. (2020). Geko Kertenkelesinin Parmak Yapısı ve Geko Bant Kaplamalı Kumaşlar. <https://geckskin.umass.edu/>, Erişim Tarihi: 27.11.2020.
- İnternet: URL-35. (2020). Su Köpüğü Yapısı ve Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi. <https://www.l-a-v-a.net/projects/beijing-watercube/>, Erişim Tarihi: 03.12.2020.

İnternet: URL-36. (2020). Pekin Ulusal Su Sporları Merkezi. https://www.ptw.com.au/ptw_project/uq-dfat-living-in-the-city-exhibition/, Erişim Tarihi: 03.12.2020.

İnternet: URL-37. (2020). Yeosu Expo Tematik Pavyon. <https://www.e-architect.com/korea/expo-yeosu-pavilion>, Erişim Tarihi: 03.12.2020.

İnternet: URL-38. (2020). Yeosu Expo Tematik Pavyon. http://www.soma-architecture.com/index.php?page=theme_pavilion&parent=2#, Erişim Tarihi: 03.12.2020.

İnternet: URL-39. (2020). Esplanade Tiyatro Binası ve Durian Meyvesi. <https://parametrichouse.com/biomimicry-architecture-3/>, Erişim Tarihi: 3.12.2020.

İnternet: URL-40. (2020). Gherkin Kulesinin ve Venüs Bitki Süngeri. <https://www.modlar.com/photos/collections/105/biomimicry/view/>, Erişim Tarihi: 03.12.2020.

İnternet: URL-41. (2019). Ursus Maritimus-Polar Bear. https://animaldiversity.org/accounts/Ursus_maritimus/, Erişim Tarihi: 28.12.2019.

İnternet: URL-42. (2020). Alpine Buttercup (Alplerin Dügün Çiçeği) . <https://nwwildflowers.wordpress.com/2011/07/22/alpine-buttercup-aka-snow-buttercup-ranniculus-eschscholtzii/>, Erişim Tarihi: 08.12.2020.

İnternet: URL-43. (2020). Insight Lighting Analysis. <https://adskinsight.gitbooks.io/insight-lighting-analysis-help/content/overview.html>, Erişim Tarihi: 15.12.2020.

İnternet: URL-44. (2020). Kozalak. <https://bilgikapsulu.com/kozalak/>, Erişim tarihi: 15.11.2020.

İnternet: URL-45. (2020). Drosera Capensis. <http://pza.sanbi.org/drosera-capensis>, Erişim Tarihi: 24.11.2020.

İnternet: URL-46. (2020). Drosera Capensis. https://en.wikipedia.org/wiki/Drosera_capensis, Erişim Tarihi: 24.11.2020.

İnternet: URL-47. (2020). Diphyllia Grayi (İskelet Çiçeği). <https://cienciaybiologia.com/diphyllia-grayi-las-flores-de-cristal-que-se-vuelven-transparentes-con-la-lluvia/>, Erişim Tarihi: 24.11.2020.

İnternet: URL-48. (2020). Diphylleia Grayi. <https://kknews.cc/news/q24o8gy.html>, Erişim Tarihi: 24.11.2020.

İnternet: URL-49. (2020). Namib Çöl Böceği (Stenocara). <https://dusuneninsanlaricin.com/namib-bocegi-stenocara-hakkinda-bilmeniz-gereken-7-sey/>, Erişim Tarihi: 09.12.2020.

Karabetça, A. R. (2016). *Biyomimikri Destekli Mekan Tasarımı Ölçütleri ve Bu Ölçütlerin Örnekler Üzerinden İncelenmesi*. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. İstanbul.

Karaduman Ercan, S. (2018). *Biyometrik Strüktürlerin Örneklerle İrdelenmesi*. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

Karanouh, A., and Kerber, E. (2015). Innovations in Dynamic Architecture-The Al-Bahr Towers Design and Delivery of Complex Facades. *Journal of Facade Design and Engineering*, 3(2), 185-221.

Knippers, J., and Speck, T. (2012). Design and Construction Principles in Nature and Architecture. *Bioinspiration and Biomimetics*, 7(1(015002)), 1-10.

Korkmaz, K. (2001). Kinetik Bir Mimarlığa Doğru, *Ege Mimarlık Dergisi*, 37, 8-11.

Korkmaz, K. (2004). An Analytical Study Of The Design Potentials İn Kinetic Architecture. Izmir Institute of Technology, Institute of Engineering and Science, PhD Thesis. İzmir.

Kronenburg, R. (2002). *Houses In Motion: The Genesis, History and Development of the Portable Building* (Second Edition). Great Britain:Wiley Academy, 52, (Aktaran: İnan, N. 2014).

Manlutac, R. (2016). Biomimicry and architecture. *BENV7808: Materiality and Architecture*, 1-8.

Mazzoleni, I. (2013). *Architecture Follows Nature-Biomimetic Principles For Innovative Design*. New York, ABD: CRC Press, 125-129.

Mutlu, B. (2007). *Mimarlık Tarihi Ders Notları I*. İstanbul: Mimarlık Vakfı Yayınları, 9-10.

- Nakamura, Y., Reichelt, M., Mayer, V., and Mithöfer, A. (2013). Jasmonates Trigger Prey-Induced Formation of "Outer Stomach" in Carnivorous Sundew Plants. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1759), 1-6.
- Nkandu, M., and Alibaba, H. (2018). Biomimicry as an Alternative Approach to Sustainability. *Architecture Research*, 8(1), 1-11.
- Nørgaard, T., and Dacke, M. (2010). Fog-basking Behaviour and Water Collection Efficiency in Namib Desert Darkling Beetles. *Frontiers in Zoology*, 7(1), 23.
- Pawlyn, M. (2016). *Biomimicry In Architecture*. London: Riba Publishing, (2 b.), 1-30.
- Radwan, G. A., and Osama, N. (2016). Biomimicry, An Approach, For Energy Efficient Building Skin Design. *Procedia Environmental Sciences*, 34, 178-189.
- Ramzy, N., and Fayed, H. (2011). Kinetic systems in architecture: New approach for environmental control systems and context-sensitive buildings. *Sustainable Cities and Society*, 1, 170-177.
- Selçuk , S. A. (2009). *Proposal for a Non- Dimensional Parametric Interface Design in Architecture: A Biomimatic Approach*. The Degree of Doctor of Philosophy, The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University. Ankara.
- Serrano, A., Arana, M., Vanhaelewynd, L., Ballaré, C., Straeten, D., and Vandenbussche, F. (2018). Following The Star: Inflorescence Heliotropism. *Environmental and Experimental Botany*, 147, 75-85.
- Sherry, R., and Galen, C. (1998). The Mechanism of Floral Heliotropism in The Snow Buttercup, *Ranunculus Adoneus*. *Plant, Cell and Environment*, 21(10), 983-993.
- Shimomura, M. (2010, Ekim). The New Trends In Next Generation Biomimetics Material Technology: Learning From Biodiversity. *Quarterly Review No 37*, 53-75.
- Song, K., Yeom, E., Seo, S.-J., Kim, K., Kim, H., Lee, S. J., and Lim, J.-H. (2015). Journey of Water in Pine Cones. *Scientific Reports*, 5(1), 9963.
- Sorguç, A. G., ve Selçuk , S. A. (2007). Mimarlık Tasarımı Paradigmasında Biomimesis'in Etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(2), 451-459.
- Spaho, K. (2011). *Biomimicry: Architecture That Imitates Nature's Functions, Forms and Parts*. Roger Williams University Architecture, Master's Thesis,. Bristol.

- Stirling, I. (2009). Polar Bear: Ursus Maritimus. *Encyclopedia of Marine Mammals*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, Second Edition, 888-890.
- Suner, A. (2011, Mayıs–Haziran). Çevresel Etkenlere Göre Değişebilen Mimari. *Ekoyapı* (5), 82-86.
- Türk, Z. B. (2018). *Sürdürülebilir Mimarlık İçin Doğadan Öğrenilen Yaklaşımlar: Doğa Esinli Fikirlerin Bina Kabuğuna Etkisi*. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Tzonis, A., and Lefaivre, L. (1995). Structure, Form, Movement. *Movement, Structure and the Work of Santiago Calatrava*. Basel: Boston and Berlin: Birkhäuser Basel, 16, (Aktaran: İnan, N. 2014).
- Vincent, J., Bogatyreva, O., Bogatyrev, N., Bowyer, A., and Pahl, A.-K. (2006). Biomimetics: Its Practice and Theory. *Journal of The Royal Society Interface*, 3(9), 471-482.
- Yeang, K. (2012). *Ekolojik Tasarım Rehberi* (Çev. S. Eryıldız ve D. Eryıldız). İstanbul: Yem Yayınları, 1-472, (Aktaran: Türk, Z. B. 2018).
- Yılmaz, Z., Lewis, O., Ok, V., Oral, G., Yener, A., ve Manioğlu, G. (2006). *Türkiye ve İrlanda'daki Binaların Enerji Etkin Tasarım ve Yapımı için Sürdürülebilirlik Stratejileri*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu, Proje No: 30657 Sonuç Raporu Cilt I-II-III, (Aktaran: Dizdar, H. 2009).
- Zari, M. P. (2007). *Biomimetic Approaches To Architectural Design For Increased Sustainability*. New Zealand Sustainable Building Conference (Sb07)(33).
- Zenter, Ö. (2018). *Mimari Tasarımda Biyomimetik Yaklaşımların İşlevsel Esneklik Amaçlı Kullanımı*. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. Ankara.
- Zuk, W., and Clark, R. (1970). *Kinetic Architecture*. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 30 (Aktaran: İnan, N. 2014).



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KARS, Harun
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 15.02.1995, Kars
 Medeni hali : Bekâr
 Telefon : 0 554 198 36 58
 e-mail : harunkars@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	2018-Devam Ediyor
Lisans	Bozuk Üniversitesi / Mimarlık	2018
Lise	Hüsnü M. Özyeğin Anadolu Lisesi	2013

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2019-Halen	Kars PTT Merkez Müdürlüğü	Gişe ve Büro Memuru

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Kars , H., ve Yavuz , A. (2019). *Fraktal Kurguya Dayalı Kafkas Çoban Köpeği Barınak Tasarımı*. S. C. Proceedings (Dü.), SETSCI Conference Proceedings, 4(3), s. 98-101. Ankara: 3rd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies (Fine Arts, Design and Architecture)

Hobiler

Kayak, Futbol, Seyahat etmek



GAZİ GELECEKTİR..