



**T.C.  
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MEKANSAL PLANLAMA VE TASARIM ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DOĞADAN ESİNLENEN MEKANSAL  
TASARIMLARDA ANALOJİNİN KULLANIMI:  
BİYOMİMİKİRİ**

**Rumeysa KESKİN**

**BURDUR, 2019**

**T.C.  
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MEKANSAL PLANLAMA VE TASARIM ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DOĞADAN ESİNLENEN MEKANSAL  
TASARIMLARDA ANALOJİNİN KULLANIMI:  
BİYOMİMİKİRİ**

**Rumeysa KESKİN**

**Danışman: Prof. Dr. Latif Gürkan KAYA**

**BURDUR, 2019**

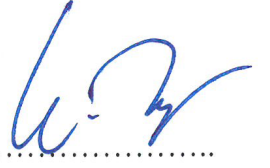
## YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

Rumeysa KESKİN tarafından Prof. Dr. Latif Gürkan KAYA yönetiminde hazırlanan **Doğadan Esinlenen Mekansal Tasarımlarda Analoginin Kullanımı: Biyomimikri** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 20/05/2019

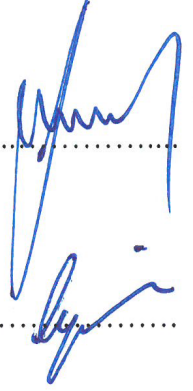
**Prof. Dr. Mehmet TOPAY** (Başkan)

Süleyman Demirel Üniversitesi .....



**Prof. Dr. Latif Gürkan KAYA** (Danışman)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.....



**Doç. Dr. Cengiz YÜCEDAĞ** (Jüri Üyesi)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.....

### ONAY

Bu Tez, Enstitü Yönetim Kurulu'nun \_\_\_\_\_ Tarih ve \_\_\_\_\_ Sayılı Kararı ile Kabul Edilmiştir.

**Doç. Dr. Ayşe Gül MUTLU GÜLMEMİŞ**

Müdür  
Fen Bilimleri Enstitüsü

(Danışman)

## ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“Doğadan Esinlenen Mekansal Tasarımlarda Analojinin Kullanımı: Biyomimikri”** başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

20 / 05/ 2019

.....  
Rumeysa KESKİN

## TEŞEKKÜR

Tez konusu seçiminde ve tez sürecimde duyduğum heyecana ortak olan, beni dinlemekten, yönlendirmekten asla vazgeçmeyen, bana ve çalışmama olan inancını ve desteğini hep hissettiğim çok kıymetli hocam Prof. Dr. Latif Gürkan Kaya'ya sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Benim canım ailem; tez sürecimde bana olan desteğinizi hep hissettirdiğiniz, bu süreçte kaybettiğim enerjimi ve motivasyonumu hep yükselttiğiniz, bütün stresimi ve kahrımı çektiğiniz, benim heyecanımı benimle birlikte yaşadığınız için size minnettarım.

Fikir danıştığım, yardım istediğim ismini buraya tek tek yazamadığım tüm dostlarım iyiki varsınız.

**Mayıs, 2019**

**Rumeysa KESKİN**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGE DİZİNİ .....	vi
ÖZET .....	vii
SUMMARY .....	viii
1.GİRİŞ.....	1
1.1.Amaç .....	1
1.2.Kapsam .....	2
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1.Mekan-Mekansal Tasarım .....	3
2.2.Analoji .....	4
2.3.Biyomimikri Tanımı ve Yaklaşımları.....	7
2.3.1.Biyomimikrinin Önemi .....	8
2.3.2.Biyomimikrinin Hedefi .....	10
2.3.2.1. Sürdürülebilirlik .....	10
2.3.2.2. Performans İyileştirme .....	11
2.3.2.3. Enerji Korunumu .....	12
2.3.2.4. Maliyetleri Azaltma .....	15
2.3.2.5. Çöp Kavramını Yok Etmek ve Yeniden Tanımlamak .....	15
2.4. Doğadan Esinlenen Tasarım İlkeleri.....	16
2.5. Tasarımlarda Doğadan Esinlenme Biçimlerinin Sınıflandırılması .....	18
2.5.1.Form (Organizma) Seviyesi .....	20
2.5.2.Davranış Seviyesi.....	23
2.5.3.Ekosistem Seviyesi .....	25
2.6.Doğadan Esinlenen Mekansal Tasarım.....	28
2.7.Doğadan Esinlenen Mekansal Tasarımlarda Analogik Yaklaşımlar .....	31
2.7.1.Biyolojiden Esinlenen Tasarım .....	31
2.7.2.Tasarımı Etkileyen Biyoloji .....	32
2.8.Doğadan Esinlenen Mekansal Tasarımlarda Analogik Yaklaşım Adımları.....	33
2.8.1.Probleme Dayalı Yaklaşım Adımları .....	34
2.8.2.Çözüme Dayalı Yaklaşım Adımları .....	34
2.9.Doğadan Esinlenen Tasarım İlkelerinin Mekansal Tasarımlara Entegrasyonu.....	35
2.10.Doğadan Esinlenen Probleme Dayalı Mekansal Tasarım Örneği: Votu Hotel ...	40
2.11. Doğadan Esinlenen Çözüme Dayalı Mekansal Tasarım Örnekleri .....	44
3.MATERYAL YÖNTEM.....	47
3.1. Materyal .....	47
3.1.1.Armadillo .....	47
3.1.2.Acil Durum Barınağı.....	49
3.2.Yöntem.....	50
4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	52
4.1.Konsept Tasarımın Geliştirilmesi .....	52
4.2. Fiziksel Veriler .....	54
4.3. Tasarım Avantajları .....	57
4.4. Tasarlanan Konsept Mekanın Kullanım Alanları .....	58
5.SONUÇ.....	59

KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ.....	67



## ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Leonardo Da Vinci'nin çalışma örnekleri .....	4
Şekil 2.2. Santiago Calatrava tasarımı sehpa .....	5
Şekil 2.3. Fali Yerlileri'nin ev şemaları .....	5
Şekil 2.4. a) Yengeç Kabuğu b) Ronchamp Şapeli, Ronchamp, Fransa.....	6
Şekil 2.5. Lion Satolas TGV İstasyonu, Colombier-Saugnieu, Fransa .....	6
Şekil 2.6. Sydney Opera Binası, Sydney, Avustralya .....	7
Şekil 2.7. a) Lotus Çiçeği, b) Bahai Tapınağı, Yeni Delhi, Hindistan .....	7
Şekil 2.8. Kendini iyileştirebilen sistemlerden esinlenen kendi kendini onarabilen polimerik yapı malzemesi .....	11
Şekil 2.9. a) Geko kertenkelesi, b) Kumaşlar .....	12
Şekil 2.10. a) Fil Hortumu, b) Biyonik Kol .....	12
Şekil 2.11. a) Termit Kulesi, b) Eastgate Binası, Zimbabve.....	13
Şekil 2.12. a) Deniz bitkileri, b) BioWave .....	14
Şekil 2.13. a) Morpho Kelebeği, b) Morphotex.....	14
Şekil 2.14. a) Yaprak Yapısı, b) Fotovoltaik Sistem .....	15
Şekil 2.15. a) Örümcek ağı, b) İplik üretimi .....	16
Şekil 2.16. a) Stenocara böceği, b) Namibya Üniversitesi Hidroloji Merkezi, Windhoek, Namibya.....	20
Şekil 2.17. a) Pangolin, b) Waterloo Uluslararası Terminali, Londra, İngiltere.....	21
Şekil 2.18. Kuzey Amerika Kunduzu.....	23
Şekil 2.19. CH2 Binası Melbourne, Avustralya.....	23
Şekil 2.20. Lloyd Crossing Projesi, Portland, ABD.....	26
Şekil 2.21. Sarmal kabuk ev, Japonya.....	30
Şekil 2.22. Nanobiomedikal Teknoloji ve Membran Biyolojisi Enstitüsü, Çin.....	30
Şekil 2.23. Kutubalığından esinlenen biyonik otomobil .....	31
Şekil 2.24. Lotustan ilham alan lotusan boyası .....	32
Şekil 2.25. Probleme dayalı yaklaşımın adımları.....	34
Şekil 2.26. Çözüme dayalı yaklaşım adımları .....	35
Şekil 2.27. Biyomimikri Tasarım Merceği: Yaşam İlkeleri .....	36
Şekil 2.28. Marau Yarımadası, Brezilya .....	40
Şekil 2.29. Votu Hotel, Brezilya .....	41
Şekil 2.30. Çayır köpekleri ve yalıtım stratejisi .....	42
Şekil 2.31. Saguaro kaktüsü ve gölgelendirme stratejisi.....	42
Şekil 2.32. Votu Hotel havalandırma stratejisi.....	43
Şekil 2.33. Votu Hotel geri dönüşüm stratejisi .....	44
Şekil 2.34. Kozalaklardan ilham alınan FAZ projesi .....	45
Şekil 2.35. a) Yapraklar, b) İnterface'in Entropy serisinden bir halı .....	46
Şekil 3.1. Armadillo .....	48
Şekil 3.2. Armadillo hareket özgürlüğü .....	48
Şekil 3.3. Tez çalışması yöntem şeması .....	51
Şekil 4.1. Armadillonun yuvarlanarak kapanma aşamaları.....	52
Şekil 4.2. Armadillo Kesit – Eskiz .....	53
Şekil 4.3. Acil durum barınağı kesiti.....	53
Şekil 4.4. Acil durum barınağı açılıp kapanması .....	54



Şekil 4.5. Acil durum barınağı 3 boyutlu modeli .....	55
Şekil 4.6. Acil durum barınağı 3 boyutlu modeli ön görünüş .....	55
Şekil 4.7. Acil durum barınağı üst görünüşü .....	56
Şekil 4.8. Acil durum barınağı kapanmış hali .....	56
Şekil 4.9. Acil durum barınağının açılıp kapanması .....	57
Şekil 4.10. Acil durum barınağı yarı açık pozisyonu .....	57
Şekil 4.11. Silahlı kuvvetlerin kullanımını için tasarlanan kamuflaj desenli barınak .....	58



## ÇİZELGE DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Tablo 2.1.</b> Biyomimikri Uygulaması için bir Çerçeve.....	19
<b>Tablo 2.2.</b> Bir ilham kaynağının doğal şekil ve işlevinden (form) esinlenilen tasarımlar ve uygulama alanları .....	22
<b>Tablo 2.3.</b> Bir görevin nasıl yapıldığından (davranış) esinlenilen tasarımlar ve uygulama alanları .....	25
<b>Tablo 2.4.</b> Ekosistemlerin sinerjileri ve sürdürülebilirliğinden esinlenilen tasarımlar ve uygulama alanları .....	28
<b>Tablo 2.5.</b> Doğadan esinlenen mekansal tasarım yaklaşımları .....	34
<b>Tablo 2.6.</b> Yaşam İlkeleri ile yenilikçi mekan tasarım ilkelerinin eşleştirilmesi .....	39



# ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

**Doğadan Esinlenen Mekansal Tasarımlarda Analojinin Kullanımı: Biyomimikri**

**Rumeysa KESKİN**

**Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Mekansal Planlama ve Tasarım Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Latif Gürkan KAYA**

**Mayıs, 2019**

İnsanlığın var oluşundan beri barınma ihtiyacı hep var olduğundan, mekan oluşumu ya da tasarımının geçmişi o zamana kadar uzanmaktadır. O dönemlerde dahi mekan tasarımlarında karşılaşılan problemler, doğadaki benzer problemlerle kıyaslanmış ve imkanlar dahilinde taklit edilmeye çalışılmıştır. Çünkü doğa tasarımcılara milyarlarca yıllık tecrübesiyle sonsuz bir ilham kaynağı sunmaktadır.

Bu çalışmanın temel hedeflerinden biri, mekansal tasarımlarda doğadan esinlenme bilincinin artırılmasıdır. Günümüzde çok önemli olan sürdürülebilirlik kavramının öneminin anlaşılması ve tasarım kriterleri sıralanırken doğadan esinlenen tasarım ilkelerinin düşünülmesi hedeflenmektedir. Çevresel döngüyü destekleyen en azından çevreye zarar vermeyen mekânsal tasarımların artışı sağlanmalıdır. Bu doğrultuda materyal yöntem bölümünde acil durum barınağı hakkında literatür taraması yapıp kriterler belirlendikten sonra, ortaya çıkan gereksinimlerden yola çıkarak konsept bir tasarım yapılmıştır. Literatür taraması ve devamında yapılan tasarım çalışmasının bu konuda bundan sonra yapılacak olan araştırmalar için yararlı olacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğadan esinlenme, Mekansal tasarım, Analoji, Biyomimikri

# **SUMMARY**

**M. Sc. Thesis**

**Inspired by Nature in Spatial Designs Use of Analogy: Biomimicry**

**Rumeysa KESKİN**

**Burdur Mehmet Akif Ersoy University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Spatial Planning and Design Department**

**Supervisor: Prof. Dr. Latif Gürkan KAYA**

**May, 2019**

Since the existence of humanity has always existed since the existence of humanity, the history of space formation or design dates back to that time. Even at those times, the problems encountered in the design of the spaces are compared with the similar problems in nature and tried to be imitated within the possibilities. Because nature offers an endless source of inspiration for designers with billions of years of experience.

One of the main objectives of this study is to increase the awareness of nature in spatial designs. The importance of the concept of sustainability, which is very important nowadays, and design criteria are envisaged. The spatial designs that support the environmental cycle must be at least increased. In this direction, after a literature search was made about the emergency shelter in the material method section and the criteria were determined, a concept design was made based on the emerging needs. The literature review and the subsequent design study are thought to be useful for future research.

**Keywords:** Inspiration from nature, Spatial design, Analogy, Biomimicry

# 1. GİRİŞ

Dünya'da nüfus yoğunluğunun her geçen gün hızla arttığı düşünüldüğünde, enerji kullanımı, sürdürülebilirlik, geri dönüşüm gibi kavramların önemi giderek artmaktadır. İnsanların tasarımda karşılaştığı her sorunla, dünyada bulunan 30 milyon canlının karşılaşmış ve bu sorunlara verimli çözümler bulmuş olma olasılığı insanlara göre oldukça yüksektir.

Her organizma eşsizdir ve kendi ortamına tam olarak adapte olmuştur. Doğa bir sonraki nesle ulaşmak için hayatta kalma testini geçerken, gereksinimlerine bulduğu işe yarayan çözümlerle gelişir (Ali El-Zeiny, 2012). Doğa büyük bir düzen içerisinde sürdürülebilir hayatlar ve mekanlar oluşturmaktadır. Doğa güvenilirdir, gerektiği kadar enerji harcar, çöp oluşturmaz, ciddi bir geri dönüşümcüdür. Bu yüzden mekansal tasarımların verimli, hafif, sürdürülebilir olması için, yeni tasarım ilkeleri belirlenirken doğadan esinlenmek gereklidir.

Bu çalışmada doğadan esinlenen mekansal tasarımlarda analoginin kullanımı dolayısıyla biyomimikrinin ele alınmasındaki temel düşünce; günümüz teknoloji şartlarıyla ve daha bilinçli bir toplum varlığı varsayılarak, doğadan esinlenmenin öneminin fark ediliyor olmasıdır.

## 1.1. Amaç

Son zamanlarda sıkça gündeme gelen dünya kaynaklarının hızla tüketilmesi konusu tasarımcıların ve bilim insanlarının odak noktası haline gelmiş, yeni çözüm arayışlarına yöneltmiştir. Bu arayış sayesinde tasarımcılar doğanın kendi içinde her şeyi çözdüğünü fark etmişlerdir.

Doğa insanlar için büyük bir ilham kaynağıdır. Sosyal yaşamda ve tasarımlarda karşılaştığımız birçok sorunun cevabı doğada mevcuttur. İnsanların dış etkilerden korunma ve barınma gibi temel ihtiyaçlarını karşılamak için oluşturdukları mekanlara örnek olabilecek, doğadaki canlılar tarafından yapılmış, hafif, ekonomik ve pratik şekilde çözülmüş binlerce mekan örneği vardır. İlk insanlar barınma ihtiyaçlarını karşılamak için doğadan esinlenmeyi denemişlerdir. Ancak teknolojinin eksikliği nedeniyle yetersiz kalmış ve form taklidinden öteye gidememiştir. Doğadan esinlenmeye çalışılsa da doğayı evcilleştirmeye çalışmak konusunda kazanan insanlar olmuştur. Doğanın döngüsüne katkıda bulunmak bir yana insanlar kendi hayatlarını var etmeye çalışırken, geri dönüşümsüz

malzemeler kullanarak, üretilenden fazla enerji harcayarak, doğal hayata zarar vermektedirler. Bu doğaya zararlı döngü durdurulmasa da yavaşlatılabilir. Gün geçtikçe insanlar daha bilinçli bir hale gelmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte ulaşılabilir kaynakların sayısının artması, insanlar için doğadan öğrenmeyi daha kolay bir hale getirmiştir.

Bu çalışmanın amacı; biyomimikrinin temel hedeflerinden olan enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik gibi kavramların çok önemli olduğu günümüzde, doğanın yüzlerce yıllık tecrübesinden faydalanarak mekan tasarımlarına katkı sağlanmasının araştırılmasıdır.

## **1.2. Kapsam**

Bu tez çalışmasında; doğadan esinlenmenin önemi, mekan tasarımı, analogi kavramı, doğadan esinlenen mekan tasarımlarında analoginin kullanımı, biyomimikri kavramı ele alınmıştır. Araştırmanın kapsamı; biyomimikri tasarım prensipleri, hangi konularda ve hangi sorunlarda doğadan ilham alınarak çözüme ulaşabilmenin hedeflendiği, biyomimikri örnekleri, doğadan esinlenen mekansal tasarım ilkeleri ve örnekleri, sürdürülebilir mekanlar yaratmanın ve gelecek için biyomimikrinin öneminin irdelenmesi olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın mutlak bir doğadan esinlenen tasarım yapmak gibi bir hedefi yoktur. Öncelikle tasarımın her alanında doğadan esinlenme bilincinin oluşturulması, tasarım yapılırken sorgulamanın artırılması hedeflenmektedir. Karşılaştırmalı bir literatür taraması, mevcut biyomimikri örneklerinin analizi ve acil durum mimarisine örnek, biyomimikri destekli modüler barınak tasarımı çalışmasıyla bu hedefe katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

## 2. GENEL BİLGİLER

Yüzyıllardır insanlar sorunlarına etkin çözümler bulabilmek için farklı yollar denemişler bu bağlamda tasarımcılar tasarımlarında fark yaratabilmek için yenilikçi çözümlere yönelmişlerdir. Bu çözümlere ilham veren önemli bir kaynak ise, doğadır. Doğa insanlar için esin kaynağı olmuştur. Tasarım kusurlarını en aza indirerek, tasarım için en uygun malzemeyi seçerek, koşullara göre geri dönüşüm ve çözümler sağlayan doğa, ekonomik, dayanıklı ve estetik olan büyük bir fabrikadır.

Milyonlarca yıllık evrimin ardından doğa neyin uygun, neyin uzun ömürlü olduğunu öğrenmiştir. Bu yüzden doğanın tasarımları kusursuza yakındır. Doğa insanların karşılaştığı birçok soruna (sürdürülemeyen enerji tüketimi, geri dönüştürülemeyen malzeme vs.) çözüm sağlayabilmektedir. Sürdürülebilir ve hafif tasarımların en iyi tasarımcısı doğadır. Bu yüzden tasarımcılar doğadan ilham almalıdır.

Konu içeriğinin daha iyi anlaşılabilmesi açısından önemli olduğu düşünüldüğü için alt bölümde önce mekan ve mekansal tasarım kavramlarından söz edilmiştir.

### 2.1. Mekan-Mekansal Tasarım

Devasa sonsuz evrende bu evreni sınırlandıran, bölen, biçimlendiren herşey mekan kavramına dahil edilebilir. Mekanın mutlak bir tanımı olmamakla birlikte insanlar ve diğer canlılar için çevrelenmek ve sınırlandırılmak hissini oluşturan algı, yer olarak tanımlanabilir. Yeryüzü, gökyüzü, ağaçlar, bulutlar doğal mekan oluştururken, duvar, bir üst örtü, tavan, kirişler, kolonlar yapay mekan oluşturur (Altan, 1992).

Her yapı iki çeşit mekan yaratmaktadır. Birincisi yapının kendi tarafından sınırlanan iç mekan, diğeri ise söz konusu yapının dış yüzeylerinin etrafındaki başka yapılarla sınırladıkları dış mekandır (Altan, 1992).

İnsanoğlu varoluşundan bugüne korunma, barınma, estetik ve benzeri kaygılarla mekan oluşturmaya devam etmiştir. İnsanların oluşturdukları bu mekanlara ilham olabilecek, doğadaki canlılar tarafından oluşturulmuş, estetik, hafif, geri dönüşümlü, binlerce örnek gösterilebilir. İnsanın doğayı ele alma düşüncesi, doğanın bir model, bir ölçü ve bir rehber olduğunu kabul etmenin en kısa yoludur (Benyus, 1998). Örneğin; Termit kulelerinde bulunan iklimlendirme ve havalandırma sistemleri, insanların yaptığı sistemlerden çok daha ileri bir konumdadır. Termitler hava akımına aşırı duyarlı oldukları için kusursuz bir havalandırma sistemi yapmaktadırlar (Kaya, 2015).

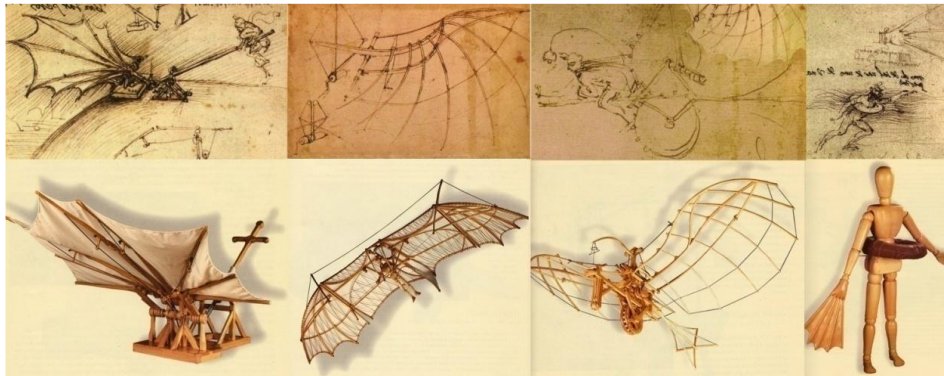
Tasarımcılara mekan tasarımlarında büyük bir ilham kaynağı olan doğa ve doğadan esinlenmenin ve bu süreçte analojinin kullanımının anlatılacağı bu çalışmanın devamında analogi ve biyomimikri kavramlarına yer verilmiştir.

## 2.2. Analogi

Analoji Büyük Larousse sözlüğünde “Özünde farklılıklar göstermekle birlikte benzer özelliklere sahip olan şeyler arasındaki benzeşmedir.” diye geçmektedir (Anonim, 1993). Başka bir sözlükte ise Anoloji; iki farklı şey arasındaki bir benzerliğin vurgulanmak amacıyla karşılaştırılmasıdır (Anonim, 2018). Analoji karmaşık ve yeni kavramların, bilinen kavramların benzer özelliklerinden yola çıkarak daha kolay anlaşılır kılınmasında işe yarar. Birçok tasarımcı tasarımlarını farklı ilham kaynaklarından yararlanarak yapmaktadırlar. Bu tasarımlar ya birebir ilham kaynağına benzemekte ya da benzerlik göstermektedir.

Analoji, insanların sonuç çıkarmak ve yeni kavramlar öğrenmek için kullandıkları etkili bilişsel mekanizmalardan biridir. Bilişsel fikir ve kavramların geliştirilmesi ve öğretilmesinde önemli bir rol oynar. Analoji güçlü bir öğretme ve öğrenme aracıdır ve aynı zamanda problem çözme, tanımlamalar yapma ve tartışma ortamları oluşturma gibi birçok başka amaç için de mükemmel bir araçtır. Yunancada, benzerlik orantılı ilişkilerde bir orantıya göre benzerliktir. Bu benzerlik, farklı ölçeklerde iki form (örneğin; iki üçgen) arasında olabileceğinden, iki farklı miktar arasında da olabilir. Eğitimde benzetme bir simülasyon olarak tanımlanır (Tavşan vd., 2014).

Lodato (2005), Leonardo Da Vinci'nin belki de ilk gerçek biyonik araştırmacısı olduğunu söyler. Birçok tasarımında doğadan esinlenmiştir. Örneğin; ilk uçak tasarlanırken Leonardo Da Vinci kuşların nasıl uçtuklarını incelemiştir (Şekil 2.1)(Akgöze, 2015). Wright Kardeşler de yaptıkları uçağın dengeleyicisi için bir akbabanın türbülansı azaltmak için vücudunu nasıl kullandığını incelemişlerdir (Lodato, 2005).



Şekil 2.1. Leonardo Da Vinci'nin çalışma örnekleri (Boğa, 2013).



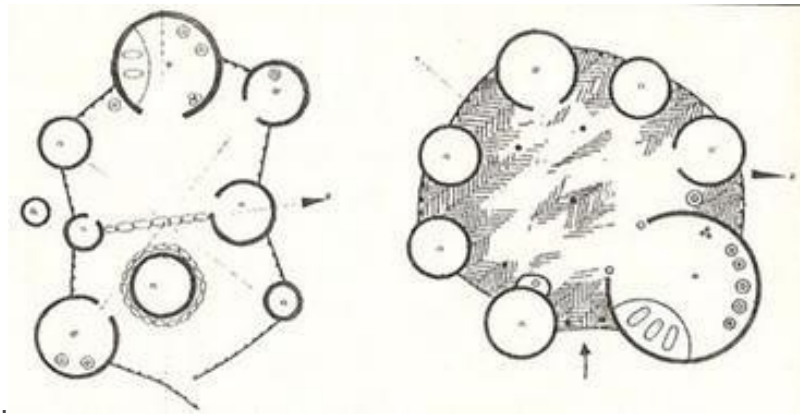
Tasarımın her alanında olduğu gibi mekan tasarımında da tasarımcılar doğadan ilham almış ve doğal analogiyi kullanmıştır. Doğadan esinlenen mekansal tasarımlara bakıldığında literatürdeki en yaygın paradigma doğadaki form ve strüktürlerin analogi ile yapıya aktarılması olmuştur (URL-1, 2016). Mekan tasarımlarında doğadan esinlenilmiş pek çok örnek vardır; ağaç gibi dallanmış yapılardan, çiçek analogilerine, ağ yapılaşmalarından kabuklara, kristallerden yıldızlara kadar çok geniş bir yelpazede değişik metaforlardan yararlanıldığı görülebilir (Arslan-Selçuk ve Gönenç-Sorguç, 2004).

Mekan tasarımlarıyla ilgili analogi örnekleri Şekil 2.2 – 2.7’ de verilmiştir. Santiago Calatrava tasarımı olan bu sehpa insan vücudundan esinlenerek ortaya çıkmıştır (Şekil 2.2.).



**Şekil 2.2.** Santiago Calatrava tasarımı sehpa (URL-1, 2016).

Hayvanlarla binalar arasında kurulan benzerlikler her zaman açık seçik olmayabilir. Örneğin Şekil 2.3’teki ev şemaları kaplumbağa bedenini çağrıştırmaktadır (Gürsel, 2009).



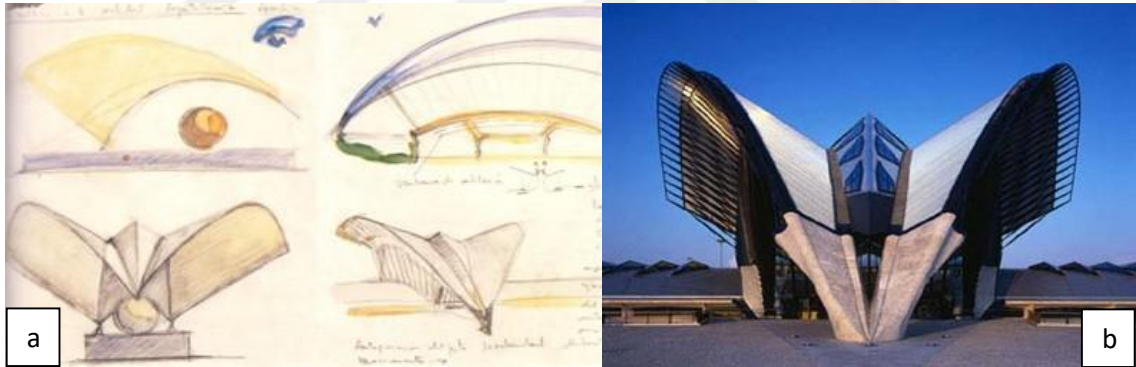
**Şekil 2.3.** Fali Yerlileri’nin ev şemaları (Gürsel, 2009).

Le Corbusier'in Ronchamp Şapeli yaratıcı bir analogi örneğidir (Şekil 2.4b). Bu şapelin çatısı yengeç kabuğundan yola çıkılarak tasarlanmıştır (URL-2, 2016).



**Şekil 2.4. a) Yengeç Kabuğu b) Ronchamp Şapeli, Ronchamp, Fransa (URL-2, 2016).**

Santiago Calatrava tasarımı neredeyse kırk metre yüksekliğindeki çelik ve betonarme yapı muazzam bir kuş figürünü ifade eder (Şekil 2.5). Yapıdaki iki ana kemer kuş gagası gibi bir araya gelmektedir (URL-2, 2016).



**Şekil 2.5. Lion Satolas TGV İstasyonu, Colombier-Saugnieu, Fransa (URL-2, 2016).**

Şekil 2.6' daki Jorn Utzon, Sydney Opera Binası'nı iç içe geçmiş kabuklar şeklinde ses ve su dalgalarından esinlenilerek tasarlamıştır (URL-1, 2016).



**Şekil 2.6.** Sydney Opera Binası, Sydney, Avustralya (URL-1, 2016).

Hindistan'ın başkenti Delhi'de yer alan Bahai Tapınağı Lotus tapınağı olarak ta bilinir (Şekil 2.7b). Bu tapınak lotus çiçeğinden esinlenerek tasarlanmıştır. Yapının en alt kısmında bulunan ve lotusun taç yaprakları gibi dışarıya uzanan dokuz kanat yapıya ana şeklini verir. Yukarı doğru uzanan ve bir çiçeğin yapraklarını andıran bir forma sahiptir (Uç-Zeytün, 2014).



**Şekil 2.7. a)** Lotus Çiçeği, **b)** Bahai Tapınağı, Yeni Delhi, Hindistan (Uç-Zeytün, 2014)

### 2.3. Biyomimikri Tanımı ve Yaklaşımları

Biyomimikri terimi ilk olarak 1962'de bilimsel literatürde yer almış ve özellikle 1980'lerde yaygınlaşmaya başlamıştır (Aziz ve El Sherif, 2015). Biyomimikrinin kurucusu biyolog Janine Benyus: Innovation Inspired by Nature (Doğadan ilham alan İnovasyon) adlı kitabında biyomimikriyi, "Yaşamın dehasının bilinçli öyküsü" olarak tanımlamıştır (URL-3, 2018).

Biyomimikri, Latince *bios* (hayat) ve *mimikos* (taklit) kelimelerinden türemiştir (Volstad ve Boks, 2012; Kaya vd., 2018). Kennedy (2004)'ye göre biyomimikri aslında hayat ve doğayı taklit etmek üzere doğadan ilham alan tasarımıdır. Altun (2011)'a göre ise

biyomimikri insanların doğada bulunan sistemleri taklit ederek yaptıkları maddelerin, atletlerin, mekanizma ve sistemlerin tümünü kapsayan bir bilim dalıdır.

Banger (2016) çalışmasında biyomimikrinin; insan problemlerinin çözümü için esin almak üzere doğanın işleyişini, modellerini, sistemlerini, süreçlerini ve bileşenlerini incelediğini ve bu incelemenin sonucunda yeni çözümler için ipuçları bulmaya çalıştığını ifade etmektedir. Biraz edebi bir ifade ile biyomimikri, doğanın aklını aramanın bilimidir (Banger, 2016).

Biyomimikri doğadaki bir canlının renk, doku, işlev veya biçimsel olarak tam anlamıyla ya da kısmen taklit etmesi olarak tanımlanmaktadır (Kuday, 2009; Kaya vd., 2017; Kaya vd., 2018). Doğadan alınan derslerin, insanlar için daha sağlıklı ve daha sürdürülebilir teknolojilerin buluşuna uygulanması pratiğidir (URL-3, 2018).

Biyomimikri kavramı; biyomimetik, biyomimik, biyonik, biyo tasarım vb. isimlerle de anılmaktadır.

### **2.3.1. Biyomimikrinin Önemi**

Biyomimikri, insan problemlerini çözmeye çalışan doğal tasarım derslerini uygulamak için teknolojik olarak yönlendirilmiş bir yaklaşımdır. İnsan haricindeki hiçbir canlı, yaşarken Dünya'ya zarar vermez. Evrimsel süreçte gelişen sorun çözme yöntemleri, sorunu çözenin ve bunu optimize şekilde yapmanın yanı sıra, canlının bir parçası olduğu ekosistemi de canlının yaşayabileceği bir durumda tutmak üzere evrimleşmiştir. Örneğin; Biz karbondioksiti zehirli bir gaz olarak görürken, kimi canlılar bunu bir yapı malzemesi olarak görür. En bilindik örneği bitkilerdir. Bitkiler, karbondioksiti besin yapıtaşı olarak kullanırlar. New York Üniversitesi Tisch Sanat Okulu'nda (NYU-Tisch) profesör olan Geoffrey W. Coates, bitkilerin karbondioksit (CO<sub>2</sub>)'den büyük molekülleri sentezleme şeklini örnek alan bir yöntem ile CO<sub>2</sub>'den polikarbonatlar yapmanın bir yolunu bulmuştur. Bu polikarbonatlar, geri dönüştürülebilir plastik yapımında kullanılmaktadır. Plastiğin tamamen yok olmasının 1000 yılı bulduğu düşünüldüğünde, doğaya zarar vermemek adına doğadan esinlenmenin ne denli önemli olduğu anlaşılmaktadır (Erden, 2011).

Biyomimikri, dünyamızın sistem görünümünü kucaklamak ve gezegen sınırları içinde yaşamaya başlamak için doğru şeyleri yapma şansı sunar. Dünya'da hayatta kalmak ve gelişmek hakkında bize öğretecek bir şeyleri olan milyonlarca organizma ve ekosistem vardır. Yaşanılan zorlukların (sıcak kalmaları, su filtrelemeleri, enerji elde etmeleri vb.) birçoğu ile karşı karşıya kaldıkları halde kendi çevrelerine zarar vermeden kıymetli kaynakları koruyarak problemlerine çözüm bulmuşlardır (URL-3, 2018).

Benyus (1998)'a göre, doğayı domine etmek veya iyileştirmek için kullanılan bir toplum için, onu saygılı bir şekilde taklit etmek, radikal bir yaklaşım, gerçek bir devrimdir. Endüstri Devrimi'nin aksine, “Biyomimik Devrim” ondan öğrenmenin mümkün olduğu bir döneme dayanan bir çağ sunmaktadır. Doğanın onları yapma biçimini yaparak, yiyecek yetiştirme, malzeme üretme, enerji yaratma, hastalıkları iyileştirme, bilgiyi saklama ve iş yapma şeklimizi değiştirmek mümkündür. 3,8 milyar yıllık araştırma ve geliştirmeden sonra, başarısızlıklar fosilleşmiş ve bizi çevreleyen şey hayatta kalmanın sırrı olmuştur (Benyus, 1998).

Doğanın derinliklerine bakıldığında, tüm insan icatlarının, daha zarif biçimlerde de olsa, gezegende çok daha düşük bir maliyetle zaten mevcut olduğu fark edilmektedir. En akıllı yapı sistemlerinden biri olan kolon ve kirişlerin kullanılması, zambakların içyapısında ve bambu saplarında yer almaktadır. En iyi insan yapımı sonar çok frekanslı yarasaların iletimleriyle karşılaştırıldığında duymak zordur. Her zaman benzersiz bir insan oluşumu gibi görünen çark bile, dünyadaki en eski bakterilerin kamçılarını harekete geçiren küçük döner motorda bulunmuştur (Benyus, 1998).

Biyomimikri sadece karmaşık tasarımlarda değil gündelik yaşamın her alanında hayatı daha kolay kılabilmek için gereklidir. Örneğin; Trafik kazalarını önleyecek bir devrede, geri besleme sistemi önemlidir. Bu devre için, göçmen çekirge isimli bir çekirge türünün bireyleri arasındaki geri besleme sistemi, yani algılama/hissetme ve karşılık vermeyi sağlayan sistemler incelenmiştir. Göçmen çekirgelerden aynı kilometrekare içinde 80 milyon tane bulunmakta, ancak hareket ederken birbirleriyle çarpışmamayı başarmaktadırlar. Sürücüsüz, yapay zeka tarafından kontrol edilen araçların yakın gelecekte piyasaya sürüleceği düşünüldüğünde, böyle bir devrenin geliştirilmesinin önemi daha iyi anlaşılmaktadır (Erden, 2011).

İnsan yapısı sistemler kimi zaman arızalanabilmekte; hatta ilgili sistemin tamamen çöktüğü zamanlar olabilmektedir. Teknik sorunlar bir yana; ekonomi krizleri bu durumun en belirgin örnekleri arasında sayılabilmektedir. Aslında, Dünya'nın kendisi yaklaşık 3,8 milyar yıldır deneme ve yanılma yoluyla kendi canlı yaşamını ve süreçlerini iyileştirip geliştirmektedir. Dünya küresi üzerinde var olan malzemeleri sürekliliği sağlayacak biçimde değiştirmektedir. Dünya yakından ve derinlemesine incelendiğinde; ondan öğrenebilecek pek çok şey olduğu görülmektedir. Tasarımcıların problem olarak gördüğü pek çok konunun çözümü, doğada mevcuttur (Banger, 2016).

Biyomimikrinin hedefleri de biyomimikrinin öneminin daha iyi anlaşılabilmesi açısından büyük öneme sahiptir.

### 2.3.2. Biyomimikrinin Hedefi

Biyomimikrinin amacı, dünyadaki yaşamı sürdürmek için iyi adapte olan ve yaşam tarzımıza yenilikçi gelişmeler sağlayan ürünler, süreçler ve politikalar yaratmaktır. Bunun için de, şu konularda yardımcı olmayı hedeflemektedir (Akgöze, 2015):

- Sürdürülebilirlik
- Performans iyileştirme
- Enerji Korunumu
- Maliyetleri azaltma
- “Çöp” kavramını yok etmek ve yeniden tanımlamak

#### 2.3.2.1. Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik kavramı sözlükte “kaynağın tüketilmeyecek veya kaynağa sürekli zarar verilmeyecek şekilde, bir kaynağın değerlendirilmesi veya kullanılmasını ifade eder” şeklinde tanımlanmıştır (Kıvıllı, 2006). Sürdürülebilirlik tanımı ilk kez 1987 yılında Brundtland Komisyonu (Brundtland Commission) tarafından yayımlanan Brundtland Raporu ile teknik olarak tanımlanmıştır. Bu rapora göre sürdürülebilirlik; gelecek kuşakların gereksinimlerine cevap veren, insanlığın günlük ihtiyaçlarının temin edilmesini, kalkınmayı sürdürülebilir kılma yeteneğine sahip olmasını, çevreyi ve yeryüzündeki tüm insanların yaşam kalitesini koruyarak gerçekleştirme yöntemidir (Kaya ve Smardon, 2001; Aydın, 2017).

Genel anlamda kabul edilen anlamı ise Brundtland Komisyonu’nun 1987’de yaptığı “Sürdürülebilirlik, gelecek kuşaklara kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme kabiliyetini riske atmadan yani gelecek kuşakların yaşamlarına zarar vermeden bugünkü ihtiyaçlarımızı karşılayabilmektir” şeklindeki tanımıdır. Bu tanımlama sürdürülebilirlik kavramının en kapsamlı tanımı olarak kabul edilmektedir (Aydın, 2017).

Biyomimikri, yaşamın temel prensiplerini takip eder. Basitten karmaşığa doğru gelişme, enerjiyi optimize ederek kullanma, simbiyotik ilişkiler, doğa dostu materyallerin kullanımı gibi prensiplerle oluşturdukları süreçlerle inşa ederler. Bu prensipleri takip ederek geliştirilen ürünler ve süreçler yaşadığımız çevreyle daha uyumlu olmamızı sağlar.

Örneğin; Bir organizmanın zarar görmesi doğal olarak iyileştirici bir tepki ortaya çıkarır. Kemiğin kendisine verilen hasarı tespit ettiği ve ilk dayanımı dahilinde iyileşebileceği de bilinmektedir. Bu fikir sentetik malzeme tasarımına uygulanmıştır ve yapı malzemesi olarak kullanılmak üzere kendi kendini iyileştiren bir polimerin geliştirilmesine



katkıda bulunmuştur (Şekil 2.8). Onarıcı madde içeren minik kapsüller polimere gömülür. Materyal hasar gördüğünde, kapsüller çatlakları tamir eden iyileştirici ajanı yırtıp açar. Malzemelerin kendi kendini onarabilmesi, bakım ve malzeme değişim maliyetlerinin düşmesinin yanı sıra dayanıklılığın artmasına da katkıda bulunabilir. Kendi kendini onarabilen malzemeler önemli bir sürdürülebilirlik örneğidir (Vierra, 2016).

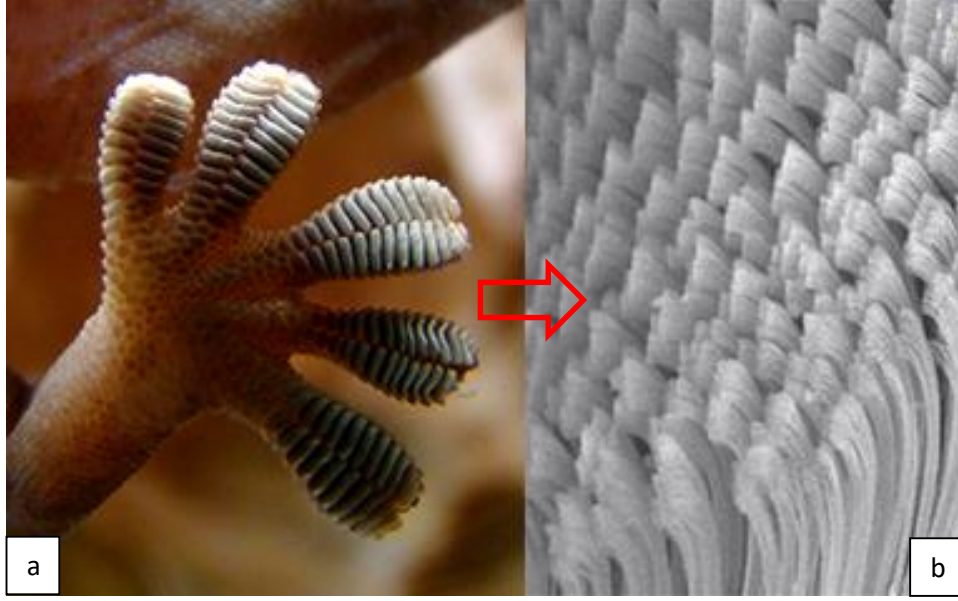


**Şekil 2.8.** Kendini iyileştirebilen sistemlerden esinlenen kendi kendini onarabilen polimerik yapı malzemesi (Vierra, 2016).

### 2.3.2.2. Performans İyileştirme

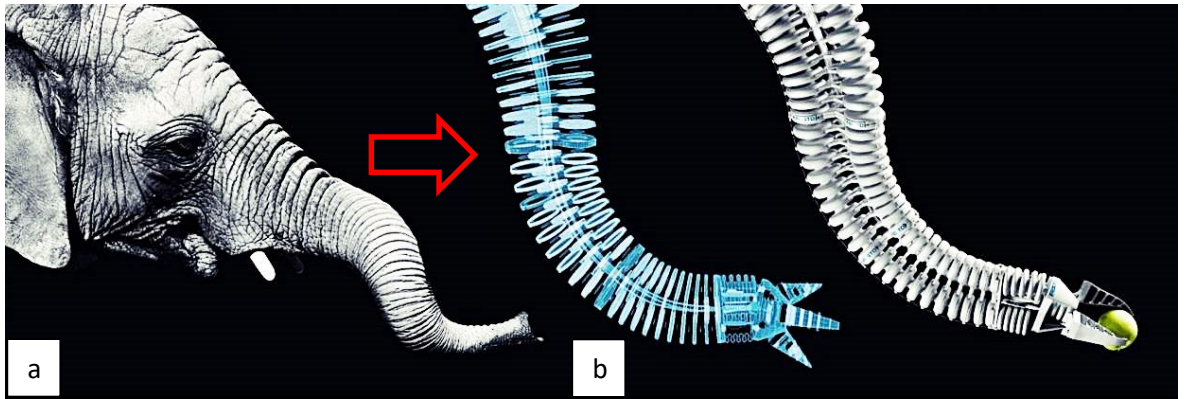
Doğada bir tasarım stratejisi efektif değilse, yok olur. Bu stratejileri, 3.8 milyar yılda oluşabilecek bütün olağanüstü koşullarda test edip, başarısız olanları yok ederek oluşturmuştur. Biyomimikri bu başarılı hayatta kalma stratejilerini öğrenmenizde ve bu sayede kendi ürününüzü geliştirmenizde yol gösterir (Akgöze, 2015).

Örneğin; Geico (Geko) kertenkelesinin ayak yapısı Nike firmasının dağcı ayakkabısı geliştirmesine ilham olmuştur (Altun, 2011). Geko kertenkelesinden ilham alınarak tasarlanan kumaşlar da bir diğer örnektir (Şekil 2.9). Geko ayak tabanındaki spatula uçlu kıllarla bulunduğu yüzeye kusursuz bir şekilde tutunabilmektedir. Bu kıllar sayesinde parmaklar sadece aşağı doğru bastırıldığında yapışmakta ve yukarı doğru çekildiğinde yüzeyden kolayca ayrılabilir. Geko'dan ilham alınarak istenen yüzeyde sabitlenebilecek kumaşlar üretilmeye çalışılmaktadır. Geko'nun bu özellikleri üzerinden daha birçok çalışma yapılmaktadır. Bunlardan biri de robotların yüzeylerde rahat hareket edebilmesini, dik yüzeylere tırmanabilme ve tutunabilme özelliklerinin geliştirilebilmesini sağlamak için yapılmaktadır (Akgöze, 2015).



**Şekil 2.9. a) Geko kertenkelesi, b) Kumaşlar (Akgöze, 2015).**

Başka bir performans iyileştirme örneği de yeni bir biyomekatronik dağıtım sistemidir. Bu “Biyomekatronik Dağıtım Sistemi” filin hortumunun yapısına dayanarak tasarlanmıştır (Şekil 2.10b). Alman mühendislik firması tarafından tasarlanan biyonik dağıtım asistanı, yavaşça ağır yükleri nakleder, her omurdaki hava kesecekleri yardımıyla hava alıp verdikçe birim büzüşüp genişler (Divarci, 2016).



**Şekil 2.10. a) Fil Hortumu, b) Biyonik Kol (Divarci, 2016).**

### 2.3.2.3 Enerji Korunumu

Enerji, doğada insan dünyasına göre çok daha pahalıdır. Bitkiler, güneş ışığından elde ettiği besinlerden enerji elde ederek, hayvanlarsa bitkilerle veya avcılıkla elde ettikleri besinlerden enerji elde ederek hayatta kalırlar. Bu enerji kıtlığında enerjiyi optimize ederek



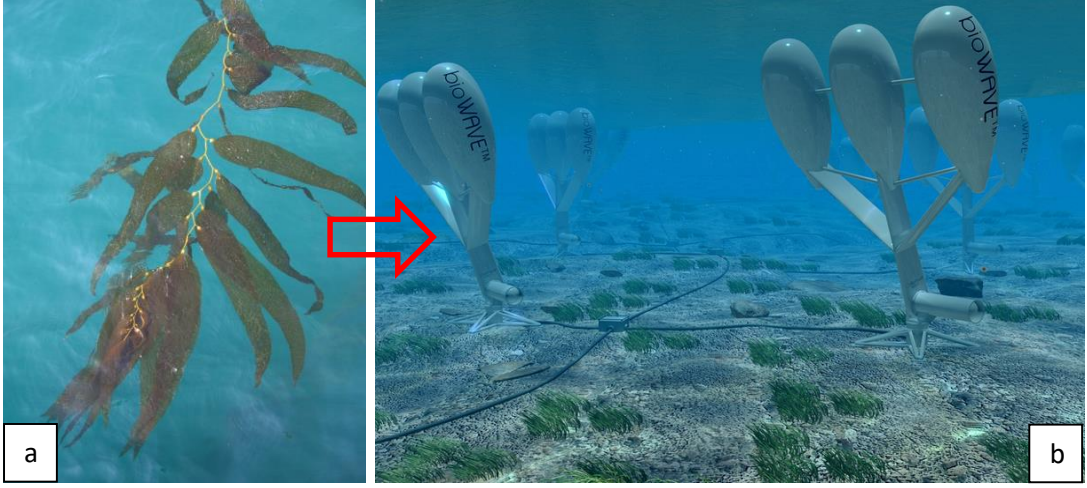
kullanmak için doğa inanılmaz sistemler ve tasarımlar geliştirmiştir. Bu sistem ve tasarımların taklit edilmesiyle, enerji tüketimi optimize edilebilir ve daha verimli kullanılmasını sağlayacak teknolojiler geliştirilebilir (Akgöze, 2015).

Enerji korunumuna doğadan bir örnek Termit kuleleridir. Termit kulelerinde bulunan iklimlendirme ve havalandırma sistemleri, insanların yaptığı sistemlerden çok daha ileri bir konumdadır. Hava akımına aşırı duyarlı oldukları için kusursuz bir havalandırma sistemi yapmaktadırlar. Zimbabve’de 1996 yılında tamamlanan Eastgate binasında, termit kuleleri taklit edilerek yapılan doğal havalandırma sistemi kullanılmıştır (Şekil 2.11b). Bu bina termitlerin oluşturduğu tümseklerin model alınmasıyla tasarlanan dünyanın ilk doğal soğutmalı binasıdır. Termit tümsekleri, yanlarında alçak hava basıncı barındıran bacalara sahiptir ve bunlar sayesinde hafif rüzgarları rahatlıkla içlerine alabilmektedirler. Termitlerin açtığı tünel yardımıyla sıcak hava yapıdan dışarı çıkar ve bu yolla yuvanın soğuması sağlanmış olur. Bu sistem ilk beş yılında sakinlerine 3,5 milyon dolarlık enerji tasarrufu sağlamıştır (Kaya, 2015).



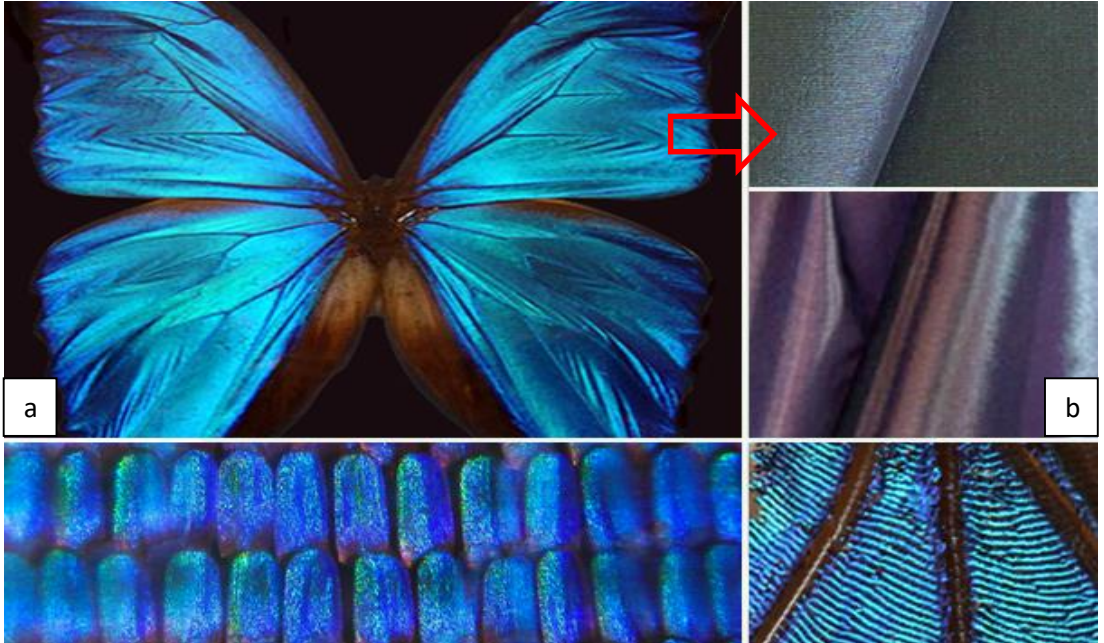
**Şekil 2.11. a) Termit Kulesi, b) Eastgate Binası, Zimbabve (Kaya, 2015).**

Okyanustaki dalga enerjisini elektrik enerjisine çeviren sistem de enerji verimliliği konusunda büyük bir öneme sahiptir. Dalga hareketini hidrolik basınca aktararak elektrik üretmek üzere türbinleri döndüren BioWave deniz bitkilerinin salınımından ilham alınarak tasarlanmıştır (Şekil 2.12) (URL-4, 2016).



Şekil 2.12. a) Deniz bitkileri, b) BioWave (URL-4, 2016).

Enerji verimliliği konusunda verilebilecek diğer bir örnek olan Morphotex ise bir kelebeğin kanat rengini değiştirme özelliğini taklit eden bir fiber malzemedir (Şekil 2.13b). Bu adı Morpho kelebeğinden almıştır. Değişik kırılma indeksleri oluşturmak için iki ayrı polimerden oluşan 61 katmanlı nanoteknoloji kullanılarak üretilen ürün, renk oluşturmak için boyalar ve pigmentler yerine değişik kırılma indeksleri oluşturduğundan daha az enerji harcamakta ve doğaya zarar vermemektedir (URL-5, 2017).



Şekil 2.13. a) Morpho Kelebeği, b) Morphotex (URL-5, 2017).



#### 2.3.2.4. Maliyetleri Azaltma

Doğa, var olanları kullanarak biçimlendirir, çünkü biçimlendirmek ucuz, ham madde kullanımıysa pahalıdır. Doğanın biçimlendirme stratejisiyle, nasıl inşa edileceğini öğrenerek, daha az hammadde gereksinimi oluşturmak mümkündür (Akgöze, 2015).

Güneş enerjisini toplayan fotovoltaik sistemler, bir yaprağın enerji harcadığı yöntemi taklit etmede ilk adımdır (Şekil 2.14). Doğaya benzeyen güneş pilleri oluşturmak için araştırmalar devam etmektedir. Bu hücreler su jeli bazlı, karbon materyalleriyle klorofil ekleyen, sonuçta daha esnek ve düşük maliyetli bir güneş hücresiyle sonuçlanmaktadır (Vierra, 2016).

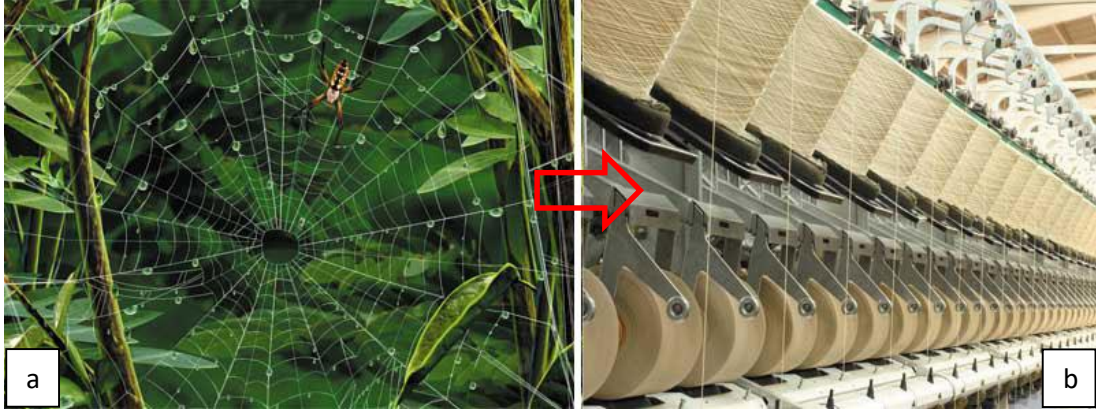


Şekil 2.14. a) Yaprak Yapısı, b) Fotovoltaik Sistem (Vierra, 2016).

#### 2.3.2.5. “Çöp” kavramını yok etmek ve yeniden tanımlamak

Bir habitat içerisinde madde ve besinlerin nasıl dönüştürüldüğünü araştırarak ve bunu tasarım süreçlerinde uygulayarak, kaynaklar optimum şekilde kullanılabilir, gereksiz atık oluşumu engellenebilir. (Akgöze, 2015).

Örümceklerin ürettikleri ipekler olağanüstü özelliklere sahip yapı malzemeleridir. Gerilme esneklikleri çok fazla olduğundan örümcek ipeğini koparmak için gereken enerji benzer diğer biyolojik materyalleri koparmak için gereken enerjiden on kat daha fazladır. Örümceğin bir başka üstünlüğü ise ürettiği ipliğin tamamen geri dönüşümlü olmasıdır. Örümcek bozulan ağını yiyerek yeniden iplikçik üretebilir. Birçok tekstil makinesinde örümceklerin üretim metotlarının benzerleri kullanılmaktadır. Örümcekler tamamen geri dönüşümlü iplikler üretilmesine de esin kaynağı olabilir (Şekil 2.15) (Anonim, 2011).



Şekil 2.15. a) Örümcek ağı, b) İplik üretimi (Yahya, 2002).

#### 2.4. Doğadan Esinlenen Tasarım İlkeleri

Biyomimikri tasarım ve tasarımcıyı sürece dahil ederek doğadan ilham alarak yaratıcı çözümler geliştirmeyi hedefler. Doğa'nın 3,8 milyar yıllık tecrübesini artık mevcut araçlar ve yeteneklerle inceleyebilme olanağı artmıştır (Volstad ve Boks, 2012).

Todd (2000)'a göre, Dünya'nın ekolojisinde insan sistemlerini kavramsallaştırmaya acilen ihtiyaç duyulan bir dizi talimat vardır. Biyoloji, ekoloji ve tasarım alanlarında araştırmaların ardından Todd (2000), doğa ile tasarım yapmanın mümkün olduğunu vurgulamaktadır (Wahl, 2006). Todd (2000)'a göre, eko-tasarım sayesinde, gezegenin sanayisinin bugün kullandığı kaynaklarının sadece onda birini kullanarak daha ileri bir medeniyet ortaya çıkabilecektir (Wahl, 2006).

Todd ve Jack-Todd (1993), ekolojik tasarım ilkelerinin bir listesini sunan ilk araştırmacılarıdır. Orijinal öneri, tüm insan etkileşimlerinde niyetin bir ifadesi olarak tasarımın merkezini vurgulamayı amaçlayan 9 (dokuz) ilke sıralamaktadır (Wahl, 2006):

- Yaşayan dünya, tüm tasarımlar için bir matristir.
- Tasarım takip etmeli, yaşam yasalarına karşı çıkmamalıdır.
- Biyolojik eşitlik tasarımı belirlemelidir.
- Tasarım biyolojik bölgeyi yansıtmalıdır.
- Tasarım yenilenebilir enerji kaynaklarına dayanmalıdır.
- Yaşam sistemlerinin entegrasyonunda tasarım sürdürülebilir olmalıdır.
- Tasarım doğal dünya ile birlikte evrimsel olmalıdır.
- İnşaat ve tasarım gezegeni iyileştirmeye yardımcı olmalıdır.
- Tasarım kutsal bir ekoloji izlemelidir.

Günümüzde enerji verimliliğine ve sürdürülebilirlik gibi kavramlara verilen önem de doğaya dönüşü açıklamaktadır. Bu alanda önemli çalışmalar yapan Benyus (1998), biyomimikriyi insanların sorunlarına çözüm bulmak adına Doğa'nın modellerini inceleyen, taklit eden ve ilham alan yeni bir bilim olarak ifade eder. Bu doğrultuda Doğa'nın tasarımlarında 9 temel özellik sıralar (Eryılmaz, 2015):

- Doğa güneş ışığından yararlanır.
- Sadece gereksinim duyduğu enerjiyi kullanır.
- İşleve uygun şekil yaratır
- Herşeyi geri dönüştürür.
- İşbirliği ile gelişir.
- Çeşitliliğe dayanır.
- Yerel unsurlardan faydalanır
- Fazlalıkları uzak tutar
- Sınırları zorlar.

Benyus (1998) doğayı bir model, ölçüt ve kılavuz olarak ifade eder:

- *Bir model olarak doğa:* İnsan problemlerini çözmek için doğanın modellerini incelemek ve onları taklit etmek ya da ilham olarak kullanmaktır;
- *Bir ölçü olarak doğa:* Yeniliklerimizin geçerliliğini ve geçerliliğini değerlendirmek için ekolojik standartları kullanmak. Milyonlarca yıllık evrimin ardından doğa; neyin işe yaradığını, neyin uygun ve neyin kalıcı olduğunu öğrenmiştir.
- *Kılavuz olarak doğa:* Doğayı gözlemlemenin ve değerlendirmenin yeni yolu, biyomimikridir. Doğal dünyadan neleri aktaracağımız değil ondan neler öğrenebileceğimiz konusunda yol gösterir.

Primlani (2013) ise Benyus'un (1998) temel çalışmasına ek olarak biyomimikri enstitüsünün tasarım kurallarını aşağıdaki gibi sıralamaktadır (Eryılmaz, 2015):

- Değişen koşullara harmoni sağlamak,
- Hayatta olmak için gelişmek,
- Büyümeyle gelişmelerle uyumlaştırmak,
- Yerel gereksinimlerde farkındalık ve sorumluluk oluşturmak,
- Doğa nizamlı kimya kullanmak,
- Kaynaklarda kazançlı olmak.

Aslında, bu tasarım ilkelerinin tümü sistem odaklıdır. Sistemleri zamanında geliştirmek, altyapılarını yerel koşullara uyarlamak, çevreye zarar vermeden az enerji

kullanarak daha sürdürülebilir ve sürekli yeni kalan tasarımlar yaratmak hedeflenmektedir. (Eryılmaz, 2015).

## 2.5. Tasarımlarda Doğadan Esinlenme Biçimlerinin Sınıflandırılması

Dünya, yaşamın farklı ortamlarının tasarım zorluklarına adaptasyon için geliştirdiği bir laboratuvarıdır. Çevremizdeki organizmalar, bu tasarım deneylerinin kazananlarıdır. Kaynakları sürdürülebilir bir şekilde kullanırken çevrelerinde dinamik bir denge geliştirenlerdir. Biyomimikri, tasarımcılara, mühendislere, mimarlara ve iş dünyasına liderlik eden kişilere yardımcı olmak için bu biyolojik adaptasyonları inceler. Tasarım ve mühendislik zorluklarını çözer.

Biyomimikrinin alanı, bir ürünün veya üreticinin (örneğin kerestenin kütük haline getirilmesi) ve “Biyo-destekli teknolojilerin”, bir organizmanın işlevini yerine getirmesini sağlayan (örneğin, suyun bakteriyel arıtılması veya koyundan yünün toplanması gibi) hasat edilmesini içeren Biyo-kullanım alanından büyük ölçüde farklıdır. Benyus (1998)’a göre, hasat ya da evcilleştirme yerine, biyomimetik organizmalara danışmak; fiziksel bir plan, kimyasal tepkimede bir süreç aşaması veya besin döngüsü gibi bir ekosistem ilkesi fikrinden ilham alınmasını sağlar. Bu üç temel yaklaşım - form, davranış ve ekosistem - biyomimetik inovasyonu kategorize etmek için kullanılabilir. Form, bir bitki veya hayvan gibi spesifik bir organizmaya atıfta bulunur ve tüm organizmanın bir kısmını ya da tamamını taklit etmeyi içerir. İkinci seviye, davranışı taklit etmek anlamına gelir ve bir organizmanın nasıl davrandığıyla ilgilidir. Üçüncü seviye, tüm ekosistemlerin taklit edilmesi ve onların başarılı bir şekilde işlev görmesine izin veren ortak ilkelerdir (Zari, 2007).

Bu seviyelerin her birinde, taklit için beş olası boyut daha vardır. Tasarım farklı yönleriyle biyomimetik olabilir; örneğin neye benzediği (biçim), neden yapıldığı (malzeme), nasıl yapıldığı (inşaat), nasıl işlediği (işlem) veya yapabildiği şey (örneğin fonksiyonu) konularında doğadan ilham alabilir. Her bir biyomimikri örneği arasındaki farklar Tablo 2.1’de açıklanmıştır ve bir termitin farklı yönlerinin nasıl taklit edilebileceğine bakılarak örneklendirilmiştir (Zari, 2007).

**Tablo 2.1.** Biyomimikri Uygulaması için bir Çerçeve (Zari, 2007'den uyarlanmıştır).

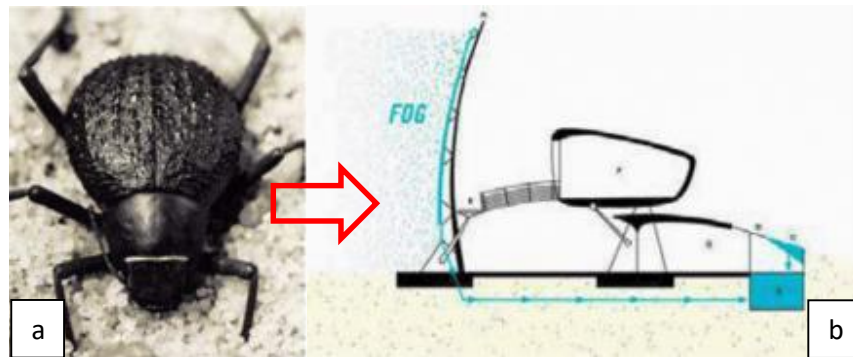
	<b>Form</b>	<b>Bina termit gibi görünüyor</b>
<b>Form (Spesifik bir organizmanın taklidi)</b>	Malzeme	Bina termit ile aynı malzemeden yapılmıştır; Örneğin dış iskelet termiti taklit eden bir malzemedir.
	Yapı	Bina termitle aynı şekilde yapılmıştır; örneğin çeşitli büyüme döngülerinden geçmektedir.
	Süreç	Bina bireysel bir termitle aynı şekilde çalışır; örneğin metagenomiklerle verimli bir şekilde hidrojen üretir.
	Fonksiyon	Bina daha geniş bir bağlamda bir termit gibi işlev görür; örneğin hücrel atıkları geri dönüştürür ve toprak oluşturur.
<b>Davranış düzeyi (Bir organizmanın daha geniş bir bağlamla nasıl davrandığına veya ilgili olduğuna dair taklit)</b>	Form	Bina termit tarafından yapılmış gibi görünüyor; örneğin bir termit höyüğün kopyası.
	Malzeme	Yapı, bir termitin oluşturduğu aynı malzemelerden yapılmıştır; örneğin birincil malzeme olarak sindirilmiş ince toprak kullanılması.
	Yapı	Bina, bir termitin inşa edeceği şekilde yapılır; örneğin belirli zamanlarda belli yerlere toprak kazma.
	Süreç	Bina termit höyüğünün yaptığı gibi çalışır; Dikkatli yönlendirme, şekil, malzeme seçimi ve doğal havalandırma gibi, veya termitlerin birlikte nasıl çalıştığını taklit eder.
<b>Ekosistem seviyesi (Bir ekosistem taklidi)</b>	Fonksiyon	Bina, termitler tarafından yapıldığı gibi çalışır; iç koşullar, örneğin optimal ve termal olarak kararlı olacak şekilde düzenlenmiştir. Aynı zamanda, bir termit höyüğün daha geniş bir bağlamda yaptığı gibi işlev görebilir.
	Form	Bina ekosisteme benziyor (bir termit yaşayacak).
	Malzeme	Bina (termit) ekosisteminin yapıldığı malzemelerden yapılmıştır; doğal olarak oluşan ortak bileşikleri ve örneğin birincil kimyasal ortam olarak suyu kullanır.
	Yapı	Bina (termit) ekosistemiyle aynı şekilde monte edilir; Örneğin, arka arkaya ve zaman içindeki artan karmaşıklık ilkeleri kullanılır.
	Süreç	Bina (termit) ekosistemiyle aynı şekilde çalışır; Güneşten gelen enerjiyi toplar ve dönüştürür ve örneğin suyu depolar.
	Fonksiyon	Bina, bir (termit) ekosistemin yapacağı şekilde işler ve süreçler arasındaki ilişkileri kullanarak karmaşık bir sistemin bir parçasını oluşturur; örneğin bir ekosisteme benzer şekilde hidrolojik, karbon, azot döngülerine vb. katılabilir.

Farklı türlerde biyomimikriler arasında bir örtüşme vardır ve her tür biyomimikri örneği birbirini dışlamamaktadır. Örneğin, bir ekosistem gibi etkileşime girebilen bir dizi sistem, ekosistem biyomimikri düzeyinde çalışmaktadır. Böyle bir sistemin bireysel detayları, tek bir organizma veya davranış taklidine dayanabilir, ancak biyolojik bir ekosisteme benzer şekilde, tek organizmaların çokluğu arasındaki karmaşık ilişkilerden oluşur.

### 2.5.1. Form (Organizma) Seviyesi

Canlı organizma türleri tipik olarak milyonlarca yıldır gelişmektedir. Dünyada kalan bu organizmalar, zaman içinde sürekli değişimlere dayanan ve bunlara uyum sağlayan hayatta kalma mekanizmalarına sahiptir. Bu nedenle insanlar, toplumların genellikle enerji ve materyallerin etkili kullanımı gibi ele almış olabileceği sorunları çözmek için kapsamlı bir örnek havuzuna sahiptir.

Örneğin, Stenocara böceği çok az yağış alan bir çölde yaşamaktadır. Bununla birlikte, rüzgara karşı vücudunu yan yatırarak sisteki nemi yakalayabilmektedir. Böceğin kabuğunun su seven ve su tutmayan yapıları sayesinde sırt ve kanatları üzerinden su damlaları ağzına yuvarlanır (Parker ve Lawrence, 2001). Tasarımcının Namibya Üniversitesi Hidroloji Merkezi için önerdiği sis yakalayıcı tasarımı Namib böceğinden etkilenen organizma düzeyinde süreç biyomimikliliğini göstermektedir (Şekil 2.16). Knight (2001) ve Ravilious (2007) organizma düzeyinde bir materyal biyomimikliliği hakkında tartışmakta; böylelikle böceğin yüzeyinin incelendiği ve hava pistlerinden sisi temizlemek ve nem alma ekipmanını iyileştirmek gibi diğer potansiyel uygulamalar için kullanılmak üzere taklit edildiği görülmektedir (Zari, 2007).



**Şekil 2.16.** a) Stenocara böceği, b) Namibya Üniversitesi Hidroloji Merkezi, Windhoek, Namibya (Boğa, 2013)



Örneğin; Nicholas Grimshaw ve Partners'ın Waterloo Uluslararası Terminali için tasarladığı tasarım organizma düzeyinde bir form ve süreç biyomimikliği örneği göstermektedir (Şekil 2.17b). Trenin terminale girip inmesi sırasında terminalin hava basıncındaki değişikliklere cevap verebilmesi gerekmektedir. Yapıyı oluşturan cam panel tertibatları, Pangolin'in esnek skala düzenini taklit eder, böylece dayatılan hava basıncı kuvvetlerine cevap olarak hareket edebilmektedir (Aldersey-Williams, 2003).



**Şekil 2.17. a) Pangolin b) Waterloo Uluslararası Terminali, Londra, İngiltere (URL-6, 2008)**

Bir organizmayı tek başına taklit etmekle birlikte, içinde bulunduğu ekosistemin daha geniş bağlamına nasıl katılabildiğini ve katkıda bulunabileceğini taklit etmeden, çevresel etki açısından geleneksel veya hatta ortalamanın altında kalan tasarımların ortaya çıkma ihtimali yüksektir (Reap vd., 2005). Organizmaların taklit edilmesi, bütün bir sistemden ziyade, belirli bir özelliğe sahip olma eğiliminde olduğu için, biyomimikrinin, özellikle tasarımcılar çok az biyolojik bilgiye sahipse ve tasarım aşamasında biyologlar ve ekolojistlerle işbirliği yapmıyorlarsa, bunlarla bütünleşmek yerine, binalara eklenen bir teknoloji haline gelmesi olasıdır. Bu yöntem yeni ve yenilikçi bina teknolojilerine veya yeni malzemelere olanak tanısa da sürdürülebilirliği artırmaya yönelik yöntemler araştırılmalıdır (Zari, 2007).

Tablo 2.2'de, günümüzün önde gelen girişimlerinde doğadan esinlenme biçimlerine göre (form seviyesi) fikir aşamasında olan ve uygulanan örnekler gösterilmiştir (Anonim, 2009).

**Tablo 2.2.** Bir ilham kaynağının doğal şekil ve işlevinden (form) esinlenen tasarımlar ve uygulama alanları (Anonim, 2009)

<b>İlham</b>	<b>Uygulama</b>	<b>Ürün / Şirket</b>
<b>Lotus yaprağı</b>	Lekeleri püskürtmek için toksik olmayan tekstil kaplamalar	Greenshield - G3 Teknoloji Yenilikler
	Yüzeylerin yağmurla kendiliğinden temizlenmesini sağlayan boya	Lotusan - StoCoat
<b>Deniz hayvanları ve orkinos ve Kuyruğu yüzgeçleri</b>	Esnek dalga ve gel-git güç üretimi	BioWave ve BioStream - BioPower Sistemleri
<b>Kambur balina yüzgeçleri</b>	Verimli rüzgar türbini kanatları ve pervaneler	Tüberküloz Teknolojisi - Balina Gücü
<b>Termit höyük</b>	Düşük / sıfır enerji doğal havalandırma ve sıcaklık düzenlemesi	Eastgate Merkezi (Harare, Zimbabve) - Arup
<b>Yalıçapkını Gagası</b>	Artan aerodinamik ve enerji verimliliği, ve tünele girerken ve çıkarken azalan gürültü	ShinkansenBullet Train - Batı Japonya Demiryolu şirketi
<b>Kutu balık</b>	İç hacim oranına optimize aerodinamik	“Biyonik” konsept otomobil - Mercedes-Benz
<b>Namib Çölü Böceği</b>	Su hasadı malzemeleri ve yüzeyleri; Düşük enerjili nem alma	Ar-Ge'de
<b>Geko ayakları</b>	Toksik olmayan kuru yapıştırıcılar	Ar-Ge'de

### 2.5.2. Davranış Seviyesi

Çok sayıda organizma, insanların karşılaştıkları aynı çevre koşullarıyla karşılaşır ve insanların karşılaştıkları benzer sorunları çözmeleri gerekir. Bu organizmalar belirli bir yerin çevresel taşıma kapasitesi, enerji ve malzeme bulunabilirliği sınırları dahilinde çalışma eğilimindedir. Ekosistemlerde ekolojik niş adaptasyonları yaratan baskıların yanı sıra bu sınırlar, sadece iyi adapte olmuş organizmaların gelişmeye devam ettiği anlamına gelmez, aynı zamanda iyi adapte olmuş organizma davranışları, organizmalar veya türler arasındaki ilişki modellerini de gösterir (Reap vd., 2005).

Ekosistem mühendisleri habitatları kendi yapıları, mekanik veya başka yollarla (kunduzlar ve ağaçkakanlar gibi) değiştirir. İnsanlar kuşkusuz etkili ekosistem mühendisleridir, ancak diğer canlıların bu sistemde yaşam için daha fazla kapasite yaratırken çevrelerini nasıl değiştirebildiklerine bakarak değerli bilgiler elde edebilirler. Bazı yazarlar, başka türlerin varlığını kolaylaştırırken, besin döngüsünü artırırken ve türler arasında karşılıklı olarak faydalı ilişkiler kurarken, kendi habitatlarını değiştiren organizmalara örnekler ve detaylar sunar. Diğer türlerin yapım davranışları genellikle "hayvan mimarisi" olarak adlandırılır (von Frisch ve von Frisch, 1974; Hansell, 2005) ve bu ekosistem mühendislerine başka örnekler de sağlayabilir (Zari, 2007).

Kuzey Amerika Kunduzu'nun (*Castor canadensis*) (Şekil 2.18) çalışma örneği, peyzajı değiştirerek sulak alanların nasıl oluşturulduğunu ve besinlerin tutulmasının ve bitki ve hayvan çeşitliliğinin nasıl artırıldığını gösterir ve kısmen ekosistemin rahatsız edilmesine karşı daha esnek hale gelmesini sağlar (Rosemond ve Anderson, 2003).



Şekil 2.18. Kuzey Amerika Kunduzu (URL-7, 2015)



Şekil 2.19. CH2 Binası Melbourne, Avustralya (URL-8, 2019)

Davranış düzeyinde biyomimiklikte, taklit edilen organizmanın kendisi değil davranışdır. Organizmalar veya türler arasındaki ilişkileri benzer şekilde taklit etmek mümkündür. Davranış seviyesindeki süreç ve fonksiyon biyomimikrisinin mimari bir örneği Avustralya'nın Melbourne kentindeki CH2 Binasıdır (Şekil 2.19). Bina kısmen termal olarak kararlı bir iç ortam oluşturmak için termit höyüklerde gözlemlenen pasif havalandırma ve sıcaklık düzenleme tekniklerine dayanmaktadır. CH2 Binası'nın altındaki kanalizasyonlardan çıkan ve temizlenen su, belirli termit türlerinin buharlaştırıcı soğutma mekanizması olarak akifer suyunu kullandığına benzer bir şekilde kullanılır (Zari, 2007).

Davranış düzeyi taklitçisi, insani bağlam için taklit edilenin uygunluğu hakkında etik kararlar alınmasını gerektirir. Tüm organizmalar, insanların taklit etmesi için uygun davranışlar göstermez ve tüketim veya sömürü modellerinin başka türlerin davranışlarına dayandırılarak haklılaştırılması tehlikesini ortaya çıkarır. Örneğin, termitlerin bina davranışını (ve bunun sonucunu) taklit etmek, pasif olarak düzenlenmiş termal olarak konforlu binaların oluşturulması için uygun olabilir. Termit kolonilerinin sosyal yapısını taklit etmek, eğer evrensel insan haklarına değer veriyorsa uygun olmaz (Zari, 2007).

Tablo 2.3'te, günümüzün önde gelen girişimlerinde doğadan esinlenme biçimlerine göre (davranış seviyesi) fikir aşamasında olan ve uygulanan örnekler gösterilmiştir (Anonim, 2009).

**Tablo 2.3** Bir görevin nasıl yapıldığından (davranış) esinlenen tasarımlar ve uygulama alanları (Anonim, 2009)

<b>İlham</b>	<b>Uygulama</b>	<b>Ürün / Şirket</b>
<b>Doğal logaritmik spiraller, Doğal seleksiyon yoluyla evrim</b>	Yinelemeli tasarımları bir diğerine karşı test etmek için CFD ve 3 boyutlu prototipleme kullanılarak tasarlanan sürükleyici ve gürültü azaltıcı fanlar (havayı hareket ettirmek için) ve simgeleyiciler (sıvıları karıştırmak için)	PaxFan - Pax Bilimsel
<b>İnsan akciğerleri</b>	Baca gazı ve diğer emisyon akımlarından CO <sub>2</sub> ' in enzim bazlı yakalanması	LilyImpeller - Pax Su Teknolojileri CO <sub>2</sub> Çözümleri
<b>Kemik ve ağaçların büyümesi</b>	Malzemenin mukavemet, ağırlık ve malzemelerin kullanımını optimize etmek için malzemenin eklenmesi veya çıkarılması gerektiğine karar vermek için yazılım kullanarak yapı optimizasyonu	“Yumuşak öldürme seçeneği” yazılımı – ClausMatteck “Biyonik” konsept otomobil - Mercedes-Benz
<b>örümcek ağı</b>	Isı veya toksin içermeyen yüksek mukavemetli, dayanıklı lifler üretmek	Ar-Ge'de
<b>Abalone kabuğu / sedef</b>	Çatlamaya direnen, ortam sıcaklıklarında ve basınçlarında kendiliğinden toplanan yüksek mukavemetli seramikler	Ar-Ge'de
<b>Mavi midye</b>	Sualtı ayarlayabilen toksik olmayan yapıştırıcılar	Ar-Ge'de

### 2.5.3. Ekosistem Seviyesi

Ekosistemlerin taklit edilmesi, Benyus (1998) ve Vincent (2007) tarafından tarif edildiği gibi biyomimikrinin ayrılmaz bir parçasıdır. Ekoloji kavramı, ekosistemlerin tasarımdaki taklitlerini tanımlamak için de kullanılmıştır (Lourenci vd., 2004; Russell,



2004). Marshall (2007), “Güç, prestij ya da kar” yerine ekosistemlerin ve insanların refahı olan hedefin sürdürülebilir bir biyomimiklik biçimi anlamına geldiğini belirtir. Endüstriyel, inşaat ve yapı ekolojisi savunucuları ekosistemi taklit etmeyi savunurlar (Korhonen, 2001; Kibert vd., 2002; Graham, 2003) ve ekoloji anlayışına dayanan mimari tasarımın önemi, yenilenen tasarım geçişini savunan araştırmacılar tarafından da tartışılmaktadır (Reed, 2006).

Ekosistem biyomimikrisinin bir örneği, Mithūn Architects ve GreenWorks Peyzaj Mimarlığı danışmanlarını içeren bir tasarım ekibi tarafından Portland, Oregon için önerilen Lloyd Crossing Projesidir (Şekil 2.20). Proje, gelişimden önce şantiyede var olan ekosistemin nasıl işlediğini görmek, projenin uzun süre boyunca ekolojik performansına yönelik hedefler belirlemek için “Ön Geliştirme Metrikleri” olarak adlandırdığı tahminleri kullanır (Zari, 2007).



Şekil 2.20. Lloyd Crossing Projesi, Portland, ABD (URL-9, 2019)

Bu biyomimikri seviyesinde tasarlamanın bir avantajı, diğer biyomimikri düzeyleriyle (form ve davranış) birlikte kullanılmasıdır. İnsan ve insan dışı sistemlerin her ikisinin de karşılıklı yararına birleştirildiği, arayüzlü veya biyo-yardımlı sistemler gibi spesifik olarak biyomimetik olmayan mevcut sürdürülebilir bina yöntemlerini dahil etmek de mümkündür. Örnek olarak, ekosistemlerdeki atık su arıtımı sürecinin taklit edildiği ve aynı zamanda bitkilerle bütünleştirildiği John ve Nancy Todd’un Yaşayan veya Eko Makineleri yer almaktadır (Todd ve Josephson, 1996; Todd, 2004). Avustralya’da geliştirilen Biolytix (atık su arıtma) sistemi, gri ve siyah suyu arıtmak için toprağa dayalı ayrışmayı taklit eder ve gerçek solucanlar ve toprak mikroplarını tekrar işleme dahil eder (Allen, 2005; Baumeister, 2007).

Bununla birlikte, biyomimetik tasarıma böyle bir yaklaşımın en önemli avantajı, genel çevresel performans üzerindeki potansiyel olumlu etkiler olabilir. Ekosistem tabanlı biyomimikri hem metaforik düzeyde hem de pratik bir fonksiyonel seviyede çalışabilir. Metaforik bir düzeyde, genel ekosistem prensipleri çok az ekolojik bilgi sahibi olan tasarımcılar tarafından uygulanabilir (Benyus, 1997; McDonough ve Braungart, 2002; de Groot vd., 2002). Ekosistemlerin nasıl işlediğine dair bu disiplinler arası anlayışların karşılaştırılmasından elde edilen ekosistem ilkeleri, Zari ve Storey (2007) tarafından detaylandırılmıştır. Yapılı çevrenin bir sistem olarak tasarlanması ve yalnızca metafor düzeyinde olsa bile bir ekosistem gibi davranması beklendiği takdirde, yapılı çevrenin çevresel performansı artabilir (Korhonen, 2001).

İşlevsel düzeyde ekosistem taklidi, derin bir ekoloji anlayışının, gezegenin ana biyojeokimyasal madde döngüsüne zarar vermekten ziyade takviye edici bir şekilde bir yapılı çevre tasarımını yönlendirdiği anlamına gelebilir (Zari, 2007). Tasarım ekibinin ekoloji ve sistem tasarımını daha iyi anlaması zorunludur. Ayrıca, geleneksel olarak mimarlık, biyoloji ve ekoloji gibi nadiren birlikte çalışan disiplinler arasındaki işbirliğinin artırılması da gerekli olacaktır. Böyle bir yaklaşım, geleneksel mimari tasarım düşüncesine, özellikle bir şantiyenin tipik sınırlarına ve bir tasarımın çalışabileceği zaman ölçeklerine meydan okur.

Kibert (2006), benzer fikirleri savunan çok sayıda yazardan bahsederken, ekosistemleri anlama ve modellemedeki güçlük nedeniyle bu tür bir yaklaşımı eleştirir ve insan tasarımlarında doğayı taklit etmenin tek boyutlu olduğunu ve karmaşık olmadığını söyler. Bu, yerleşik yapı olarak doğrudur, ancak ekosistemler hakkında bilinenleri taklit etmenin sürdürülebilirliği arttırmak için değerli bir amaç olmadığını ya da gerçekten dikkate alındığında imkânsız olduğunu göstermez (Benyus, 1997).

Tablo 2.4'te, günümüzün önde gelen girişimlerinde doğadan esinlenme biçimlerine göre (ekosistem seviyesi) fikir aşamasında olan ve uygulanan örnekler gösterilmiştir (Anonim, 2009).

**Tablo 2.4** Ekosistemlerin sinerjileri ve sürdürülebilirliğinden esinlenen tasarımlar ve uygulama alanları (Anonim, 2009)

İlham	Uygulama	Ürün / Şirket
<b>Sucul ekosistemlerin fazla besin maddelerini çıkarma yeteneği</b>	Modüler ve ölçeklendirilebilir düşük enerjili biyolojik atıksu arıtma	Eko-Makine - Todd Ekolojik Tasarım
<b>Besin döngüsü</b>	Sürdürülebilir ürün yaşam çevreleri, biyolojik ve teknik besin maddelerine ayırma tasarımı	Cradle-Cradle Sertifikasyon -McDonoughBraungart Tasarım Kimyası
<b>Prairie ekosistemi</b>	Tahılın yüksek verimini üretebilen ve gelecekteki tarımın bağlı olduğu su ve toprak kaynaklarını koruyan veya iyileştiren köklü uzun ömürlü tarım	Arazi Enstitüsü tarafından modelleme

## 2.6. Doğadan Esinlenen Mekansal Tasarım

Doğa tasarımcılar için sonsuz bir ilham kaynağı sunar. Gereksinimlere işe yarayan çözümlerle cevap vererek gelişir. Mekansal tasarımlarda doğadan esinlenme tasarımcıların ve mühendislerin dünya çapında ilgisini çekmiştir. Bunun nedeni hem olası bir inovasyon kaynağı hem de daha sürdürülebilir bir yapı oluşturmak için sunduğu potansiyelden kaynaklanmaktadır (Ali El-Zeiny, 2012).

Atalarımız daha iyi barınakları etrafındaki hayvanların tekniklerini taklit ederek yapmışlardır (Rao, 2014). Bu ve bunun gibi birçok mekansal tasarım doğada olanlardan etkilenmiştir. Günümüzde tüm bilimler için bir rehber olan, doğanın taklidi ve gözlemlenmesiyle ilerleme kaydeden biyomimikri mekan tasarımlarında da bizi etkilemektedir (Tokman, 2012). Biyomimikrinin geleceğin tasarımları üzerindeki etkisi giderek artacaktır. Tasarımcılar karşılaştığı bir örümceği basit bir örümcek değil, aynı zamanda bir malzeme üreticisi ve tasarımcı olarak, gördüğü bir karıncayı kumdan çok işlevli yapılar inşa eden bir canlı olarak görmeye başlarsa tasarım için doğadan esinlenmenin önemini daha iyi kavrayabilecektir. Bu bağlamda biyomimikri doğaya farklı bir bakış açısıyla bakmanın ve anlamının önemini vurgulamaktadır. Sürdürülebilir bir mekan tasarımı



için yapısal verimlilik, su verimliliği, sıfır atık sistemleri, termal ortam ve enerji tedariği göz önünde bulundurulmalıdır (Tavşan vd., 2014).

Benyus (1998)'a göre doğadan esinlenmenin mekan tasarımlarında üç temel uygulama alanı vardır:

- Daha dayanımlı, güçlü ve kendi kendine birleşebilen ve kendi kendini onarabilen malzemelerin geliştirilmesi,
- Binaların ve yapıları çevrenin iklimlendirilmesinde doğal süreç ve kuvvetlerin kullanılması,
- Enerji korunumlu ve çevrimli, atıkların tekrar kullanılmasına olanak veren, kaynakları tüketerek değil kaynak üreterek yapıları çevrelerin oluşturulması doğadan esinlenme ile mümkündür.

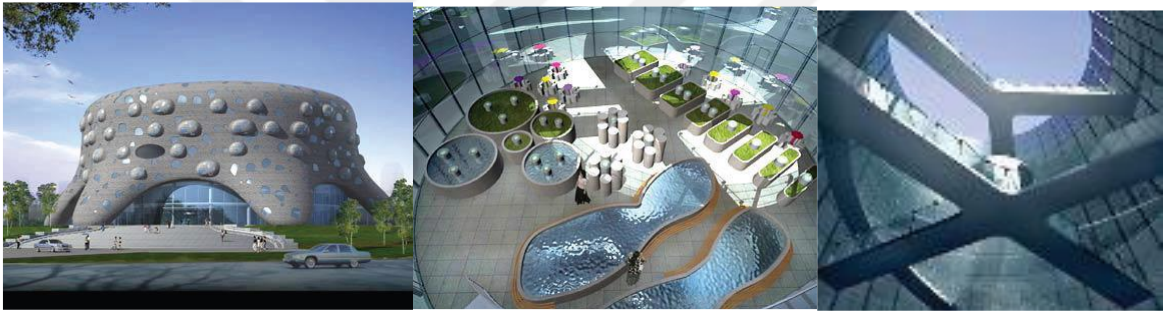
Bir tasarımcı bir tasarımın doğadan etkilendiğini söylediğinde, büyük olasılıkla görünüşünden bahsetmektedir. Doğa bu konuda iyi bir öğretmendir, ancak doğal görünümlü formlardan, dokulardan ve renklerden esinlenmek tek başına biyomimikri değildir. Vincent (2005)'e göre, bir tasarımda doğadan esinlendiğinde bazı biyolojik özelliklere de sahip olması gerekmektedir. Bu, bir tasarımda doğadan esinlenmenin sadece biçim ve formla kısıtlı kalmayıp, problemlere nasıl çözüm bulunduğuna bakarak daha etkili olabileceği anlamına gelmektedir. Ancak, belki de mekan tasarımlarında biyomimikrinin rolünü anlamının anahtarı, herhangi bir tasarımın başarısının nedeninin köklerini doğal bir prensibe geri götürebileceği değil, iyi bir tasarım örneği olduğu gerçeğidir. Biyomimikri, işlevsel ya da sürdürülebilirlik perspektiflerinden pek çok potansiyel avantajı olan, yeni fikirlere ve yenilikçi çözümlere yol açabilen felsefi bir yaklaşımdır (Ali El-Zeiny, 2012).

Mekansal tasarımlarda birkaç yıl önce eğilim minimalizm yönünde olmuştur. Bu tasarım dili sertleşmiş ve makineleşmiştir, ancak sadeliği ve malzemelerin dikkatli kullanımıyla var olmayı başarmıştır. Günümüzde akıcı biçimde akan formlar ve kıvrımlı detaylara sahip organik yapılar dikkat çekmektedir. Örneğin, kavisli sarmal kabuk evi bir salyangoz kabuğundan esinlenilerek tasarlanmıştır (Şekil 2.21). Evin içinde, dış kabuğun biçimleri sarılıp, her bir alanı birbirine bağlamaya devam etmektedir. İç mekan, bitkiler, organik desenler ve sarma taş yolları ile dış mekan gibi hissettirmektedir. Fakat biyomimik bir tasarım için yeterli değildir. Tasarımlarda doğadan esinlenirken estetiğin yanında deprem ya da herhangi bir doğal afet sırasında dayanımı gibi problemler de düşünülmelidir. Doğadan esinlenen bir çok mekan tasarım örneğinde, doğa kaynağının şekil, desen ve renkleri taklit edilmektedir. Fakat sürdürülebilir bir tasarım için daha detaylı bir biyolojik çalışma gerekmektedir (Ali El-Zeiny, 2012).



**Şekil 2.21.** Sarmal kabuk ev, Japonya (Ali El-Zeiny, 2012)

Mekan tasarımını biyoloji ile ilişkilendirmek amacıyla Çin'in güneybatısında Sichuan eyaletinin başkenti olan Chengdu şehrinde Nanobiomedikal Teknoloji ve Membran Biyolojisi Enstitüsü için hücre şeklindeki bir yapı tasarlanmıştır. Tasarımcı, binanın dışarıdan bir hücre gibi görünmesini amaçlamıştır (Şekil 2.22).



**Şekil 2.22.** Nanobiomedikal Teknoloji ve Membran Biyolojisi Enstitüsü, Çin (Ali El-Zeiny, 2012)

Zhang'a göre, hücre şeklindeki bina için, zarif bir şekilde katlanmış protein yapıları ve basit yapısal motiflerinden esinlenilmiştir. Hücre şeklindeki yapı, mekan ve biyoloji yapılarını birleştirmeye çalışır. Tasarımcı hücre şeklindeki binanın içindeki bahçe tasarımında, mitokondri şeklinde havuzlar gibi biyolojik olarak esinlenilmiş öğeler kullanmıştır. Ancak bu biyolojik şekiller ve motifler biyomimikri örneği değildir. Tasarımcı sorunları çözmek veya işlevi gerçekleştirmek için bir araç olarak biyolojiyi kullanmalıdır (Ali El-Zeiny, 2012).

Biyomimikri destekli tasarımlarda tasarımcı “Doğa nasıl yapar?” sorusunu sormak zorundadır. Biyomimikri, doğal bir nesneyi veya sistemi yeniden üretmekten fazlasıdır. Önce bir organizmanın veya ekosistemin derin bir araştırması ve daha sonra doğanın çözümlerinde bulunan temel tasarım prensiplerinin dikkatli bir uygulamasıdır. Doğa ve

doğadan öğrenmek farklı kavramlardır. Bu moda ve stil tartışması faydalıdır çünkü biyomimikri örneklerinin görünüşle ilgisi olmadığını anlamak önemlidir. Biyomimetik bir tasarım, herhangi bir organizma şekline bakarak kolayca tasarlanabilir, ancak buna ihtiyaç yoktur. Tasarımcılar, doğayı sadece doğal formu taklit etmekten çok daha derinlemesine incelemelidir. Doğanın biçimsel özelliklerinin ötesine geçmeli ve insanları doğaya daha derin ve daha duyarlı bir anlayış geliştirmeye teşvik etmelidirler (Ali El-Zeiny, 2012).

## 2.7. Doğadan Esinlenen Mekansal Tasarımlarda Analogik Yaklaşımlar

Bir tasarım süreci olarak biyomimikriyi kullanmak iki şekilde ilerleyebilir (Zari, 2007):

- Biyolojiden Esinlenen Tasarım
- Tasarımı Etkileyen Biyoloji

Bunlardan ilki bir insan gereksinimi veya tasarım probleminin tanımlanması ve diğer organizmaların veya ekosistemlerin bunu çözme biçimlerine bakmaktır. Burada biyolojiye bakmak, belirli bir özelliği, davranışı, işlevi tanımlamak organizmayı veya ekosistemi insan tasarımlarına dönüştürmek, biyoloji etkileyen tasarım olarak adlandırılır (Zari, 2007).

### 2.7.1. Biyolojiden Esinlenen Tasarım

Bir tasarım engelini biyolojik bir fenomenden yararlanarak çözümlenmek hedeflenmektedir (Volstad ve Boks, 2012). Buna örnek olarak otomotiv endüstrisinin aerodinamik sorunu aşabilmek için kutu balığından faydalanması örneklenebilir (Şekil 2.23). Boya sanayisinde ise su tutmayan ve kirlenmeyen boya yüzeylerinin oluşturulmasında yine doğadaki lotus çiçeğinden faydalanılmıştır (Altun, 2011; Primlani, 2013).



Şekil 2.23. Kutubalığında esinlenen biyonik otomobil (Zari, 2007)

Biyolojik analogilerin insanın belirlediği tasarım problemleri ile eşleştirildiği tasarımın olası etkileri, belirli bir problemin çözümü için temel yaklaşımın ve binaların birbirleriyle nasıl ilişkilendiğinin ve bunların bir parçası oldukları ekosistemlerin

incelenmemesidir. Sürdürülebilir olmayan ve hatta dejeneratif bir yapıyı çevrenin temel nedeni böyle bir yaklaşımla ele alınmamasıdır.

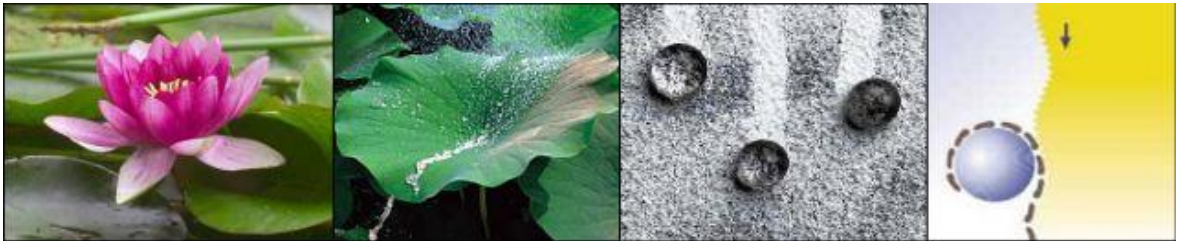
Biyonik araba yakıt kullanımı açısından daha verimlidir, çünkü kutu balıkların taklit edilmesinden dolayı vücut daha aerodinamiktir. Aracın yapısındaki minimum malzeme ihtiyacını tespit etmek için ağaç büyüme paternlerinin taklit edilmesi nedeniyle daha fazla materyal etkin olmaktadır. Ancak aracın kendisi taşımacılığa yeni bir yaklaşım değildir. Bunun yerine, kişisel taşımacılığa bir cevap olarak otomobilin fikrini yeniden incelemeksizin, mevcut teknolojiye küçük iyileştirmeler yapılmıştır (Zari, 2007).

Tasarımcılar, organizmaları veya ekosistemleri gözlemleyebildikleri veya mevcut biyolojik araştırmaya erişebildikleri takdirde, bir biyolog veya ekolojist ile derinlemesine bir bilimsel anlayış ya da işbirliği yapmadan potansiyel biyomimetik çözümleri araştırabilirler. Ancak sınırlı bir bilimsel anlayışla, bu biyolojik bilginin insan tasarımına çevrilmesi, sığ bir seviyede kalma potansiyeline sahiptir. Örneğin, organizmaların formlarını ve belirli mekanik yönlerini taklit etmek kolay ama bilimsel işbirliği olmaksızın kimyasal süreçler gibi diğer yönleri taklit etmek zordur (Zari, 2007).

Bu dezavantajlara rağmen, böyle bir yaklaşım yapıyı çevrenin sürdürülemezden etkinliğe, etkili paradigmaya geçişine başlamanın bir yolu olabilir (McDonough, 2002).

### 2.7.2. Tasarımı Etkileyen Biyoloji

Biyolojik bilgi insan tasarımını etkilediğinde, işbirlikçi tasarım süreci başlangıçta belirlenen insan tasarım problemlerinden ziyade ilgili biyolojik veya ekolojik araştırma bilgisine sahip insanlara bağımlıdır. Örneğin, bataklık sularından temizlenen nilüfer çiçeğinin bilimsel analizidir; bu da tasarımların kendi kendini temizlemesini sağlayan Lotusan boyası dahil olmak üzere birçok tasarım inovasyonuna yol açmıştır (Şekil 2.24) (Zari, 2007).



Şekil 2.24. Lotustan ilham alan lotusan boyası (Zari, 2007)

Hawken (2007), bir tür olarak insanların, en eski yaşayan ormandan daha uzun süredir bulunduğunu ve uyarlanabilir bir tür olduğunu, insan türü tasarım çözümleri ile diğer türlerin kullandığı taktikler arasındaki benzerliklerin şaşırtıcı bir şekilde bir çakışma olduğunu düşündüklerine işaret etmektedir (Vincent vd., 2006). Bu nedenle, bu yaklaşımın bir avantajı, biyolojinin insanlara önceden belirlenmiş bir tasarım probleminin dışında kalabilmeleri, daha önce hiç düşünülmemiş teknolojilere veya sistemlere ve hatta tasarım çözümlerine yol açabilecek şekilde etkilemesidir. İnsanların tasarlama biçimindeki gerçek kayma potansiyeli ve bir soruna çözüm olarak odaklanılan şey, biyomimetik tasarıma böyle bir yaklaşımla var olur (Vincent vd., 2005).

Bu yaklaşımla tasarım açısından bir dezavantaj, biyolojik araştırmanın yapılması ve daha sonra bir tasarım içeriğine uygun olarak tanımlanması gerektiğidir. Bu nedenle biyologlar ve ekolojistler, yeni uygulamaların yaratılmasında araştırmalarının potansiyelini fark edebilmelidirler (Zari, 2007).

## **2.8. Doğadan Esinlenen Mekansal Tasarımlarda Analogik Yaklaşım Adımları**

Zari (2007)'nin çalışmasına benzer şekilde Ali El-Zeiny (2012)'nin çalışmasında da bir tasarım süreci olarak biyomimikri yaklaşımı Tablo 2.5'te gösterildiği gibi tipik olarak iki kategoriye ayrılır:

- Probleme dayalı yaklaşım (Yukarıdan Aşağıya Yaklaşım)
- Çözüme dayalı yaklaşım (Aşağıdan Yukarıya Yaklaşım)

Probleme dayalı yaklaşım Zari'nin çalışmasında *biyolojiden esinlenen tasarım* diye adlandırdığı yaklaşım, çözüme dayalı yaklaşım ise Zari'nin çalışmasında *tasarımı etkileyen biyoloji* diye adlandırdığı yaklaşımdır (Ali El-Zeiny, 2012).

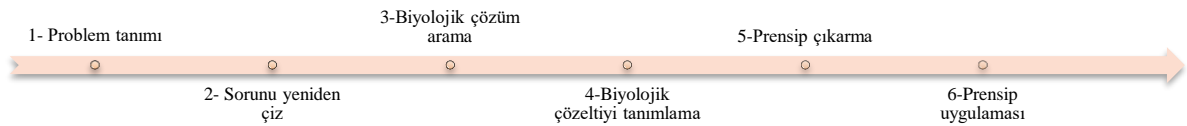
**Tablo 2.5.** Doğadan esinlenen mekansal tasarım yaklaşımları (Karabetça, 2016)

Probleme Dayalı Yaklaşım	Biyomimetik Tasarımın Ortaya Konması			6. Tasarım Sorunu
	Çevre	Toplum	Organizma	
1. Tasarım Sorunu	İçeriksel Uyum	Etkileşim	Form ve	5. Teknik Uygulamalar
2. Biyolojik oluşumları araştırmak	Değişikliğe	Hiyerarşi	Strüktür	4. Biyolojik Modelden
3. Uygun Ölçütleri Belirlenmesi	Cevap	İletişim	Büyüme	Çıkarımlar, ayrımlar
4. Biyolojik Modelden Çıkarımlar, ayrımlar	Uyum	Takım Yönetimi	Fonksiyon ve Davranış	3. Ölçütlerin anlaşılması
5. Analizlerin ve geribildirimlerin test edilmesi	Yönetim		Hareket	2. Biyomekani, fonksiyonel morfoloji ve anatomi
6. Tasarım Çözümü	Koruma		Sistem	1. Biyolojik araştırmalar
	Biyomimetik Seviye Ve Yaklaşımları			Çözüme Dayalı Yaklaşım

### 2.8.1. Probleme Dayalı Yaklaşım Adımları

Probleme dayalı yaklaşım modeli, uygulamada, sonraki aşamalardan çıkarılan sık sık önceki aşamaları etkileyen, yinelemeli geri besleme ve inceltme döngüleri sağlayan, doğrusal olmayan ve dinamik olan adımların ilerlemesini izler (Goel, 2009). Ayrıca McDonough, bu yaklaşımın yapıyı çevreyi sürdürülemezden farklı bir paradigmaya geçişine başlamanın bir yolu olabileceğini belirtmiştir (McDonough, 2002).

Georgia Teknoloji Enstitüsü'nde (Helms vd., 2009) Tasarım İstihbarat Laboratuvarı'nda yapılan araştırmalar, bu yaklaşımı 6 kesin adımda tanımlamıştır (Şekil 2.25)( Ali El-Zeiny, 2012).

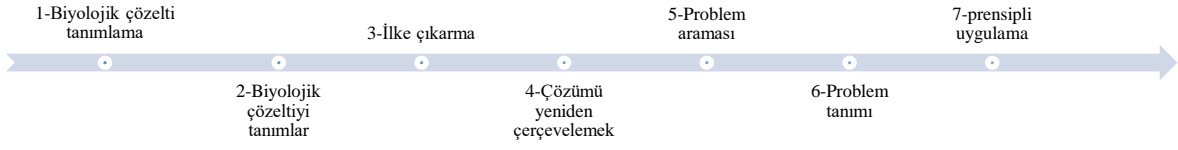


**Şekil 2.25.** Probleme dayalı yaklaşımın adımları

### 2.8.2. Çözüme Dayalı Yaklaşım Adımları

Georgia Teknoloji Enstitüsü'nde Michael Helms Swaroop S.V tarafından yapılan araştırma. ve 2006'daki Tasarım İstihbarat Laboratuvarı'nda Ashok K. Goel de bu yaklaşımı 7 kesin adımda tanımlanmaktadır (Şekil 2.26).





**Şekil 2.26.** Çözümüne dayalı yaklaşım adımları

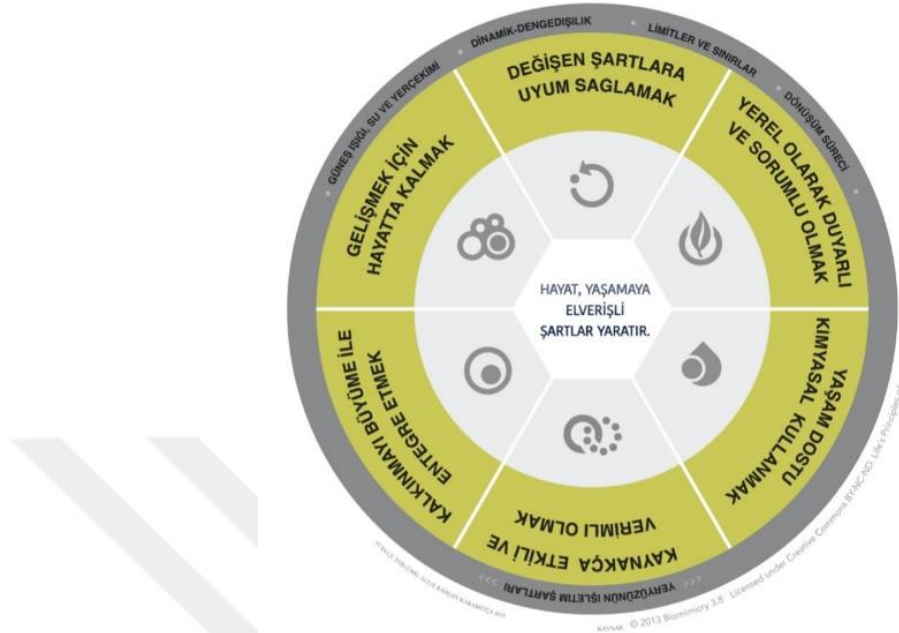
Dördüncü adımda, yeniden bir araya getirme tasarımcıları doğa fonksiyonunun ne kadar başarılı olduğunu görebileceğimizi düşünmeye zorlar ve 6. adımda, doğa alanındaki arama, belgelenmiş doğa çözümlerinin sınırlı bir alanı içerisinde arama içerdiğinden, problem arama tamamen yeni problemlerin tanımlanmasını içerir. Bu, sorunlu süreçteki çözüm arama adımından farklıdır (Ali El-Zeiny, 2012).

Yukarıdakilere dayanarak, biyomimetik çözüm, tasarımcıların biyologlarla yaptığı tartışmalardan veya doğanın tasarımcılara çözüm önerileri sunan biyologlardan kaynaklanmaktadır. Şans, süreçte önemli bir rol oynamış gibi görünebilir ve tasarımcıların mücadelesine en uygun çözümü bulmak için ilk şart, iki toplum arasında yapılandırılmış bir temas yönteminin geliştirilmesi ve benimsenmesinde görünebilir (Ali El-Zeiny, 2012).

## 2.9. Doğadan Esinlenen Tasarım İlkelerinin Mekansal Tasarımlara Entegrasyonu

Biyomimikri tasarım lensleri, sürdürülebilir mekan tasarımları için çözümler bulmakta büyük öneme sahiptir. İnşaat verimliliği, mekansal verimlilik, su, atık, termal çevre, enerji tasarrufu ve düşük enerji tüketimi vb. bu lensler tasarım işlemlerinde analiz edilmeli ve kullanılmalıdır. Sürdürülebilirlik insan yapımı çevresel zorluklarla başa çıkabilen tek faktör olduğundan, bu lensleri mekan tasarım sürecine entegre etmek kaçınılmaz olmalıdır. Örneğin, en önemli merceklerden biri doğadan öğrenilen yaşamın ilkeleridir. Yaşamın her organizmaya bağlı olduğu ve aynı koşulları kullandığı göz önüne alındığında, 3,8 milyar yıl sürebilen prensipler ve koşullar yaratılmıştır. Biyomimikrinin doğada bulunan yaşamın ilkeleri, varlığını sürdüren ve gelişen organizmalar arasındaki koşulları temsil etmektedir (Baumeister, 2013). Tasarımcılar hayatın pozitif yaşam koşulları yarattığını anlarsa, sürdürülebilir ortamlarda sürdürülebilir tasarımlar yapmak mümkün olacaktır (Benyus, 2002). Bu koşulları öğrenmek ve anlamak, daha etkili bir şekilde korunabilecek mekanlar ve ortamlar yaratabilir. Bu adımlar izlenirse, tasarımcılar doğanın dehasına yönlendirilebilir. Bu ilkelerden birinin ihmal edilmesi veya uygulanmaması

durumunda, tasarım eksiktir ve biyomimetik amaç silinir. Bu ilkeler Şekil 2.27’de gösterildiği gibidir (Baumeister, 2013; Karabetça, 2015).



Şekil 2.27. Biyomimikri Tasarım Merceği: Yaşam İlkeleri (Baumeister, 2013)

### **Gelişmek için hayatta kalmak:**

Bu aşamada, sürekli bilgi toplamak ve performansın sürekliliğini sağlamak için bu bilgiyi sürece dahil etmek için çalışmalar sürdürülmektedir (Baumeister, 2013).

- Benzer iş stratejileri geliştirmek
- Beklenmeyen durumları olumlu olarak dikkate almak
- Bilgi değişimi ve yeni seçenekler için değişiklik

### **Değişken şartlara uyum sağlamak:**

Yaşam ilkelerinin bu aşaması, değişen koşullara uyum sağlayabilen, fonksiyonel ihtiyaçları karşılamak için birçok form, süreç ve ekosistemi bir araya getiren, yenilikçi ve fonksiyonel tasarımların oluşturulmasını sağlar. Bu kriter üç başlık altında listelenmiştir (Baumeister, 2013):

- Çeşitliliğin dahil edilmesi
- Kendini yenileme yoluyla bütünlüğü korumak
- Çeşitlilik, çeşitlilik ve çürüme yoluyla esnekliğin somutlaştırılması



**Yerel olarak duyarlı ve sorumlu olmak:**

Yaşam Prensiplerinin bu aşamasında, her ekosistemin, bölgedeki yaşam koşullarına göre gelişmesi, doğal yaşamın bağlantısını bütünleştirmesi ve geliştirmesi savunulmaktadır. Her ekolojik bölge, ekosistemlerinin dezavantajları ve faydaları ile diğer ortamlardan farklıdır. Bu kriter dört başlık altında listelenmiştir (Baumeister, 2013):

- Döngüsel bir sürecin gelişimi
- Hazır malzeme ve enerji kullanımı
- Geri besleme döngüsünün kullanımı
- Ortak bağlantıların geliştirilmesi

**Kalkınmayı büyüme ile entegre etmek:**

Gelişme ve büyümeyi geliştirme stratejilerine en iyi yatırımları yapma fırsatlarını yaratmak bu ilkenin önemli bir özelliğidir (Baumeister, 2013).

- Kendi kendine organizasyon
- Aşağıdan yukarıya doğru gitmek ve bileşenleri birer birer toplamak
- Modüler ve iç içe geçmiş bileşenleri basitten karmaşığa birleştirmek

**Kaynakça etkili ve verimli olmak:**

Bu kriterin temel amacı, yerel malzemelerin yararlarını ve fırsatlarını akıllıca ve dikkatli kullanmaktır; dört alt başlık altında listelenmiştir (Baumeister, 2013):

- Enerji tasarrufu sağlayan işlemlerin kullanımı
- Çok işlevli tasarımların kullanımı
- Tüm malzemelerin geri dönüşümü
- Enerji tasarruflu form tasarımı

**Yaşam dostu kimyasal kullanmak:**

Bu prensipte amaç, yaşam sürecini destekleyen kimyasalları kullanmak, doğadaki kimyasal deseni takip etmek ve zararlı maddelerin insan yapımı sistemlerin yapısına dahil edilmesini önlemektir (Baumeister, 2013).

- Ürünleri yararlı bileşenlere ayırmak
- Çok amaçlı tasarımlar kullanmak
- Tüm malzemeleri geri dönüştürmek
- Formu işlev için uygun yapmak

Bu ilkelere uyulduğu sürece, tasarlanan mekanlar, binalar ve ortamlar sürdürülebilir yaşam tarzları elde ederken daha yaşanabilir olacaktır. Enerji verimliliği, kendi kendini temizleyen malzemeler, su toplama cepheleri, enerji tasarruflu aydınlatma sistemleri, güçlü

yapılar vb. tasarımlar için biyomimikri ideal ve sürdürülebilir bir çözüm olarak tanımlanmalıdır.

Mekan tasarım ölçütleri yukarıda anlatılan yaşamın ilkeleri ile eşleştirilmiş ve Tablo 2.6'de gösterilmiştir (Karabetça, 2016).



**Tablo 2.6.** Yaşam İlkeleri ile yenilikçi mekan tasarım ilkelerinin eşleştirilmesi (Karabetça, 2016)

Yaşamın İlkeleri	YENİLİKÇİ MEKAN TASARIM İLKELERİ										
	Doğanın Biyo-adaptasyon sisteminin mekan aktarılması	Mekanların ekolojik verimliliği	İklimsel ortam konforu	Mekan Tasarımına Yönelik Sosyal Mimari Etkileşimler	Ekonomik Olarak Mekanın İhtiyaçların Sağlanması	Mekan ve Doğa Arasındaki Ergonomik Etkileşimler	Mekanda Görsel Etkinin Doğa ile Güçlendirilmesi BİY0-ESTETİK	Sürdürülebilir Yapısal Performans			
Gelişmek için hayatta kalmak	***	***	**	***	**	*	**	***			
Değişen şartlara uyum sağlamak	***	***	***	*	***	**	***	***			
Yer olarak duyarlı ve sorumlu olmak	***	**	***	***	**	***	***	***			
Kalkınmayı büyüme ile entegre etmek	***	***	**	***	***	***	—	***			
Kaynakça etkili ve verimli olmak	***	***	***	**	***	**	*	***			
Yaşam dostu kimyasallar kullanmak	***	***	***	***	***	***	***	***			
								* Bağlantılı	* Orta derecede ilgili	* Yakından ilgili	* Birebir örtüşen

## 2.10. Doğadan Esinlenilen Probleme Dayalı Mekansal Tasarım Örneği: Votu Hotel

Votu Hotel Maraú Yarımadası'nda bulunmaktadır. Maraú Yarımadası (Şekil2.28), bir tarafında Atlantik Okyanusu ile çevrili, bozulmamış Brezilya kumunun 25 mil uzunluğunda bir barı ve diğer görkemli bir plajın başka bir yere bırakıldığı sakin Camamu Koyu'dur. Bugün bölge zengin altın kumları, sağlam beyaz kayalıkları, hindistan cevizleri, serin şelaleleri, mercan resifleri, sakin mangrov ormanlarına sahiptir. Yerli mangrov ormanları, dünyanın en tehlikedeki ekosistemlerinden biridir ve onları korumak için büyük özen gösterilmelidir. Votu Hotel bu zorluğa alışılmadık bir yaklaşımla yaklaşmaktadır: biyomimikçilik (Woolley-Barker, 2017).



Şekil 2.28. Maraú Yarımadası, Brezilya (Woolley-Barker, 2017).

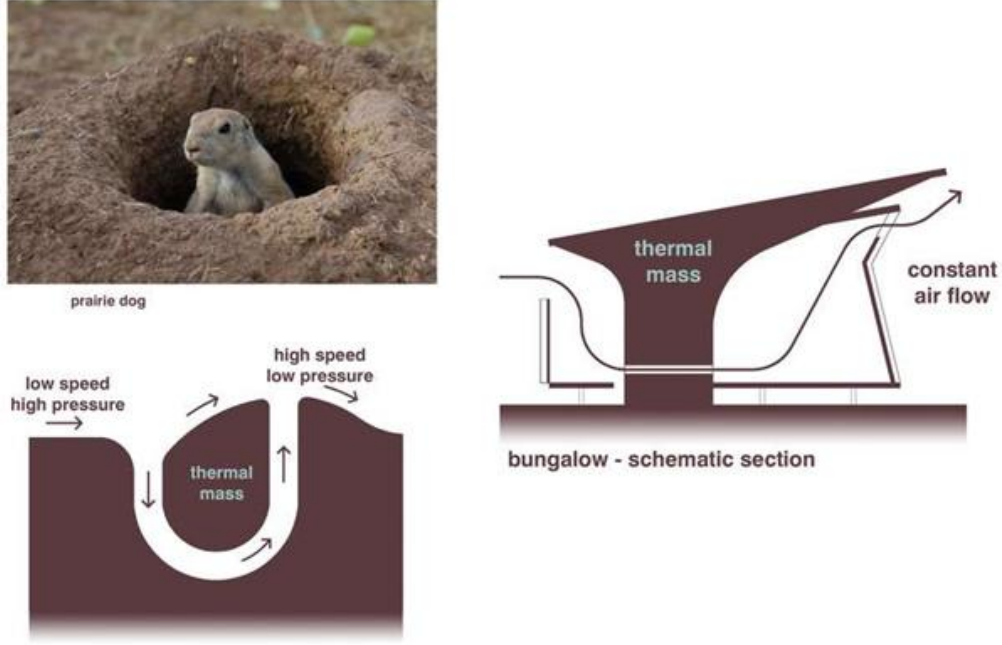
Votu Hotel (Şekil 2.29), doğaya uygun tasarımın yenilikçi yaklaşımı olan biyomimikriyi kullanarak meydan okumayı hedeflemektedir (Woolley-Barker, 2017).



**Şekil 2.29.** Votu Hotel, Brezilya (Woolley-Barker, 2017).

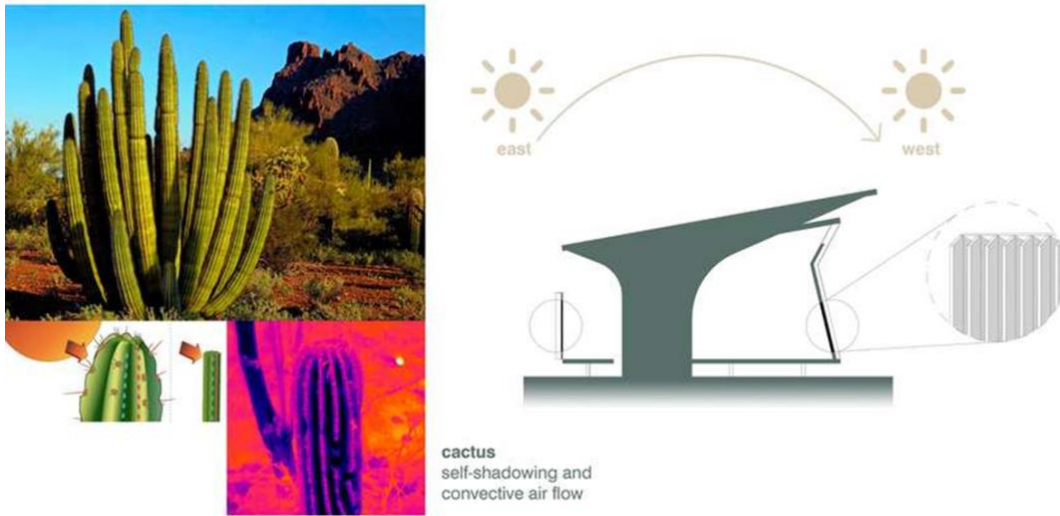
Tasarım ekibi bölgenin yerel türlerini korumak ve desteklemek için klima ve elektrik tüketimini en aza indirmenin, iyi su yönetiminin, havalandırma ve termal konforun kritik öneme sahip olduğunu belirtmiştir. Bu gereksinimler, bu kıyıların şiddetli yağmur, taşkınlar, kıyı erozyonu, yüksek sıcaklıklar, tuz spreysi ve yüksek neme karşı savunmasız olması nedeniyle belirlenmiştir. Bu sorunları çözmek için, bu türden zorlukları çözen türlere bakılmıştır. Örneğin, çayır köpekleri, dış sıcaklıkların yaz aylarında 100°F'ye ve kışın da -35°F'ye ulaştığı büyük koloniler veya kasabalarda yaşayan sosyal kemirgenlerdir. Onlar bu tür aşırı uçlardan izole olmak için uzun yeraltı yuvalarına güvenmektedirler. Tasarım ekibi bu konsepti Votu Hotel için beton duvarlar ve ısıyı tıpolamak için bir çatı bahçesi kullanarak ödünç almıştır (Şekil.30).





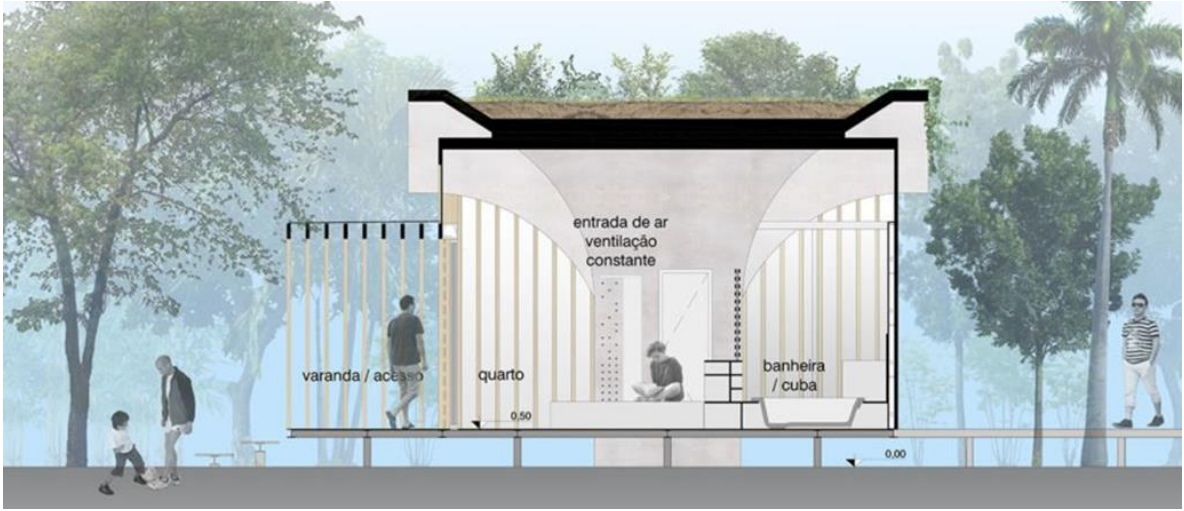
Şekil 2.30. Çayır köpekleri ve yalıtım stratejisi (Woolley-Barker, 2017).

Bungalov kabuğunun kendisi başka bir biyolojik şampiyon olan Saguaro kaktüsünden esinlenmiştir. Saguaro kaktüsü, uzun dikenlere ve akordeon benzeri kıvrımlara dayanarak ısıya maruz kalma aşırılıklarını hafifletir. Derin katlar kısmi gölgeler, gölgeli tarafta soğutma havası ve dolaşımını kolaylaştıran ve ısı emilimini en aza indiren bir gradyan oluşturur. Votu bungalovları bu stratejiyi dikey, ahşap sistem kullanarak taklit etmektedir (Şekil 2.31) (Woolley-Barker, 2017).



Şekil 2.31. Saguaro kaktüsü ve gölgelendirme stratejisi (Woolley-Barker, 2017).

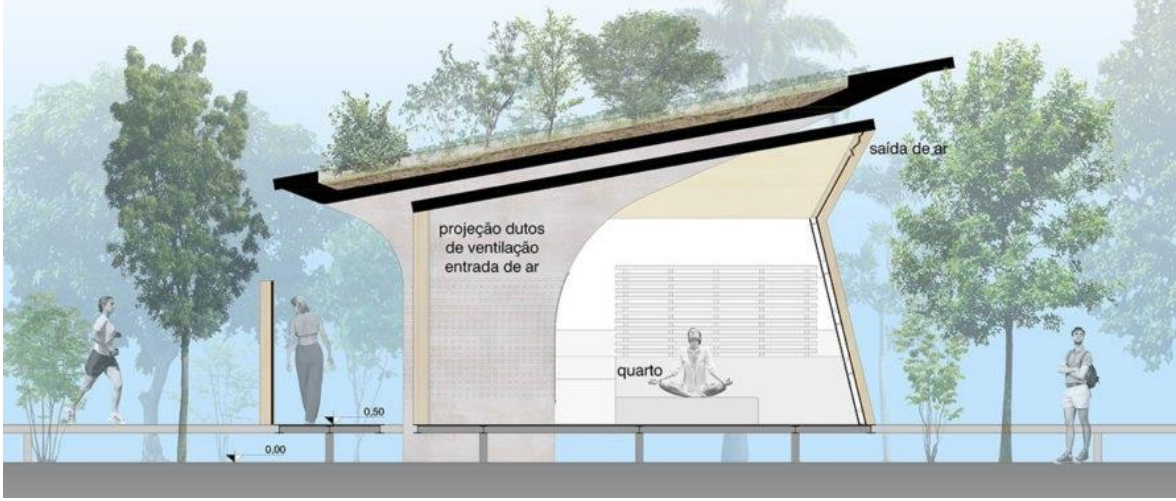
Küçük evler, doğal mangrovlar ve orman ağaçlarının yaptığı gibi, kazıklar üzerinde durmaktadır ve doğal topoğrafyayı koruyarak yağmur suyunun ve gelgitlerin engellenmemiş akışına izin vermektedir. Bu arada, mutfak sıcak günlerden serin gecelere kadar büyük sıcaklık dalgalanmalarına maruz kalan yerel bir kuş olan Toco Toucan'dan ilham almaktadır. Büyük vaskülarize Toucan gagası, hayvanlar arasında bilinen en büyük termal değişimi sunan, son derece verimli bir termal radyatördür. Mutfaktan çıkan ısı aynı şekilde dağıtılır: yükseldikçe, çatı toprağından geçen bakır bir bobin içine çekilir. Hava bir çatı bahçesinin gölgesinde soğur ve sonunda mutfağı döner. Ek enerji gerektirmeyen doğal bir klima oluşturmaktadır (Şekil 2.32) (Woolley-Barker, 2017).



**Şekil 2.32.** Votu Hotel havalandırma stratejisi (Woolley-Barker, 2017).

Otelin önünde, bambudan oluşan bir çalılık, bungalovlardan herhangi bir kaçış veya plajdan gelen gelgit yıkanmasını engeller, tuzluluk, bakteri veya kirletici maddelere karşı canlı bir filtre görevi görür (Şekil 2.33). Bungalovların arkasında, gri su, muz çemberine girerken, karasu, bir biyofiltreden geçerek, misafirlerin keyif alacağı bir meyve bahçesi bahçesini dölleyen kompost bir yığınının içine girmektedir (Woolley-Barker, 2017).





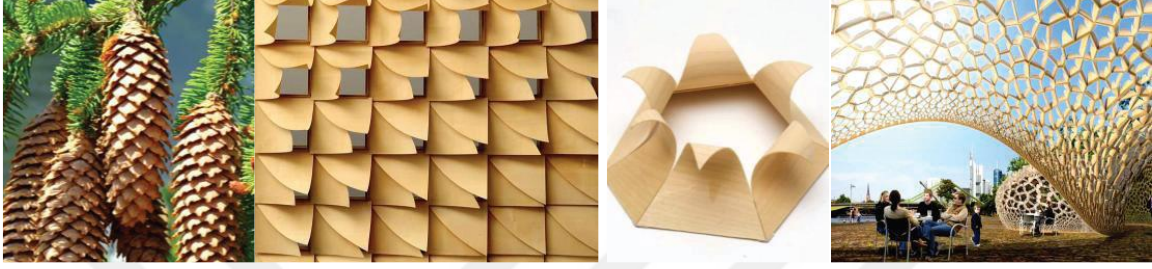
**Şekil 2.33.** Votu Hotel geri dönüşüm stratejisi (Woolley-Barker, 2017).

Votu Hotel tasarımında öncelikle tasarım problemleri belirlenmiş, daha sonra doğada bu problemlere nasıl çözümler bulunduğu araştırılmıştır. Uygun çözümler tasarıma entegre edilmiştir. Üstelik yalıtım, gölgelendirme, havalandırma, geri dönüşüm gibi birçok problemin doğadan esinlenilerek çözüldüğü çoklu bir biyomimikri örneği olan bu tasarım yaklaşımı probleme dayalı mekan tasarım yaklaşımına da örnektir.

### **2.11. Doğadan Esinlenen Çözüme Dayalı Mekansal Tasarım Örnekleri**

Çözüme dayalı yaklaşıma dayanan, Achim Stuttgart Üniversitesi Mimarlık ve Kentsel Planlama Fakültesi Bilgisayar Tasarımı Enstitüsü'nden Steffen Reichert ile birlikte çalışarak bitkilerde malzeme sistemlerini incelemiş ve bu sistemlerin sadece anizotropik bir malzemedan faydalanmadığını fark etmişlerdir. Yapısal kuvvetlere uyum sağlamak için kas kullanmadan kinematik ve çevreye duyarlı hareketler yapabildiklerini fark görmüşlerdir. Bu durumda, mühendislik çözümlerinden farklı olarak, basit malzeme elemanları aynı anda sensör, aktüatör ve regülatördür. Bu nedenle, bu sistemler, çevrelerine yanıt veren mimari yüzey yapıları için olağandışı kavramsal ve pratik bir çerçeve sunar. Hesaplamalı tasarım, bilgisayar destekli üretim ve dijital sensör teknolojilerindeki gelişmeler; Herhangi bir mekanik veya elektronik kontrole ihtiyaç duyulmadan yüzey yapılarının iklime cevap vermesini sağlayan tasarım ve imalat sağlayan yenilikçi bir malzeme odaklı tasarım yaklaşımını mümkün hale getirmektedir. Kozalakların biyolojik prensiplerine dayanan biyomimetik araştırma projelerine göre, kozalakların içindeki tohumları koruyan yöntemden ilham alan bazı tasarımlar sunduğu görülmektedir. Dikenler yağmurlu havada içerideki tohumları korumak için kapanmakta ve kuru havada saçılan tohumların şansını artırmak için

açılmaktadır (Şekil 2.34). Bu tasarımlardan biri Frankfurt şehir merkezinde bulunan FAZ köşküdür. Duyarlı yapı, gömülü sensör, enerji motoru ve düzenleyici eleman içermeyen basit bir malzeme elemanına dayanarak hava değişimlerine cevap vermektedir. Yüzey göreceli olarak düşük ortam nemi ile güneşli günlerde tamamen açılır. Yağmur yağmaya başladığında, bağıl ortam nemindeki ilgili artış hızlı, otonom bir tepkiye neden olur ve yapı kabuğunu kapatarak hava koşullarına dayanıklı bir yüzey oluşturur (Ali El-Zeiny, 2012).



Şekil 2.34. Kozalıklardan ilham alınan FAZ projesi (Ali El-Zeiny, 2012).

Çözüme dayalı yaklaşıma bir diğer örnek ise Interface'in Entropy ürün serisidir. Dünyanın en büyük halı üreticisi Interface'in tasarım ekibi biyomimikri danışmanları ile çıktıkları orman yürüyüşünde şekillerin ve renklerin düzensizliğini fark etmişlerdir. Orman tabanının kat kat yaprak ile kaplı olduğunu, yaprakların şekilleri ve renklerinin birbirinden farklı olduğunu üstelik belli bir desene göre de dizilmediklerini görmüşlerdir. Interface tasarım ekibi orman tabanındaki 'mükemmel olmayan' güzelliğin verdiği esin ile "Entropy" ürün serisini yaratmıştır (Şekil 2.35b). Entropy serisindeki ürünler belli bir desen izlemedikleri için modüler halı parçalarının tümü birbirine uyum sağlamaktadır. Böylece montaj maliyeti belirgin şekilde azalmaktadır. Yeni tasarım anlayışı sayesinde üretimde atılan halı miktarı %4'den %1,5'e düşmüştür. Kullanıcı tarafında ise montaj sırasında israf olan halı miktarı %70 azalmıştır. Üstelik lekelenen halının sadece problemlü parçası değişeceği için Interface kullanıcılarına akıllı bir seçenek sunmaktadır (Akgün, 2012).



**Şekil 2.35. a) Yapraklar, b) İnterface'in Entropy serisinden bir halı (Akgün, 2012).**

Kozalakların biyolojik prensiplerine dayalı FAZ projesi ve ormandaki yaprakların düzensiz güzelliğinden esinlenilen halı tasarımı çözüme dayalı yaklaşıma örnektir. Bu tasarımlarda doğada var olan biyolojik bir prensipten yola çıkılarak bir tasarım fikri oluşturulmuş ve uygulanmıştır.

Doğadan esinlenilen mekânsal tasarım ilkelerinin mekan tasarımlarına entegre edilmesinde, tasarım sürecinin ilk aşamasında ön fikir oluşturulmadan, tasarım yaklaşımının belirlenmesi tasarım süreci açısından önemlidir. Mekan tasarımlarında doğaya bakmak aslında termal rahatlık, gündüz aydınlatması, enerji verimliliği ve sürdürülebilir çözümler gibi günlük problemlerde bile yeni çözümler keşfedilmesine yardımcı olacaktır (Ali El-Zeiny, 2012).

Derinlemesine bir araştırma ve tartışma içermeyen doğadan esinlenen mekansal tasarımlar, analoginin yüzeysel ve form düzeyinde kullanımından öteye gidemediği için başarılı biyomimikri örneklerinin sayısında artış olmayacaktır. Sadece form değil mekanda kullanılan malzemeler, aydınlatma ve havalandırma öğeleri, mukavemet vb. kavramlarının hepsi mekan tasarımıyla ilgilidir ve doğadan esinlenirken her problem ayrı ayrı düşünülmelidir. Doğada bu problemlere çözüm sunabilecek binlerce örneğin olduğu unutulmamalı, aslında basit olan karmaşık hale getirilmemelidir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Doğada insanların yaşam kalitesini artırabilecek ve sürdürülebilirliği destekleyebilecek çözümler sunan biyomimikri kavramı ve doğadan esinlenmenin önemi, giderek artmaktadır. Tasarımın her alanında teknoloji ile birlikte erişim imkanlarının da artmasıyla biyomimikri destekli tasarımlar artmaktadır. Doğadan esinlenme mekan tasarımlarında da gelişen bir araştırma alanına sahiptir. Ancak bilimsel ve teknik bilgi eksikliği nedeniyle tasarımcıların biyolojiden faydalanmasını sınırlı hale gelmektedir. Bu yüzden mekan tasarımlarında analoginin kullanımında daha yüzeysel çalışmalar yapılmaktadır. Bu süreçte tasarımcıların biyologlarla işbirliği yapması daha yenilikçi ve sürdürülebilir tasarımların ortaya çıkmasına katkı sağlayacaktır.

Biyomimikri tasarım süreci, ön tasarım ve taklit olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama problemin tanımı ve organizmaların, doğal sistemlerin incelenmesini içerir. İlk aşamadan sonra elde edilen bilgilerin çözüme dönüştürülmesi teknolojik ve biyolojik bilgi gerektiren karmaşık bir süreçtir (Öztoprak, 2018). Bu nedenle bu çalışmada kullanılan tasarım yaklaşımı ön tasarım aşamasındadır. Armadillo esinlenilen bir acil durum barınağı tasarım çalışması yapılmıştır.

#### 3.1. Materyal

Araştırmanın ana materyalini armadillo ve acil durum barınakları oluşturmaktadır. Türkiye jeolojik yapısı ve sahip olduğu iklimsel özellikleri nedeniyle büyük can ve mal kayıplarına yol açan doğal afetlerle sık karşılaşmaktadır. Bu durum Türkiye’de acil durum barınaklarının önemini ortaya koymaktadır. Bu faktör örnek mekan tasarımı olarak acil durum barınaklarının seçilmesinde etkili olmuştur. Biyolojiden esinlenen tasarım yaklaşımıyla kısa bir literatür taraması yapıldıktan sonra, acil durum barınaklarının asgari kriterlerinden yola çıkılarak, armadillonun hareket kabiliyetinden esinlenilen bir barınak tasarlanmıştır.

##### 3.1.1. Armadillo

Armadillo, keratinden yapılmış bir deri zırh kabuğu olan 12 ila 15 santim uzunluğunda bir memelidir (Şekil 3.1). İspanyolcada armadillo “küçük zırhlı” anlamına gelmektedir. Çünkü armadilloların koruyucu levhaları avcılara karşı ana savunma hattı olarak işlev görür (URL-10, 2012).





**Şekil 3.1.** Armadillo (URL-11, 2019)

Orta güney Amerika'da bulunan üç bantlı armadillo (cins *tolypeutes*), incelendiğinde sıkı bir top şeklinde kıvrılan tek armadillo türü olduğu görülmüştür (Şekil 3.2). Bu özelliği ona daha fazla hareket özgürlüğü sağlar. Gevşek kabuk aynı zamanda daha sıcak iklimlerde yaşayan armadilloların izole edilmesine yardımcı olur (URL-10, 2012).



**Şekil 3.2.** Armadillo hareket özgürlüğü (URL-12, 2016)

“Birçok büyük yaratık, mümkün olan en az yüzey alanına sahip olmanın değerini bilmektedir. Bir topun içine yuvarlanması armadillo gibi çeşitli canlılar tarafından kullanılan basit ama etkili bir savunma şeklidir. Şekil ekonomisi, kürenin yüzeyine bir çeşit esnek zırh kaplaması eklenerek daha da etkili hale getirilir. Tüm savunmasız ve hayati organlar ve uzuvlar koruyucu mahfaza içerisinde saklanır ve bir avcıya yemek yerine sinir bozucu bir top oyunu sunar (URL-13, 2016).

Hap böceğine benzer şekilde, armodillonun zırhı ve tehdit hissettiğinde onu dağıtma kabiliyeti, ilham kaynağıdır. Bu ilham, canlıların dış etkilerden korunmak için bir barınağa ihtiyaç duydukları düşünüldüğünde, herhangi bir tehlike tehdidi olmasa bile bir acil durum barınağı için de geçerlidir.

### 3.1.2. Acil Durum Barınağı

Barınma, insanlığın varoluşundan beri süregelen, insanoğlu için en temel ihtiyaçlardan biridir. Bu ihtiyacın karşılanması noktasında ise insanı tehlikeli derecedeki soğuk ya da sıcaktan koruyan, içinde dışarıya nazaran güvenli şekilde uyuyabileceği ve bazı ihtiyaçlarına cevap verebilen, içinde yaşanan yapı veya korunaklı yer olarak tanımlanan barınak yapıları devreye girer. Günümüzde ise, barınaklar, acil durumlar, doğal afetler ve zorunlu göçler sonucu ortaya çıkan barınma ihtiyacına cevap niteliği taşıyan mimari tasarımlar olarak karşımıza çıkar. Bu ihtiyaca cevap verecek olan tasarımın, barınağın yer alacağı bölgenin iklim şartlarına uygun olması, gerektiğinde uzun dönemler boyunca kullanılabilmesi, aynı zamanda da hızlı ve ucuza üretilebilmesi ve kolay uygulanabilmesi gerekmektedir. Acil durum barınakları, dönüştürülebilir malzemelerden oluşan, sökülüp veya taşınıp tekrar kullanılabilen yapılar olmalıdır (Altınkaynak, 2016).

Acil durum evresinde kullanılacak barınak için kriterler aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır (Sey vd., 1987);

- Afetten sonra, barınaklar kısa süre içinde kurulabilmelidir. (maksimum 1 gün içinde).
- Barınağın dış kabuğu ya da örtüsü zararlı dış etkilerden korunmayı sağlayabilmelidir.
- Barınaklar birden çok afet için kullanılabilmelidir.
- Tümüyle bitmiş olarak getirilmesi gerekmektedir.
- Hafif ve kolay taşınabilmesi gerekir.
- Kurulum işleri basit ve hızlı olmalıdır.

Geçici barınak tasarım ve üretiminde yukarıda belirtilen kriterlerin asgari olarak sağlanması gerekmektedir. Böylece bölgede mühendis ya da uzman gerekmeden barınaklar kurulabilmektedir. Barınak yerel bölgeler için değil, küresel açıdan değişik arazi ve mevsim

şartlarına uygun nitelikte olmalıdır. Geçici barınaklar; sağlam, dayanıklı, güvenli vb. olmalıdır (Altınkaynak, 2016).

Acil durum barınakları doğal afetin yaşandığı bölgeye iki şekilde ulaşabilir. Birincisi; yardım kuruluşlarınca kullanılan ve bölgeye ulaştırılan barınaklar, ikincisi ise özel şirketler ve mimarlar tarafından tasarlanan acil durum barınaklarıdır. İki durumda da acil durum barınağı gereklilikleri değişmemektedir. İster bir yardım kuruluşu tarafından bölgeye ulaştırılsın, ister bireysel olarak depolanan barınaklar olsun ikisinde de barınağın depolanırken az yer kaplaması, kolay kurulabilir olması, hafif ama dayanıklı olması önemlidir. Bu gereksinimlerinden yola çıkılarak bir acil durum barınağı tasarlanmıştır. Tasarım aşamasında kapandığında mümkün olan en az yüzey alanına sahip olması için armadillonun hareket kabiliyetinden esinlenilmiştir.

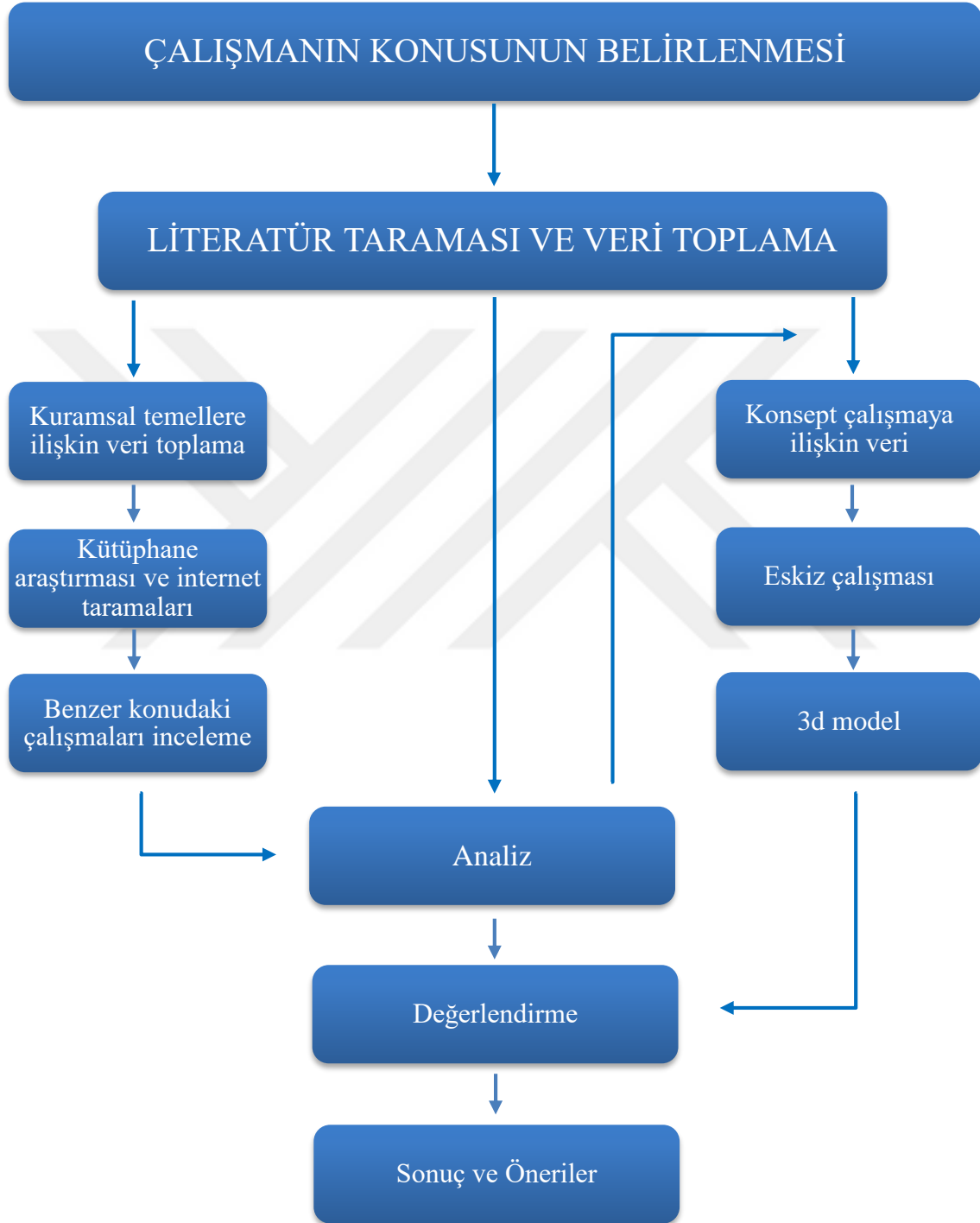
### **3.2. Yöntem**

Biyomimikri geçmişten günümüze çok geniş bir araştırma alanına sahiptir. Doğada mekan tasarımlarına ilham olabilecek yüzlerce canlı, sistem vardır. Doğadan esinlenen mekansal tasarımlarda analoginin kullanılması dolayısıyla biyomimikrinin anlatıldığı tez çalışmasında öncelikle mekan, mekansal tasarım, analogi ve biyomimikri ile ilgili geniş bir literatür taraması yapılmıştır. Konuyla ilgili önceden yazılmış olan tez çalışmaları incelenmiş, internet ve kütüphane kaynakları araştırılmıştır. Temel kavramların açıklanmasından sonra biyomimikrinin önemi ve hedefine değinilmiştir. Doğadan esinlenen tasarım ilkeleri, doğadan esinlenme biçimlerinin ortaya konulmasıyla biyomimikri destekli tasarım ölçütleri ve adım adım doğadan esinlenen tasarım aşamaları aktarılmıştır. Doğadan esinlenen mekansal tasarımlarda analogik yaklaşımlara örnekler verilmiştir.

Detaylı literatür taraması ve incelenen örnek tasarımlardan sonra, içeriğin ve amacın daha iyi anlaşılabilmesi için konsept bir tasarım çalışması yapılmıştır. Materyal olarak belirlenen armadillo ve acil durum barınağı hakkında literatür taraması yapılmıştır. Tasarım kriterleri belirlendikten sonra armadillodan esinlenerek modüler bir acil durum barınağı tasarlanmıştır. Öncelikle armadillonun kabuk yapısından yola çıkılarak acil durum barınağı için eskiz çalışmaları yapılmıştır. Nihai tasarıma karar verildikten sonra 3D modellemesi Sketchup programında yapılmış, Keyshot programında render alınmıştır. Renderlar üzerindeki düzeltmeler Photoshop programında yapılmıştır.



Araştırmada ortaya konulan yönteme ve tez çalışmasının genel akışına ilişkin oluşturulan yöntem şeması Şekil 3.3' te verilmiştir.



Şekil 3.3. Tez alışması yöntem şeması

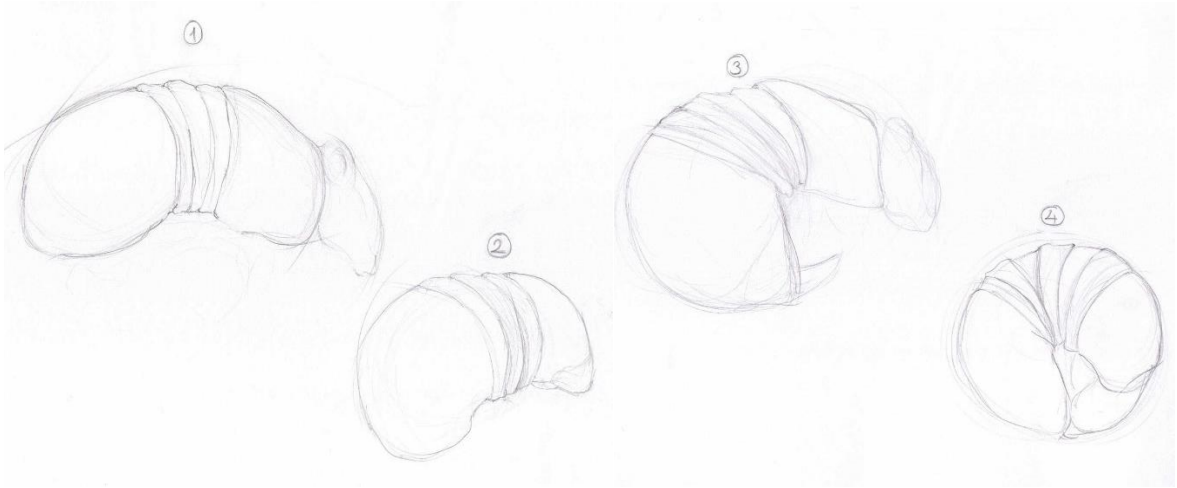
## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Yapılan araştırmalar doğrultusunda bir acil durum barınağı tasarım çalışması yapılmıştır. Doğadan esinlenen tasarım ölçütleri ile ortaya konacak mekan konsept olarak tasarlanmıştır. Tasarlanan acil durum barınağı modülerdir. İstenilen bölgeye taşınmaya ve o bölgede kullanılmaya elverişlidir. Acil durum barınağı tasarımda doğadan esinlenen tasarım ilkelerinden yola çıkılarak, biyomimetik karakter kazandırılması hedeflenmiştir.

Tasarlanan acil durum barınakları deprem, yangın vb. doğal afetlerden sonra, herhangi bir yardım kuruluşu tarafından gerekli görüldüğünde dağıtılabileceği gibi bireysel olarak tasarlanan acil durum barınakları da kullanıcılar tarafından kullanılabilir.

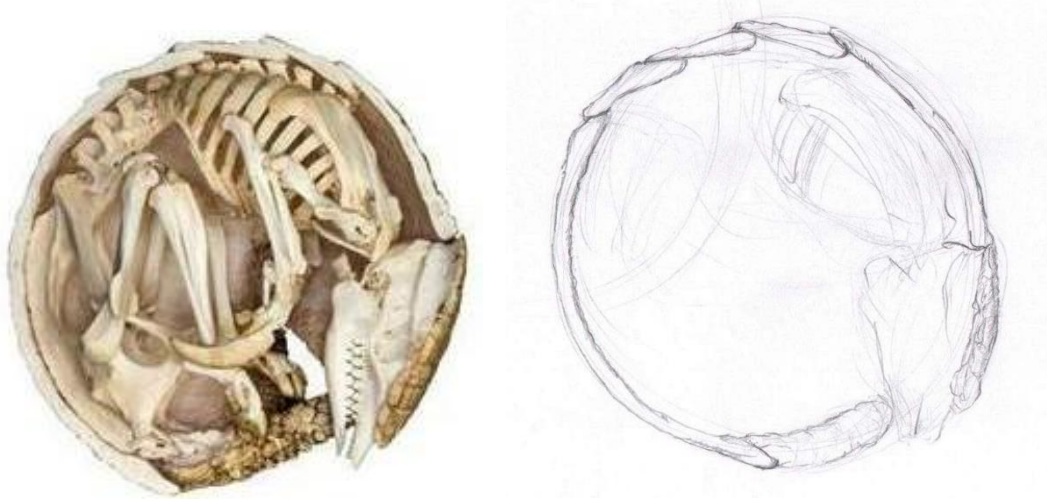
### 4.1. Konsept Tasarımın Geliştirilmesi

3.1.2 bölümünde anlatılan acil durum barınağı kriterlerinden yola çıkılarak; hafif, dayanıklı, uzun ömürlü, pratik, kolay taşınan, kolay depolanan, az yer kaplayan bir acil durum barınağı tasarlanmıştır. Biyolojiden esinlenen tasarım yaklaşımıyla bu gereksinimlerden yola çıkılarak doğada çözüm olabilecek canlılar araştırılmıştır. Armadillonun dikkat çeken savunma mekanizması, kendini dış etkilerden koruması ve bunu sağlayan kabuk yapısı tasarlanan acil durum barınağı için ilham kaynağı olmuştur. Tasarım aşamasında armadillonun hareket kabiliyetinden ve dış kabuğundan esinlenilmiştir (Şekil 4.1).



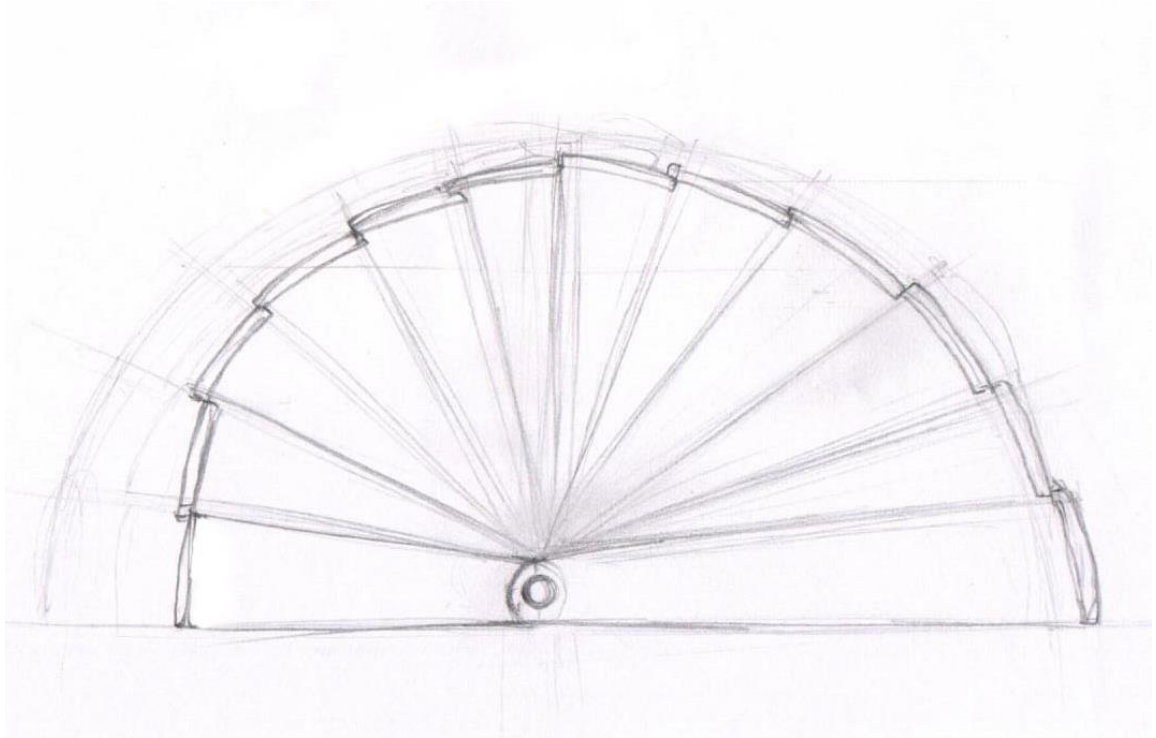
Şekil 4.1. Armadillonun yuvarlanarak kapanma aşamaları

Armadillonun kesitine bakıldığında yuvarlanarak kapanmasını sağlayan esnek dış kabuğunun baş kısmından itibaren birbiri üzerine geçen bölümlerden oluştuğu görülmektedir (Şekil 4.2).



**Şekil 4.2.** Armadillo Kesit – Eskiz

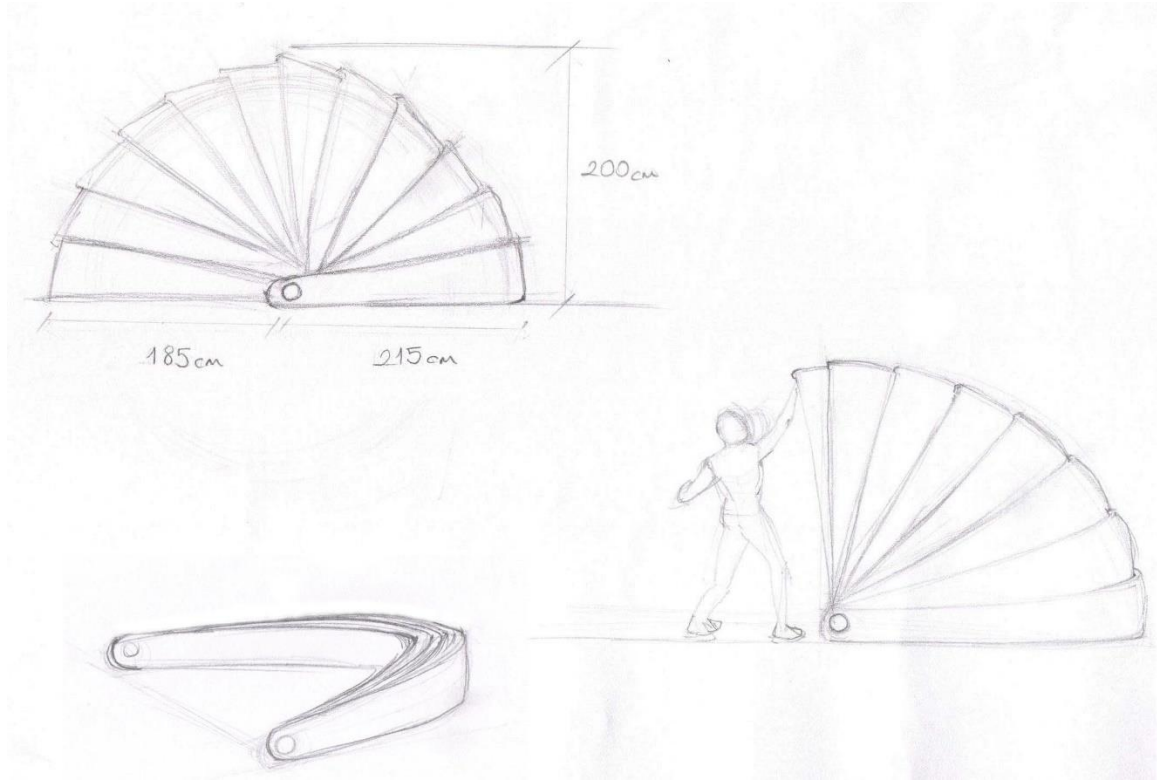
Armadillonun birbiri üzerine geçen kabuk yapısı acil durum barınağı tasarımında düz bir zemin üzerinde kurulabilecek şekilde taklit edilmiştir (Şekil 4.3).



**Şekil 4.3.** Acil durum barınağı kesiti

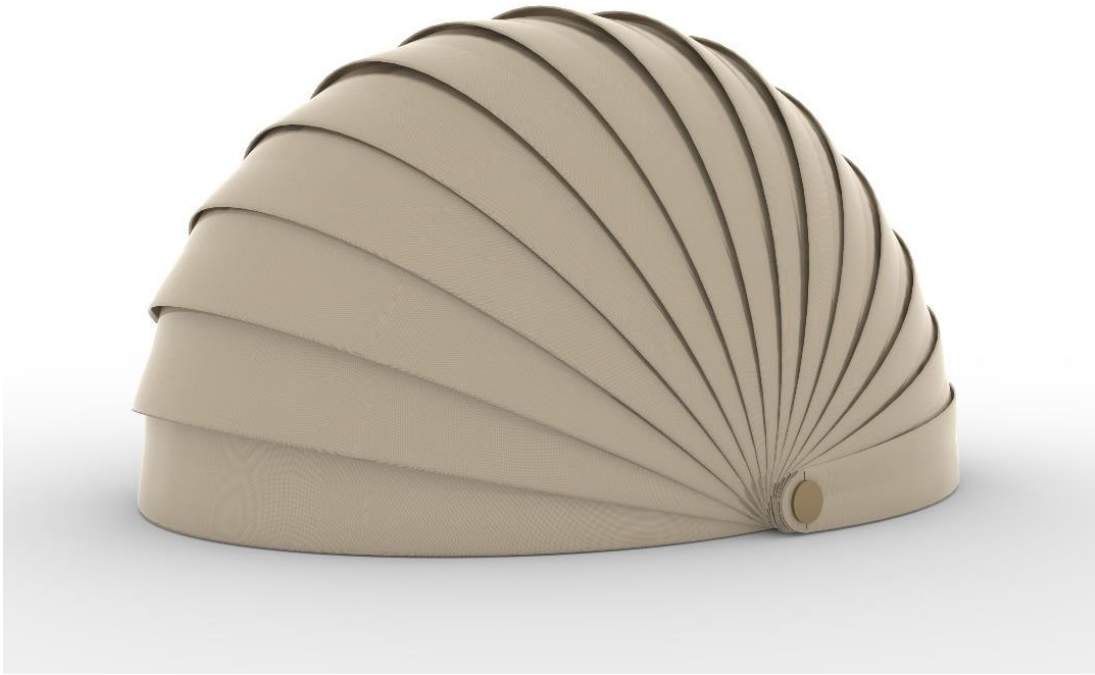
## 4.2. Fiziksel Veriler

Acil durum barınağı 4-5 kişinin barınabileceği, bir kişinin tek başına rahatça kurabileceği ölçülerde tasarlanmıştır (Şekil 4.4).

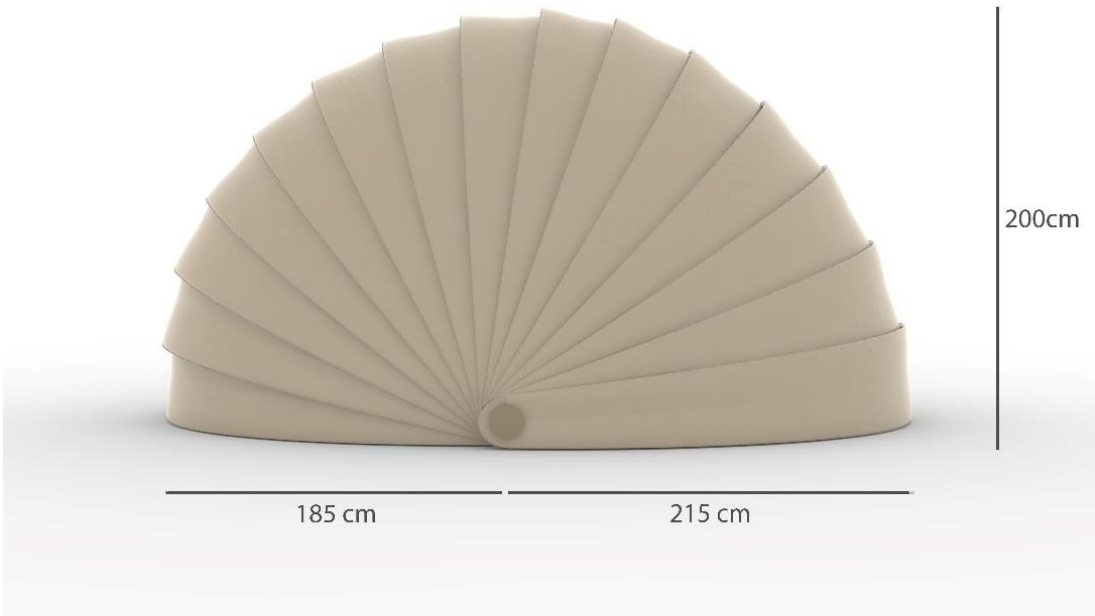


**Şekil 4.4.** Acil durum barınağı açılıp kapanması

Yapılan araştırmalar ve eskiz çalışmaları sonrasında acil durum barınağının 3 boyutlu modellenmesi yapılmıştır (Şekil 4.5). Tasarım aşamasında Sketchup ve Keyshot programları kullanılmıştır. Modelde modüller iç içe geçebilmesi için tek tek ebatlandırılmıştır. İlk modül uzunluğu 215 cm olarak belirlenmiş, bu ölçü son modüle doğru giderek azalmıştır. Barınak açıldığında orta kısımda olan modül bir insanın rahatça ayakta durabileceği ölçüde 200 cm ve son modül 185 cm'dir (Şekil 4.6).



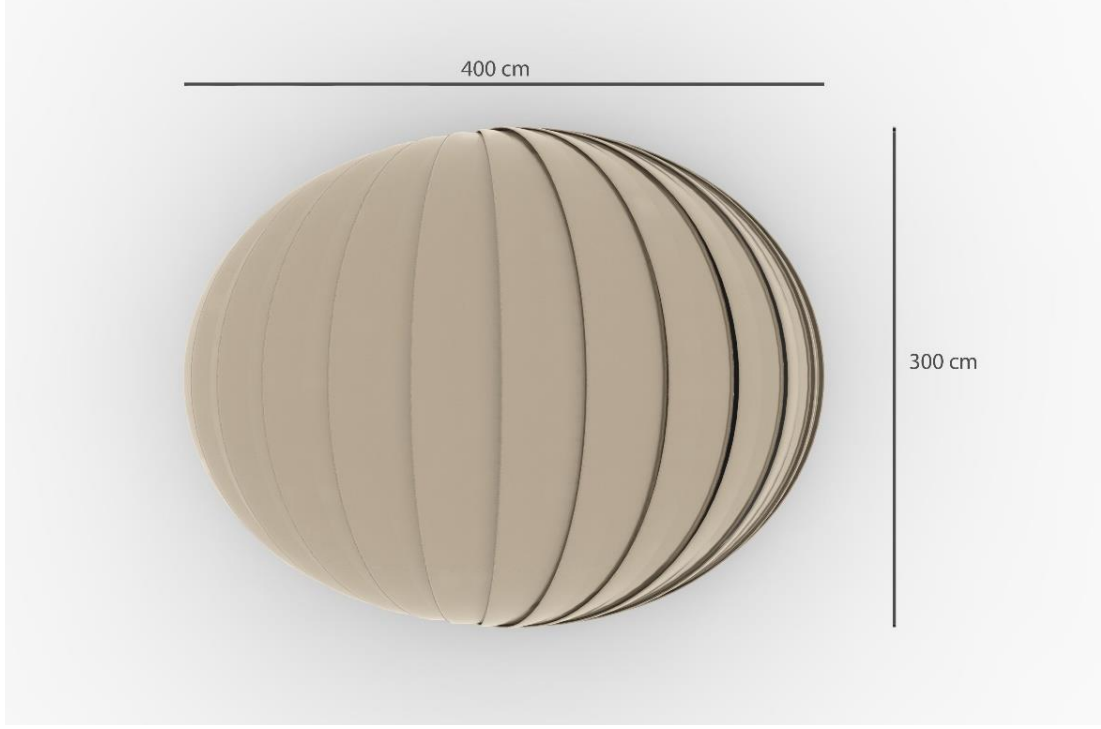
**Şekil 4.5.** Acil durum barınağı 3 boyutlu modeli



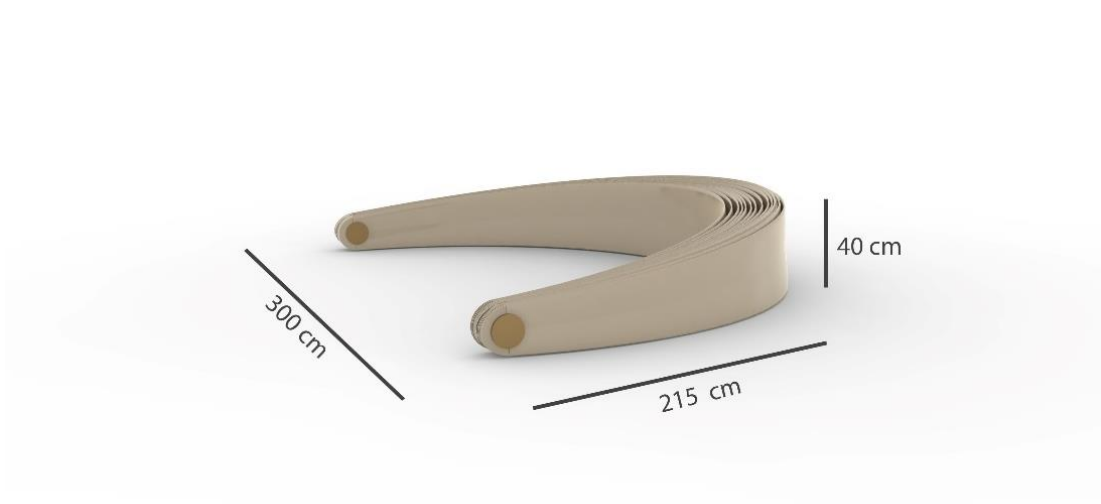
**Şekil 4.6.** Acil durum barınağı 3 boyutlu modeli ön görünüş

Barınak zeminde kullanıma hazır durumdayken 400x300cm yer kaplamaktadır (Şekil 4.7). Yüksekliği 200 cm'dir (Şekil 4.6). Bu da yaklaşık 4-5 kişinin barınabileceği

ebatlardadır. Armadillonun dış kabuğundan esinlenerek tasarlanan barınak kapanma özelliği sayesinde kapandığında 300x215x40cm yer kaplamaktadır (Şekil 4.8). Kapandığında yüzey alanının olabildiğinde küçülmesi afet sonrasında pratiklik açısından çok önemlidir.



**Şekil 4.7.** Acil durum barınağı üst görünüşü



**Şekil 4.8.** Acil durum barınağı kapanmış hali

### 4.3. Tasarım Avantajları

Acil durum barınağının armadillonun kabuk yapısından esinlenilerek tasarlanması ve kapanıp açılabilme özelliği birçok avantaj sağlamaktadır (Şekil 4.9). Acil durum barınağı asgari tasarım kriterleri arasında da olan bu avantajlardan bazıları; pratik olması (bir kişi tarafından tek başına kurulabilmesi), kolay depolanabilmesi, kolay taşınabilmesidir. Barınağın tasarımında dayanıklı ama hafif olması için çelikten 5 kat hafif 10 kat güçlü olan karbon fiber malzemesi kullanılmıştır. Modüllerin hareket etmesini sağlayan ve bir arada tutan 2 adet bağlantı elemanı kullanılmıştır (Şekil 4.10).



Şekil 4.9. Acil durum barınağının açılıp kapanması



Şekil 4.10. Acil durum barınağı yarı açık pozisyonu



#### 4.4. Tasarlanan Konsept Mekanın Kullanım Alanları

Tasarlanan bu konsept mekan herhangi bir doğal afet sonrasında (deprem, yangın vb.) gerekli görüldüğünde halk tarafından kullanılabilceği gibi silahlı kuvvetler tarafından soğuk ve zorlu hava koşullarına karşı barınmak için de kullanılabilir. Özellikle kış aylarında zorlayıcı hava koşullarında gece konaklamaları için açılıp kapanabilen, bu özelliği sayesinde az yer kaplayan, mukavemeti yüksek barınaklar askeriye için oldukça kullanışlı olacaktır. Kamufle olmak içinde kamuflaj desenli karbon fiberden yapılmış bir barınak üretilebilir (Şekil 4.11).



**Şekil 4.11.** Silahlı kuvvetlerin kullanımı için tasarlanan kamuflaj desenli barınak

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada Armodillo'dan esinlenilerek bir acil durum barınağı tasarlanmıştır. Konuyla ilgili literatür taraması yapılmış ve konsept bir proje tasarım çalışması hazırlanmıştır. Konsept bir çalışmanın tasarlanması ilkelerin daha iyi anlaşılmasını ve tasarım sürecinin bir örnek üzerinden anlatılmasını sağlamıştır. Acil durum barınağı örneğinde olduğu gibi doğadan esinlenmek üzere başlanılan bir tasarım armadillo gibi doğadan bir örneğin bulunması ve incelenmesiyle süreci hızlandıracaktır. Doğadan esinlenen mekan tasarımlarında mekanın ölçeğine bağlı olarak sadece bir canlıdan esinlenmek tamamıyla biyomimik bir tasarım için yeterli olmayacaktır. Doğanın farklı stratejileri aynı mekan tasarımında taklit edilebilir. Bunun devamında sürdürülebilir bir tasarım için uygun malzeme seçimi vb. biyomimik tasarımı destekleyecektir.

Biyolojik sistemlerin kıt kaynaklara ve zorlayıcı koşullara nasıl etkin bir şekilde adapte olduğunu gözlemleyebilmek biyomimikri için önemlidir. Gerçek sistemlerde kaynak ve süreç yönetimini doğadan ilham alarak organize edebilmek zengin bir alandır. İnsanoğlu bazen bilinçli bazen de içgüdüsel olarak doğaya yönelmiştir. Tasarımcıların karşılaştığı birçok sorunun çözümü doğada mevcuttur. İnsanoğlu doğadan esinlenmeden de problemlerine çözüm bulabilmektedir. Ancak biyomimikri ilkeleri ile tasarıma başlanacak olması yol gösterici olması anlamında önemlidir. Tasarımcının aradığı yolu bulmasını kolaylaştırır.

Tasarım eğitimi sırasında doğadan esinlenme ve biyomimikri öğretilirse, bu konuda daha bilinçli tasarımcılar yetiştirilebilir. Biyomimikri destekli tasarıma yönelen tasarımcı etrafına farklı bir gözle bakmaya, canlıların hayatlarındaki incelikleri ve çözümleri fark etmeye başlayacaktır. Doğaya doğadan esinlenme için farklı bir gözle bakan tasarımcı aslında tasarımda karşılaşılan her problemin çözümünün doğada var olduğunu görebilecektir.

Artık sadece sürdürülebilir değil, aynı zamanda Dünya'daki yaşamın dokusunu destekleyen yenilenebilir ve onarıcı tasarımlar, malzemeler ve teknolojiler tasarlamak gerekmektedir. Bunun içinde biyomimikri hem form hem de fonksiyonel fikirler için tasarımlara dahil edilmelidir.

Doğadan esinlenen mekansal tasarımların yapılması tasarım aşamasında bir çok sorunun kolayca çözülebilmesi için çok önemlidir. Çünkü doğada var olan her canlının barınma ihtiyacı vardır ve farklı ölçeklerde farklı şekillerde yüzlerce mekan örneği oluşturmaktadır. Farklı iklimlerde farklı zorluklara adapte olarak geliştirilmiş örnekler,

tasarımcıların mekan tasarımlarına sayısız çözüm ve ilham kaynağı sunmaktadır. Ayrıca insanların doğayla ilgili farkındalıklarını mekanlarla arttırmak mümkündür.

Mekanın bazı kısımlarında tasarım problemlerinin bazıları için doğadan esinlenilmiş örnekler de mevcuttur. Doğadan esinlenme ile mekan tasarımında kısmi olarak problem çözülmüş olabilir. Fakat bir biyomimetik tasarım Votu Hotel örneğinde olduğu gibi başından sonuna kadar bütün tasarım problemlerinin doğadan esinlenme ile çözülmesi ile başarılı olacaktır. Doğadan esinlenen mekansal tasarımlarda tek bir canlıdan esinlenmenin mümkün olduğu gibi birden fazla organizma özelliğinin kombinasyonu ile tasarım yapılabilir. Bu sayede yenilikçi tasarımlar ortaya çıkacak ve biyomimikrinin hedefleri de sağlanmış olacaktır.



## KAYNAKLAR

- Akgöze, F., 2015. Biyomimikri: Doğanın Tasarımı. <https://medium.com/sherpa-blog-bulten/biyomimikri-do%C4%9Fan%C4%B1n-tasar%C4%B1m%C4%B1-18e89673b445> (Erişim Tarihi: 28.08. 2015)
- Akgün, B., 2012. İş Dünyası Gelecek Stratejilerine Biyomimikri ile Yön Veriyor. <http://www.trenddesk.com/wp-content/uploads/2013/07/Biomimicry-Shapes-Business-Strategies-Platin-Mar-2012.pdf> (Erişim Tarihi: 05.03.2018)
- Aldersey-Williams, H., 2003. *Zoomorphic - New Animal Architecture*, Laurence King Publishing, London.
- Ali El-Zeiny, R.M., 2012. Biomimicry as a Problem Solving Methodology in Interior Architecture. ASEAN Conference on Environment-Behavior Studies. *Procedia Social and Behavioral Science* 50, Bangkok, Tayland.
- Allen, J., 2005. *Global Winner*, Biolytix is Taking on Effluent Society, *ECOS*, 5, 127.
- Altan, İ., 1992. Mimarlıkta Mekan Kavramı, Yıldız Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Altınkaynak, Ç., 2016. Acil Durum Barınak Tasarımı, Gereklilikleri Ve Bu Alanda Origaminin Yeri, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Altun, Ş., 2011. *Doğanın İnovasyonu-İnovasyon İçin Doğadan İlham Al*. Elma Yayınevi, Ankara.
- Anonim, 1993. Büyük Larousse Ansiklopedisi, Cilt.18, Librairie Larousse, Interpress Yayıncılık, İstanbul.
- Anonim, 2009. Biomimicry Strategies For Nysesda, *Workshop Report and Proposed Strategic Road Map*, 30 January 2009, New York.
- Anonim, 2011. Doğadaki En Başarılı Tasarımcılar: Örümcekler. <http://evrimteorisi-info-gercekler.blogspot.com/2011/12/dogadaki-en-basarli-tasarmclar.html> (Erişim Tarihi: 23.07.2018)
- Anonim, 2018. Analoji. <https://www.turkcebilgi.com/analoji>, (Erişim Tarihi:11.12.2018)
- Arslan-Selçuk, S., Gönenç-Sorguç, A., 2004. Similarities in Structures in Nature and ManMade Structures : Biomimesis in Architecture, *2nd International Design and Nature Conference Comparing Design in Nature with Science and Engineering*, s. 45-55, Haziran 2004, Rodos, Yunanistan.
- Aydın, S., 2017. İletişim Yaklaşımıyla Sürdürülebilirlik Kavramı, Yeşil Kavramı ve Yerel Küresel Yansımaları ile ilgili bir İnceleme Örneği, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Aziz, M. S., El Sherif, A. Y., 2015. Biomimicry as an approach for bio-inspired structure with the aid of computation, *Alexandria Engineering Journal*, 55(1), 707-714.

- Baumeister, D., 2007. Biomimicry Presentation at the University of Washington College of Architecture, Seattle, USA.
- Baumeister, D., 2013. *Biomimicry Resource Handbook*. A Seed Bank of Best Practices. Missoula, Montana. ABD.
- Banger, G., 2016. Biyomimikri ya da Biyomimetik, *Biyoteknoloji Yaşam Bilimleri Gazetesi*, 12. [https://www.biomedya.com/show\\_file.php?attachid=28](https://www.biomedya.com/show_file.php?attachid=28) (Erişim Tarihi: 20.11.2018)
- Benyus, J. M., 1997. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, Harper Collins, New York.
- Benyus, J. M., 1998. *Biomimicry, Innovation Inspired By Nature*, William Morrow and Company Inc. , New York.
- Benyus, J. M., 2002. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, Perennial, New York.
- Boğa, M., 2013. Tasarımda Doğal Analoji: Endüstri Ürünleri Tasarımı Öğrencilerinin Yaklaşımı Üzerine Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- De Groot, R., Wilson, M. A., Boumans, R. M. J., 2002. A Typology for the Classification, Description and Valuation of Ecosystem Function, Goods and Services, *Ecological Economics*, 41(3), 393-408.
- Divarçı, B., 2016. Endüstriyel Tasarımda Biyonik Dokunuş, <http://knowgeee.blogspot.com.tr/2016/07/endustriyel-tasarmda-biyonik-dokunus.html> (Erişim Tarihi: 17 Nisan 2018)
- Erden, Z. D., 2011. Evrimi Destekleyen/Kullanan Bilimler - 9: Mühendislik, Biyomühendislik, Biyomimikri, <https://epsilon.evrimagaci.org/article/tr/evrimi-destekleyen-kullanan-bilimler-9-muhendislik-biyomuhendislik-biyomimikri> (Erişim Tarihi: 17.11.2018)
- Eryılmaz, H., 2015. Biyomimikri ve Ergonomi:Tasarımda Doğadan Yenilikçi İlham, *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 469-474.
- Graham, P., 2003. *Building Ecology - First Principles for a Sustainable Built Environment*, Oxford, Blackwell Publishing.
- Gürsel, B., 2009. Hayvan ve Mimarlık, [http://www.mimarizm.com/haberler/gorus/hayvan-ve-mimarlik\\_114205?PageNo=2](http://www.mimarizm.com/haberler/gorus/hayvan-ve-mimarlik_114205?PageNo=2) (Erişim Tarihi: 11.01.2019)
- Hansell, M., 2005. *Animal Architecture*, Oxford University Press, New York.
- Hawken, P., 2007. *Blessed Unrest*, Viking Press, New York.
- Helms, M., Swaroop,S. V., Goel, A. K., 2009. Biologically inspired design: Process and product, *Elsevier*, 30(5), 606-622.

- Karabetça, A. R., 2016. Biyomimikri Destekli Tasarım Ölçütleri ile Yenilikçi Mekanlar Yaratılması, Doktora Tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Karabetça, A. R., 2015. Doğadan Esinlenmiş Tasarımlar: Tasarım Stratejisi Olarak Biyomimikri. *MSGSU 4. Ulusal İç Mimarlık Sempozyumu*, Mekan Tasarımında Disiplinlerarası Yaklaşımlar, Ocak 2018, İstanbul, Türkiye.
- Kaya, L. G., Smardon, R., 2001. Sustainable Tourism Development: the Case Study of Antalya, Turkey, *Proceedings of the 2000 Northeastern Recreation Research Symposium*, Bolton Landing, 222–227, New York.
- Kaya, L. G., Yücedağ, C., Çokyiğit, H., 2017. Design of Separator Element Inspired by Peacock Feather for a Proposed Café-Bar, *WMCAUS 2017, World Multidisciplinary Civil Engineering, Architecture - Urban Planning Symposium*, 12-16 June 2017, 737, Prague.
- Kaya, L. G., Yücedağ, C., Aşıkkutlu, H. S., 2018. Reflections of Biomimicry to Spatial Design, *ECSAC 2018, European Conference on Science, Art and Culture*, 19-22 April 2018, 23-33, Antalya, Türkiye.
- Kaya, U., 2015. Biyomimikri: Doğadan İlham Al, <http://usamekaya.com.tr/biyomimikri-dogadan-ilham-al/> (Erişim Tarihi: 29.08.2018)
- Kennedy, S., 2004. Biomimicry/biomimetics: General Principles and Practical Examples. *The Science Creative Quarterly*. <http://www.scq.ubc.ca/biomimicrybimimeticsgeneral-principles-and-practical-examples/> (Erişim Tarihi: 17 Nisan 2018)
- Kımilli, Z.M., 2006. Depreme Duyarlı Bölgelerde Sürdürülebilir Mimari Tasarım; Isparta/Mavikent Örneği, Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
- Kibert, C. J., Sendzimir, J., Guy, G. B., 2002. *Construction Ecology*, Spon Press, New York
- Kibert, C. J., 2006. Revisiting and Reorienting Ecological Design, *Construction Ecology Symposium*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- Knight, W., 2001. Beetle fog-catcher inspires engineers, *New Scientist*, 13, 38.
- Korhonen, J., 2001. Four Ecosystem Principles for an Industrial Ecosystem, *Journal of Cleaner Production*, 98, 253-259.
- Kuday, I., 2009. Tasarım Sürecinin Destekleyici Faktör Olarak Biyomimikri Kavramının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Lodato, F., 2005. The Nature of Design, *Design Management Review*, 16(1), 56-61.

- Lourenci, A., Zuffo, J. A., Gualberto, L., 2004. Incipient Emergy Expresses the Self-Organisation Generative Activity of Man-Made Ecomimetic Systems. In Ortega, E. & Ulgiati, S. (Eds.) *IV Biennial International Workshop, Advances in Energy Studies*, Campinas, Brazil
- Marshall, A., 2007. The Ecomimicry Project, <http://www.geocities.com/ecomimicryproject/> (Erişim Tarihi: 15.04.2018)
- McDonough, W., Braungart, M., 2002. *Cradle to Cradle - Remaking the Way We Make Things*, North Point Press, New York
- Öztoprak, Z., 2018. A biomimetic perspective on (retro) fitting of building envelopes, PhD. Thesis. Middle East Technical University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara, Türkiye.
- Parker, A. R., Lawrence, C. R., 2001. Water capture by a desert beetle, *Nature*, 414, 33-34.
- Primlani, R.V., 2013. Biomimicry: On the Frontiers of Design. *XIMB Journal*, 10(2), 139-148.
- Rao, R., 2014. Biomimicry In Architecture, School of Architecture, M.S. Ramaiah Institute of Technology, Bangalore, India.
- Ravilious, K., 2007. Borrowing from Nature's Best Ideas, *The Guardian*, July 31.
- Reap, J., Baumeister, D., Bras, B., 2005. Holism, Biomimicry and Sustainable Engineering. *ASME International Mechanical Engineering Conference and Exposition*, Orlando, FL, USA.
- Reed, B., 2006. Shifting our Mental Model - "Sustainability" to Regeneration. Rethinking Sustainable Construction 2006: Next Generation Green Buildings. Sarasota, Florida
- Rosemond, A. D., Anderson, C. B., 2003. Engineering Role Models: Do Non-Human Species have the Answers?, *Ecological Engineering*, 20(5), 379-387.
- Russell, J. A., 2004. Evaluating the Sustainability of an Ecomimetic Energy System: An Energy Flow Assessment of South Carolina, Department of Mechanical Engineering, University of South Carolina.
- Sey, Y., Tapan, M., Kanoğlu, A., 1987, Afet Sonrası Barınma ve Geçici Konut Tipi Araştırması, Akademik Çalışma. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- Tavşan, C., Tavşan F., Sönmez, E., 2014. Biomimicry in Architectural Design Education. 4th World Conference on Educational Technology Researches. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 182, Kasım 2014, Trabzon, Türkiye.
- Todd, N. J., Todd, J., 1993. *From Ecocities To Living Machines: Principles of Ecological Design*, North Atlantic Books, Berkeley, California.



- Todd, J., Josephson, B., 1996. The Design of Living Technologies for Waste Treatment. *Ecological Engineering*, 6(1-3), 109 – 136.
- Todd, J., 2000. Ecological Design in the 21st Century. *Annual Schumacher Lecture*, Schumacher Society, Bristol, www.oceanarks.org, pp. 1-3.
- Todd, J., 2004. Restorer Eco-Machines for the Culture of Aquatic Animals and the Restoration of Polluted Aquatic Environments, *BioInspire* 19.
- Tokman, L., 2012. *Mimarlık Üzerine Bir Bilimsel Araştırma: Tasarım, Yöntem, Uygulama*, Elif Yayınevi Yayınları, Ankara, Türkiye.
- Uç-Zeytin, B., 2014. Mimari Tasarımda Biyomorfik Yaklaşımlar, Yüksek Lisans Tezi. Yakınoğu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Lefkoşa, KKTC.
- URL-1, 2016. Mimarlıkta Benzetme Yaklaşımı. <https://slideplayer.biz.tr/slide/3307979/> (Erişim Tarihi: 17.11.2018)
- URL-2, 2016. Mimari Tasarımda Analoji Yöntemi. <https://slideplayer.biz.tr/slide/3307927/> (Erişim Tarihi: 18.11.2018)
- URL-3, 2018. Biyomimikri nedir? <https://toolbox.biomimicry.org/introduction/>, (Erişim Tarihi: 25.09.2018)
- URL-4, 2016. Biowave. <https://asknature.org/idea/biowave/>, (Erişim Tarihi: 19.04.2018)
- URL-5, 2017. Morphotex structural colored fibers. <https://asknature.org/idea/morphotex-structural-colored-fibers/#.XIJq0CgzZPY>, (Erişim Tarihi: 10.12.2017)
- URL-6, 2008. Waterloo Uluslararası Terminali. <http://v3.arkitera.com/spotlight.php?action=displaySpotlight&ID=146&year=&aID=2660&o=2653>, (Erişim Tarihi: 18.01.2019)
- URL-7, 2015. Kunduz. <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/beaver>, (Erişim Tarihi: 21.02.2019)
- URL-8, 2019. CH2: Avustralya'nın En Çevreci ve Doğa Dostu Binası. <https://www.enteresan.com/ch2-avustralyanin-en-cevreci-ve-doga-dostu-binasi>, (Erişim Tarihi: 21.02.2019)
- URL-9, 2019. Lloyd Crossing Sürdürülebilir Tasarım Planı. <http://www.aiatopen.org/node/159>, (Erişim Tarihi: 03.01.2019)
- URL-10, 2012. Armadillo. <http://biomimicrykth.blogspot.com/2012/02/armadillo.html>, (Erişim Tarihi: 10.02.2019)
- URL-11, 2019. Three-banded armadillo. <https://kids.sandiegozoo.org/animals/three-banded-armadillo>, (Erişim Tarihi: 10.02.2019)
- URL-12, 2016. Armadillo- Tatu Hayvanı. <http://sancak0660ts.blogspot.com/2016/06/armadillo-tatu-hayvan.html>, (Erişim Tarihi: 15.02.2019)

- URL-13, 2016. Long-nosed Armadillos, Rolling into a ball for protection, <https://asknature.org/strategy/rolling-into-a-ball-for-protection-2/#.XD-bgzAzbiU>, (Erişim Tarihi: 23.02.2019)
- Vierra, S., 2016. Biomimicry: Designing To Model Nature. Vierra Design & Education Services. <https://www.wbdg.org/resources/biomimicry-designing-model-nature> (Erişim Tarihi: 17.11.2018)
- Vincent, J. F. V., Bogatyrev, O., Pahl, A.-K., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A.. 2005. Putting Biology into TRIZ: A Database of Biological Effects. *Creativity and Innovation Management*, 14(1), 66-72.
- Vincent, J. F. V., Bogatyrev, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A. & Pahl, A.-K., 2006. Biomimetics - its practice and theory, *Journal of the Royal Society Interface*, April 2006.
- Vincent, J., 2007. Re: Designing around existing patents through TRIZ, personal email communication, 5 May.
- von Frisch, K., von Frisch, O., 1974. *Animal Architecture*, New York, Helen and Kurt Wolff Books.
- Volstad, N.L., Boks, C., 2012. On the Use of Biomimicry as a Useful Tool for the Industrial Designer. *Sustainable Development*, 20(3), 189-199.
- Wahl, D. C., 2006. *Bionics vs. biomimicry: from control of nature to sustainable participation in nature*. Centre for the Study of Natural Design, University of Dundee, UK.
- Woolley-Barker, T., 2017. Biomimicry helps nature-lovers and fragile wildlife co-exist at the Votu Hotel in Brazil, <https://inhabitat.com/biomimicry-helps-nature-lovers-and-fragile-wildlife-co-exist-at-the-votu-hotel-in-brazil/> (Erişim Tarihi:15.04.2018)
- Yahya, H., 2002. Biyomimetik Teknoloji Doğayı Taklit Ediyor. <https://m.harun-yahya.net/tr/books/570/Biyomimetik-Teknoloji-Dogayi-Taklit-Ediyor/chapter/6229/Bolum-6-Hayvanlardan-Ogrendiklerimiz> (Erişim Tarihi: 17.04.2018)
- Zari, M.P., 2007. Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability. School of Architecture, University of Victoria. SB07 Bildiri Numarası: 033. Yeni Zelanda.
- Zari, M.P., Storey, J., 2007. An ecosystem based biomimetic theory for a regenerative built environment. *Lisbon Sustainable Building Conference*, Bildiri Numarası: SB07, 12-13-14 September 2007, Lisbon, Portugal.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Rumeysa Keskin

Doğum Yeri ve Yılı : Denizli/1991



<u>Eğitim Durumu</u>		<u>Yıl</u>
Lise	: Hasan Tekin Ada Lisesi	2011
Lisans	: Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi İç Mimarlık Bölümü	2014
Yüksek Lisans	: Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Mekansal Planlama ve Tasarım Anabilim Dalı	2019
<u>Çalıştığı Kurum / Kurumlar</u>		<u>Yıl</u>
1-	Go Mimarlık İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş.	2014-2018
2-	Demirten Mimarlık İnşaat Sanayi ve Ticaret LTD.ŞTİ	2019

### Yayımları (Makaleler)

- 1- Kaya, L.G., C. Yücedağ, H.S. Aşıkutlu, **R. Keskin**, “Üniversite Fitness Merkezlerinde Kullanıcı Memnuniyetinin İncelenmesi: MAKÜ ve PAÜ Örneği,” *International Journal of Engineering, Design and Technology*, 1(1): 1-9, 2019.

### Yayımları (Uluslararası Tam Metin Bildiriler)

- 2- Kaya, L.G., C. Yücedağ, H.S. Aşıkutlu, **R. Keskin**, “Evaluation of Denizli-Babadağlı Bazaar as a City Image,” *Proceedings of European Conference on Science, Art & Culture*, April 19-22 2018, 437-441, Antalya, 2018.