

**T.C.
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TASARIM SÜRECİNİ DESTEKLEYİCİ FAKTÖR OLARAK
BİYOMİMİKRI KAVRAMININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Ürünleri Tasarımcısı Irmak KUDAY

Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalı

Endüstri Ürünleri Tasarımı Lisansüstü Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cemil TOKA

MAYIS 2009

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	iii
ÖZET	v
SUMMARY	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2. BİYOMİMİKRI KAVRAMI	3
2.1. Biyomimikri Kavramının Tanımı ve Etimolojisi	3
2.1.1. Biyomimikri Kavramının Prensipleri	3
2.2. Biyomimikri Kavramının Oluşum Süreci	4
2.2.1. Biyomimikri Kavramının Ortaya Çıkışı	4
2.2.2. Geçmişte ve Günümüzde Biyomimikri Kavramına Bakış	5
2.3. Kavram Öncesinde Biyomimikri Uygulamaları	9
2.4. Biyomimikriyi Etkileyen Bilimler ve Tasarım Yaklaşımları	15
2.4.1. Biyomimikriyi Etkileyen Bazı Bilim Dalları	15
2.4.1.1. Biyomekanik	16
2.4.1.2. Biyomimetik	19
2.4.1.3. Biyonik	21
2.4.2. Biyomimikri ile İlişkili Bazı Tasarım Yaklaşımları	23
2.4.2.1. Biyolojik Esinli Tasarım (Bio-Inspired Design)	24
2.4.2.2. Organik Tasarım	26
2.4.2.3. Biyomorfizm	27
2.4.2.4. Zoomorfizm	28
2.4.2.5. Antropomorfizm	31
2.4.2.6. Streamline	34
2.4.2.7. Art Nouveau	35
2.4.3. Biyomimikri ve İlişkili Kavramlar Arasındaki Farklılık	37
2.5. Bölüm Sonucu	37
3. TASARIMDA BİYOMİMİKRI YÖNTEMLERİNİN KULLANIMI	38
3.1. Doğa Prensiplerinin Tasarımda Kullanımı	38
3.1.1. Doğa Bilgilerinin Tasarıma Dönüştürülmesi	39
3.2. Biyomimikri Taksonomisi	43
3.3. Gözlemlenen Biyomimikri Yöntemleri	45
3.3.1. Biyomekanik Açından Biyomimikri	45
3.3.2. Biçimsel Biyomimikri	48
3.3.3. Fonksiyonel Biyomimikri	49
3.3.4. Dokusal Biyomimikri	51
3.3.5. Renk Biyomimikrisi	55
3.3.6. Canlı Yapımı Strüktürler ve Malzemeler Esinlenme ve Biyomimikri	58
3.4. Biyomimikri Tasarım Örnekleri	62
3.5. Bölüm Sonucu	82
4. SONUÇ	83

KAYNAKLAR

87

ÖZGEÇMİŞ

93

TASARIM SÜRECİNİ DESTEKLEYİCİ FAKTÖR OLARAK BİYOMİMİKRI KAVRAMININ İNCELENMESİ

ÖZET

Doğa; dünya ve onun etkileşim alanı içinde olan, tasarım hatalarını minimumda tutan, tasarımı için en uygun malzemeyi seçen, geri dönüşüm sağlayan ve koşullara göre değişmesi gereken özellikleri yeniden gözden geçirebilen büyük bir fabrikadır.

İnsan, doğada hayat bulan, içgüdüsel olarak hayatta kalmak için çaba harcayan bir canlıdır. Yaşamın sürekli olabilmesi için, insanın gidermesi gereken fiziksel ihtiyaçları ve sağlaması gereken güvenliği vardır. Bu noktada insanın çevreyle olan ilişkisini düzenlemesi gerekmektedir ve tasarım başlar.

Taklit etmek, neredeyse tüm canlıların gösterdiği bir davranış biçimidir. Biz insanlar, doğduğumuz andan itibaren taklit ederek öğreniriz, ta ki taklit ettiklerimizi seçerek kişiliğimizi ve davranışlarımızı oluşturana kadar. Canlı yaşamını sürdürebilmek için kendi türü, düşmanları ve çevresi hakkında bilgi edinmelidir. Edinilen bilginin uygulanmasının başka bir tanımı da taklit etmek olarak değerlendirilebilir.

Tasarım; ihtiyaç karşılamak, güvenliği sağlamak, problemleri çözmek, yaşamı kolaylaştırmak ve yaşam kalitesini arttırmak için neredeyse her canlının farkında olarak ya da olmayarak yaptığı eylemdir. Canlı, yukarıda sözü edilen konuları hayatında uygulamak için çevreyi ve koşulları değiştirmeye zorlar fakat değiştiremediği takdirde ona adapte olmaya çalışır. Bulunduğu yeri tanıması, yarar ve zararların farkında olması, tasarım yapma yeteneğini kullanırken elindeki olanakları tanımaya yardımcı olur. Tasarım yapacak olan canlının, algılama, analiz etme, muhakeme yapabilme, vb. gibi yeteneklerinin ve duyuşal hafızasının olması gerekmektedir.

Araştırma alanı dünya, araştırma konusu ise ona adapte olabilenler, canlı ve cansız varlıklardır. Biyomimikri canlıları taklit etse de, yeni malzemelerin gelişimi açısından cansız varlıkların içeriğinin incelenmesi de bu alanı destekleyecektir.

Bilinen en eski taşın 3.8 milyar yıldır varolduğundan yola çıkarak elde ettiğimiz yaklaşık dünya yaşı, doğanın başarısını göstermektedir. İnsanların, dünyaya karşı tavrının yıkıcı değil yapıcı hale gelebilmesi için izlenmesi gereken başlıca yol, bunca yıldır varlığını sürdüren düzeni anlamaktan geçmektedir. Doğanın bilgileri ışığında tasarım yaptığımız takdirde, çevre ve yaşam kalitelerinde iyileşme kaçınılmazdır.

Bu araştırmanın amacı, biyomimikrinin tasarım ile ilişkisinin incelenmesi, yeni bir alan olan biyomimikrinin tasarım süreciyle kesişen noktalarının açığa çıkarılması ve bu alandaki bilgilerin sınıflandırılarak kullanımının kolaylaştırılmasıdır.

EXAMINATION OF THE TERM BIOMIMICRY AS A SUPPORTING FACTOR IN DESIGN PROCESS

SUMMARY

Nature, is a big factory, where the faults are kept at a minimum, choosing the most suitable material of all for the purpose, recycling them, and even changing every ingredient as conditions impose.

Man, is a creature which finds life in nature, tries to stay alive instinctly, as all other organisms. For life to perpetuate, man needs to meet his physical needs and has to secure himself. At this point, he has to compose his relation with the environment and here comes the need for design.

Imitation, is carried out by almost all living things. Us, humans, learn by imitating, from our birth on, until we are mature enough with a personality and feeling of identity is developed. A living being needs to have an idea about its environment, and needs to have an understanding of enemies and allies. Application of these information based on observation may be considered as imitation.

Design, to fulfill the needs, to provide security, to solve problems, to ease life and to increase the quality of life, is a process that may be assumed to be carried by every individual aware or unawarely. The organism tries to change the circumstances, the environment surrounding it, if this is not possible, than tries to adapt to those circumstances. Being aware of the surrounding, and also of the opportunities, helps the organism to judge about his capabilities when involved in the design process. An organism to be able to design anything, needs to be able to perceive, analyse and judge, more, he has to have an emotional memory.

Earth, the field of research; those who can adapt, object of research, biomimicry, even it does mimic the living organisms, investigation and research on those non living things will assist in the development and design of new materials.

According to a research on rocks, we now know that the life of earth is approximately 3,8 million years. And this shows us how succesfull nature is. For the attitude of the mankind to be constructive, instead of being destructive towards nature, lies in a concentrated and serious look at the order of things for such a long period of time. If we design utilising the information provided by nature, it is obvious that the quality of life and environenment will get better.

The purpose of this research, is to investigate the relation between design and biomimicry, to point out the intersection points between the design process and the new discipline of biomimicry, to classify the information at hand and make it easier to use.

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Leonardo da Vinci'nin uçan canlıları incelediği çizimi (1480'ler).....	7
Şekil 2.2. Ross Lovegrove'un DNA sarmalını örnek alarak tasarladığı merdiven.....	8
Şekil 2.3. Luigi Colani'nin 1978 tarihli manyetik tren tasarımı.....	9
Şekil 2.4. Neandertal'lere ait bir dikiş iğnesi.....	10
Şekil 2.5. Temsili Neandertal kıyafeti.....	10
Şekil 2.6. Estonya'daki ilk tarihi yerleşim Pulli'de bulunan av aletleri (M.Ö. 8000).....	11
Şekil 2.7. M.Ö. 2000 ve 8000 yıllarına ait el aletleri	11
Şekil 2.8. Akrep ve Scorpio isimli tatar yayı.....	12
Şekil 2.9. Armadillo ve Lorica Segmentata.....	13
Şekil 2.10. Yılan pulu ve Lorica Squamata.....	13
Şekil 2.11. Mısır Hiyeroglifi.....	14
Şekil 2.12. Efes Yamaç Evleri'nin bir odasından görünüş.....	15
Şekil 2.13. Biyomimikriyi etkileyen bilimdalları.....	16
Şekil 2.14. De Motu Animalium'dan biyomekanik üzerine bir çizim.....	17
Şekil 2.15. Yarasa ve Leonardo da Vinci'nin yarasa kanadı üzerine çalışması...	18
Şekil 2.16. Arctium lappa ve Velcro.....	20
Şekil 2.17. Yunus ve Bionic Dolphin.....	20
Şekil 2.18. Biyonik kol.....	22
Şekil 2.19. HAL 5.....	22
Şekil 2.20. Biyomimikrinin bazı tasarım yaklaşımlarıyla ilişkisi.....	23
Şekil 2.21. Ross Lovegrove'un tasarımı olan "Solar Tree" isimli sokak aydınlatması.....	25
Şekil 2.22. Geko ayağının elektron mikroskopuyla çekilmiş fotoğrafı ve Biorubber.....	26
Şekil 2.23. Charles ve Ray Eames'in "La Chaise" isimli tasarımı (1948) ve Phillip Starck'ın Wim Wenders için tasarladığı "W.W. bar stool" isimli bar sandalyesi (1990).....	27

Şekil 2.24. Arne Jacobsen'in "Egg Chair" isimli tasarımı (1958) ve Sori Yanagi'nin "Butterfly Stool" isimli taburesi (1954).....	28
Şekil 2.25. Sudan'lı sanatçı Hassan Musa'nın zoomorfik kaligrafı ve Antik Yunan dönemine ait sentor.....	28
Şekil 2.26. Antik Mısır dönemine ait duvar resimleri, Horus ve hiyeroglif.....	29
Şekil 2.27. Hugh Aldersey-Williams'ın yazdığı "Zoomorphic – New Animal Architecture" isimli kitabın kapağı.....	29
Şekil 2.28. Milwaukee Sanat Müzesi yapısının içine ve dışına ait görüntüler.....	30
Şekil 2.29. Kelebek ve otobüs durağı.....	31
Şekil 2.30. Kara Şimşek dizisinin konuşan arabası KITT.....	31
Şekil 2.31. Terminatör.....	32
Şekil 2.32. DER 01 ve Asimo.....	33
Şekil 2.33. Albert Hubo.....	34
Şekil 2.34. Streamline'a ait örnekler: Delage D8-120 S Pourtout Aéro Coupé (1937) ve Luigi Colani'nin Horch için tasarladığı araç (1996).....	35
Şekil 2.35. Art Nouveau'ya ilham veren Karl Blossfeldt'in botanik fotoğraf çalışmaları.....	35
Şekil 2.36. Antoni Gaudi'nin tasarımı olan Casa Battlo ve çay takımı.....	36
Şekil 2.37. Victor Horta'nın tasarımı olan Hotel Tassel'den bir görünüş.....	36
Şekil 3.1. Carl Hastrich'in Biomimicry Institute için oluşturduğu Tasarım Spirali.	40
Şekil 3.2. Mymaridae – Peri sineği.....	44
Şekil 3.3. Amerikan aslanına ait kafatası ve tel zımba sökücü.....	46
Şekil 3.4. Deniz bitkileri ve bioWAVE.....	47
Şekil 3.5. Köpekbalığı, ton balığı ve bioSTREAM.....	47
Şekil 3.6. Martı, köpekbalığı ve uçak.....	48
Şekil 3.7. Ipomea çiçeği ve gramofon başlığı.....	49
Şekil 3.8. Tavuskuşu ve yelpaze.....	49
Şekil 3.9. Kaplumbağa ve baret	50
Şekil 3.10. Karga gagası ve kargaburun, kartal gagası ve eğik uçlu kargaburun.	51
Şekil 3.11. Köpekbalığı derisi ve Speedo Fastskin dokusu.....	52
Şekil 3.12. Nilüfer yaprağı ve Lotusan boyasının dokusu.....	53
Şekil 3.13. Senegal bişiri derisi ve MIT'in askeri kıyafetinin dokusu.....	54
Şekil 3.14. Canlıların ve insanların ikaz için renk kullanımları.....	56
Şekil 3.15. Canlıların ve insanların kamuflaj için renk kullanımları.....	57
Şekil 3.16. Aposematik ve kripsis arasındaki fark.....	58

Şekil 3.17. Kuş yuvası ve Beijing olimpiyat stadı.....	59
Şekil 3.18. Termit kuleleri ve Eastgate Centre.....	60
Şekil 3.19. Arı yapımı ve insan yapımı bal peteği.....	61
Şekil 3.20. Örümcek ağı ve örümcek ipeğinin elektron mikroskopuyla çekilmiş fotoğrafı.....	62
Şekil 3.21. Organlar ve ürünler.....	63
Şekil 3.22. Ayı pençesi ve tırmık.....	64
Şekil 3.23. Yengeç kolu ve menteşe.....	64
Şekil 3.24. Yunus kuyruğu ve monopalet.....	66
Şekil 3.25. Kaz ayağı ve palet.....	66
Şekil 3.26. Fok ayağı ve kanatlı palet.....	67
Şekil 3.27. Köpekbalığı ve sörf tahtası.....	68
Şekil 3.28. Vatoz ve delta kanat.....	68
Şekil 3.29. At ve motorsiklet.....	69
Şekil 3.30. Mavi balina ve denizaltı.....	69
Şekil 3.31. Ahtapot vantuzu ve plastik vantuz.....	70
Şekil 3.32. Oluklu yapraklar ve eternit.....	70
Şekil 3.33. Kedi gözü ile Catseye.....	71
Şekil 3.34. Kutubalığı ve Bionic Car.....	72
Şekil 3.35. Albatros ve planör.....	73
Şekil 3.36. Ejderhasineği ve helikopter.....	74
Şekil 3.37. Sivrisinek ve deniz helikopteri.....	74
Şekil 3.38. Ejderhasineği kanatları ve Münih olimpiyat stadı çatısı.....	75
Şekil 3.39. Deniz kabuğunun bağlantı hattı ve fermuar.....	75
Şekil 3.40. Deniz minaresi ve Malwiya minaresi.....	76
Şekil 3.41. Balık pulu ve şingil.....	76
Şekil 3.42. Kanguru bacaklarından ilham alınarak tasarlanan Powerskip spor aracı.....	77
Şekil 3.43. Diatom ve Moroso Chair.....	77
Şekil 3.44. Akasya tohumu ve ilaç ambalajı.....	78
Şekil 3.45. Denizanası ve paraşüt.....	78
Şekil 3.46. Karıncayiyen ve şarjlı el süpürgesi.....	79
Şekil 3.47. Mantar ve masa lambası.....	79
Şekil 3.48. Kalamar ve Power Squid.....	79
Şekil 3.49. Göz ve kamera.....	80

Şekil 3.50. Catharanthus Roseus ve kahve masası.....	80
Şekil 3.51. Ağaç ve Thirsty Light.....	81
Şekil 3.52. Kelebek kozası ve acil durumlar için tasarlanmış ürün.....	81
Şekil 3.53. Kaplumbağa kabuğu ve kablo kutusu.....	81
Şekil 3.54. Çiçek ve kumaş yüzeyleri.....	82

1. GİRİŞ

1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı

Konu: TASARIM SÜRECİNİ DESTEKLEYİCİ FAKTÖR OLARAK BİYOMİMİKRI KAVRAMININ İNCELENMESİ

Amaç ve Kapsam: Bu araştırmada, biyomimikri ile tasarım sürecinin ilişkisi ele alınacaktır. Birincil amaç, biyomekanik konusunda yapılan pek çok araştırma olmasının yanısıra, biyomimikrinin tasarım süreci ile ilişkisi üzerinde varolan boşluğu gidermek ve tasarım alanında aktif olarak kullanılmasını önermektir. İkincil amaç ise biyomimikri ile ilişkide olan diğer kavramların dikkate alınması, Bu araştırma başlığı altında değerlendirilmesi, ilişkilerinin incelenmesi, doğanın kapsadığı ve konuyla bağlantısı olan kavramların tasnif edilerek tek araştırma içinde derinlemesine yer almasıdır.

1. Bölüm: Çalışmanın ve bölümlerinin açıklamaları yapılmıştır.

2. Bölüm: Biyomimikri kavramı tanımlanmış ve oluşum süreci anlatılmıştır. Kavram tanımlanmadan önce yapılmış olan bazı önemli çalışmalar ve çalışmalarını gerçekleştiren kişilerden örnekler verilmiştir. Biyomimikri kavramının ilişkili olduğu ve alt yapısını oluşturan diğer kavramlar incelenmiştir.

3. Bölüm: Bu bölümde tasarımda doğayı kullanmanın yöntemleri açıklanmış ve biyomimikri bilgilerine ulaşmanın önemi yer almıştır. Tasarım sürecinde kullanılmak üzere biyomimikri yöntemleri sınıflandırılmış, resimlerle örneklendirilmış ve açıklanmıştır. İnsan elinin ve aklının uzandığı yere kadar elde edilen bilgilerin çokluğu ve tasarım bakımından düzenli olmayışı göz önünde bulundurularak yöntemler mümkün olduğunca doğru biçimde incelenmeye çalışılmış ve tasarımcıların kavramı bilinçli biçimde kullanmalarını desteklemek amacıyla tasnif edilmiştir. Bugüne kadar yapılan tasarımlar içinde biyomimikriyle birleşenlerden öne çıkanlar ve dikkat çekenler araştırma konusu içinde yer almış ve özellikleri belirtilmiştir.

4. Bölüm: Tasarımda biyomimikrinin kullanılmasının yaratım gücüne ve tasarım sürecine katkıları irdelenmiş, bu sürecin tasarımcılar tarafından aktif olarak kullanılmasının sağlayacağı verim tartışılmıştır.

2. BİYOMİMİKİRİ KAVRAMI

Doğa, tasarıma ışık tutabilecek düzeyde geniş bir bilgi kaynağı ve dünyanın en önde gelen tasarımcısıdır (Bar-Cohen, 2006). Biyomimikri ise tasarımcıların doğayı gözlemleyip prensiplerini öğrendikleri bilinçli bir metoddur. Biyomimikrinin esas amacı, doğanın dilini tasarımcıya tercüme eden bir araç olmaktır. Doğa her zaman, insanların yaşamını geliştirmek istemesi yüzünden ilham aldıkları ve taklit ettikleri bir model olarak hizmet vermiştir (Bar-Cohen, 2006).

2.1. Biyomimikri Kavramının Tanımı ve Etimolojisi

Biyomimikri terimi, *bios*: yaşam, *mimesis*: taklit etmek kelimelerinden türetilmiştir. Biyomimikri, doğanın modellerini, sistemlerini, oluşum süreçlerini ve elementlerini inceleyen ve elde ettiği bilgilerden taklit ederek ya da yaratıcı ilham alarak yararlanan, problem çözmeye yönelik yeni bir bilimdir (Benyus, 1997).

2.1.1. Biyomimikri Kavramının Prensipleri

Janine M. Benyus (1997), biyomimikrinin prensipleri sıralamıştır. Biyomimikri doğayı *model*, *danışman* ve *ölçüt* olarak görebilmenin gerekliliğini savunur.

Model Olarak Doğa

Biyomimikri, insan problemlerini çözmek için doğanın modelleri üzerinde çalışan, bu modelleri taklit eden ya da ilham kaynağı olarak kullanan yeni bir bilim dalıdır.

Danışman Olarak Doğa

Biyomimikri, doğayı görme ve değerlendirmede yeni bir yoldur. Bugüne kadar neleri başaramadığımızı ve ondan neler öğrenebileceğimizi anlatan bir çağdır.

Ölçüt Olarak Doğa

Biyomimikri, yenilikleri değerlendirmede ekolojik standartları kullanır. 3.8 milyar yıllık evrim sonucunda doğa, neyin çalıştığını ve uzun süreli olabileceğini öğrenmiştir.

2.2. Biyomimikri Kavramının Oluşum Süreci

İnsanlık tarihinin başlangıcından beri, insanlar her zaman farkında olarak ya da olmayarak çevrelerinde gördüklerini taklit etmişler ve doğadan edindikleri bilgileri ihtiyaçları doğrultusunda kullanmışlardır. Fakat eksik olan, bu davranışın 21.yüzyıla kadar isimlendirilmeyişi ve bilim dalı olarak algılanmayışıdır. Hatta Janine Benyus kitabında neden bu kadar geç kalındığını sorgulamıştır (1997). Bu başlık altındaki bölümler, biyomimikri yaklaşımının isimlendirilme sürecini açıklamaktadır.

2.2.1. Biyomimikri Kavramının Ortaya Çıkışı

Biyomimikri kavramı, kendisini bu kavramın yayılmasına adanmış olan Janine M. Benyus tarafından 1990'ların sonuna doğru tanımlanmış ve literatüre kazandırılmıştır. New Jersey Rutgers Üniversitesi, Doğal Kaynak Yönetimi ve İngiliz Literatürü/Yazarlığı bölümlerinde eğitim alan Benyus, 1998 yılında yenilikçilere danışmanlık yapılması için halen başkanı olduğu Biyomimikri Derneği¹ ve Biyomimikri Enstitüsü'nü² kurmuştur.

Dernek, yenilikçi tasarımcıların doğanın modellerinden bilgi edinip bu bilgileri tasarım ve üretim sürecinde kullanmasına yardımcı olmaktadır. Bu dernek sayesinde, *tasarım masasındaki biyolog* (Hastrich, 2008) olarak hareket eden Benyus, çeşitli firmalara ve hükümetlere bilgileriyle destek vermektedir. Kar amacı gütmeyen dernek, biyolojik stratejilerle tasarıma katkı sağlamayı, bu yolla gerçekleştirilen tasarım ve fikir alışverişlerini destekleyerek kültürlere benimsetmeyi amaçlamaktadır.

Biyomimikri Derneği, biyologlarla işbirliği içinde olup biyolojik esinli tasarım danışmanlığını yürütmektedir. Boeing, Procter and Gamble, Nike, Hewlett-Packard gibi büyük kurumlara yenilikçi, doğal dünyadan kaynaklanan ürünler araştırmaktadırlar. Janine Benyus dernek ve amaçlarıyla ilgili olarak şu açıklamayı (2008) yapmıştır:

“Müşterilerimiz bize belli bir sorun getirirler, biz de okyanus kadar engin olan biyolojik literatürü filtre ederiz. Daha sonra elimizde kalan malzemeyi tasarım

¹ Biomimicry Guild

² Biomimicry Institute

sürecine sokarız. Sorunu öncelikle fonksiyon düzeyine indirgeriz, en iyi doğal modeli bulup onu taklit etmeye çalışırız.”

Enstitü ise bu konuda uzmanlaşan kadrosu ile eğitim vermekte, internet sitesinden³ gelişmeleri aktarmaktadır.

Doğanın başarısı Benyus'un dikkatini çekmiş ve yine doğa ile ilgili kitaplarının yanısıra, biyomimikrinin neden önemli olduğunu açıkladığı *Biomimicry - Innovation Inspired by Nature* isimli kitabını yazmış, 1997'de yayımlamıştır.

Benyus, kitabı yazması için kendisini tetikleyen ve çıkış noktasını oluşturan düşünceyi, şu şekilde özetlemiştir (1997):

“Gezegendeki arkadaşlarımız (bitkiler-hayvanlar-mikroplar) 3.8 milyar yılı aşkın süredir sabırla donanımlarını kusursuzlaştırıyorlar, karayı ve denizi yaşama uygun evler haline getirebiliyorlar. Bundan daha iyi modelimiz olabilir mi?”

Benyus bu sözlerle, aranan cevapların problemin içinde olduğunu vurgulamış, göz önünde olan birçok canlı türünün sorunlarımıza cevap niteliği taşıdığını ve onlara biyomimikri gözlüğü ile bakıldığında önemli sorunlara çözümler bulunabileceğini dile getirmiştir.

2.2.2. Geçmişte ve Günümüzde Biyomimikri Kavramına Bakış

Biyomimikri kavramı Janine M. Benyus tarafından bilim olarak ele alınmasından bu yana, çalışma arkadaşları ve konuya ilgi duyan birçok kişi ile birlikte işlenerek yaygınlaştırılmıştır. Özellikle bilimadamlarının ve tasarımcıların dikkatini çeken alan, bilinçli olarak hayata geçirilmeye başlanmıştır. Bu yüzden ki artık biyomimikri birçok meslek alanında uygulanan ve olumlu sonuçlar alınan bir tavır haline gelmiştir.

³ <http://www.biomimicryinstitute.org/>

Leonardo da Vinci doğaya olan hayranlığını şöyle dile getirmiştir (Edwards, 2005):

“İnsan ustalığı, bir icadı hiç bir zaman doğanınkinden daha güzel, basit ve direkt yapamayacaktır. Çünkü doğanın icatlarında hiç birşey eksik ya da fazla değildir.”

Leonardo da Vinci'nin eserlerinin başarısı, onun doğayı görme çabalarının bir sonucu olarak yorumlanmaktadır. O, anatomik çalışmalar yapan, tasarlayacağı herhangi bir sanat eserinde ilk olarak doğaya bakan bir sanatçıydı.

Leonardo da Vinci belki de tarihin en önemli ve bilinçli doğa gözlemcilerinden biridir. O, tasarımlarının büyük bir kısmında gözlemlediği doğayı model almıştır. Özellikle anatomiye gösterdiği ilgi, kadavralar üzerinde çalışmalar yapmaya kadar varmıştır. Her ne kadar biyografisi hakkında çok net bilgilere sahip olunmasa da o çalışmalarını kaydetmiş ve sanatçılığı konusundaki bilgiyi sonraki nesillere aktarmıştır. Bu bilgiler onun *doğadan ilham alan bir sanatçı* olduğunu göstermektedir.

Uçma amacına ulaşmasa da Leonardo da Vinci'nin uçuş makineleri sırasında yaptığı çalışmalar, yaşadığı dönemin ötesinde düşünmüş olduğunu belirtmektedir. Elyazmalarında, özellikle uçuş üzerine olanlarında görüleceği gibi, uçuş makinesi yapabilmek için birçok canlıyı incelemiş ve karşılaştırmalarını yapmıştır (Laurenza, 2005).

Örneğin, dört kanatlı uçucu olarak ejderhasineğini, iki kanatlı uçucu olarak böcek ve diğer sinekleri, yarasaları, su üstünde uçabilen balıkları incelemiş ve analiz etmiştir (Şekil 2.1.). Böceklerin, yarasaların ve kuşların yanısıra uçan balıkları da incelemesinin sebebi, sudaki sürtünmenin havadakinden daha fazla olduğunu hesaba katmış olmasıdır. Bu canlıların mekanizmalarından yola çıkarak kanat tasarımları yapmıştır. İnsan bedeninin bu mekanizmalara uygunluğunu ve bunu kullanma potansiyeli olup olmadığını hesaplamıştır (Laurenza, 2005).



Şekil 2.1. Leonardo da Vinci'nin uçan canlıları incelediği çizimi (1480'ler)

1. Sinek 2. Uçan balık 3. Ejderhasineği 4. Yarasa

21. yüzyılın tasarımcıları biyomimikriyi benimsemiş ve tasarım süreçlerine yansıtmaya başlamışlardır. Tasarım sürecine girildiğinde doğanın bilinçli şekilde incelenmesi tasarımcıya yeni bakış açıları sağlamış, süreci daha hızlı ve verimli hale getirmiştir.

TED “Yayılmaya Değer Fikirler”⁴ konferanslarının Monterey – California’daki 2005 yılı konuşmacılarından Ross Lovegrove, kendisine yakıştırılan *Captain Organic* lakabını ön planda tutarak yaptığı konuşmada şunları söylemiştir (Lovegrove 2008):

⁴ Technology, Entertainment, Design, “Ideas Worth Spreading” konseptiyle, düşünen ve üreten önemli kişilerin konuşmacı olarak katılımıyla 1984’de yıllık konferanslara başlamıştır.

“Bildiğiniz gibi ben *Captain Organic*⁵ olarak tanınıyorum. Konuşmamda ilk olarak anlatmak istediğim şey, *formlara duyulan sevgi ve formun insan ruhuna ve duygularına dokunuşu olacak*. Yıllar önce bizler mağaralarda yaşıyorduk ve bu kodlama sisteminden uzaklaştığımızı sanmıyorum. Benim dünyam Janine Benyus, James Watson⁶ gibi insanların dünyası. Tamamen içgüdüsel olarak tasarım yapıyorum. Bir bilimadamı değilim ancak içgüdülerime güveniyorum. İnsanların günlük kullanımı için tasarladığım ürünleri, doğanın içinden çıkartıp tercüme ederek hazırlıyorum ve onların kullanımına sunuyorum. DNA⁷ (Şekil 2.2.) olarak isimlendirdiğim konseptin içinde benim dünyamı şekillendiren üç element var. *Tasarım, doğa ve sanat...* Gözlem, doğal dünyanın doğal sürecini, tasarım sürecine taşımamızı sağlamakta... Doğal şeylere baktığımda onlarda yeni şeyler görebiliyorum.”



Şekil 2.2. Ross Lovegrove'un DNA sarmalını örnek olarak tasarladığı merdiven

Fütüristik tasarımlarına 50 yılı aşkın süredir devam eden Luigi Colani de kendisini *doğanın yorumcusu* olarak görmekte ve bunu sıklıkla dile getirmektedir. Streamline, biyomorfizm ve organik tasarım ile oldukça yakın bir ilişkisi olan ve *biodesign* olarak isimlendirdiği tarzı ile Colani, doğanın biçimlerini gözlemleyip bunlardan ilham aldığını söylemektedir (URL-1, 2008). Colani, Berlin Sanat Akademisi'nde

⁵ Kaptan Organik. Ross Lovegrove'a tasarımlarında gözlemlenen organik biçimler sebebiyle takılmış lakap.

⁶ 1954 yılında yaptığı çalışma ile DNA'nın ikili sarmal yapısını, araştırmacı Francis Crick ile bularak Nobel Ödülü almış bilim adamıdır.

⁷ Design, Nature, Art.

aldığı heykel eğitimi, Sorbonne’da aldığı aerodinami eğitimi, doğadan edindiği izlenim ve bilgilerle yaratıcı düşüncelerini birleştirerek oluşturduğu alışılmamış projeleriyle, yaşadığı yüzyılın ilerisinde bir performans gösteren bir tasarımcı olmuştur.

Colani, doğanın mükemmel tasarımlar yarattığını, düz çizgilerinin olmadığını ve bu yüzden organik formlardan ilham alan tasarım yaklaşımlarına inandığını dile getirmektedir (Bangert, 2004)



Şekil 2.3. Luigi Colani'nin 1978 tarihli manyetik tren tasarımı

Biodesign akla geldiğinde, bir örümcek ağının şaşılacak derecede ağırlık taşıyabilen bir malzeme ve yapı olduğunu, bunu akılda tutarak doğanın üstünlüğüne bakılması gerektiğini savunan Colani; ayrıca, başarmak istenen birşey için çalışma ortamından dışarı çıkmayı ve milyarlarca yıldır çözümlenmiş olan problemlerin cevabını doğada aramayı önermektedir (URL-2, 2007).

2.3. Kavram Öncesinde Biyomimikri Uygulamaları

İnsanın hayatta kalabilmek için karşıladığı önemli ihtiyaçlarından biri, kendini dış etkenlere karşı korumak ve savunmaktır. Giyinme kavramının ne zaman ortaya çıktığı tam olarak bilinmemekle birlikte, antropologların tahminine göre 100.000 – 500.000 yıl gibi bir zaman aralığı içinde yer almaktadır (Bellis, 2008). İlk kıyafetler hayvan kürkleri, yapraklar, kabuk ve kemiklerden oluşmaktadır. İnsan bedeni çevre şartlarına uyum sağlayamadığında çevreden edindikleri malzemelerle bedenlerini korumuşlardır. Şimdiye kadar bulunmuş olan ilk dikiş iğnesi ise yaklaşık 30.000 yıl (Şekil 2.4.) öncesine ait olup hayvan kemiğinden yapılmıştır. Canlıların yaşadığı

bölgelerin şartlarına ait uzuvları insanda gelişmemiştir. Bu yüzden de çevrede varolan malzemeleri kullanmak için aletler tasarlamışlardır ve dikiş iğnesi bunlardan biridir.



Şekil 2.4. Neandertal'lere ait bir dikiş iğnesi

Giyinen ilk insanların soğuk havanın hakimiyetindeki bölgelerden olduğu tahmin edilmektedir. İnsan, en basit fiziksel sebep olarak, vücudunu özellikle hava şartlarından korumak için giyinmektedir. Gezegendeki diğer canlılara kıyasla insan, bedenlen korunaksız bir canlı olarak yaratılmıştır. Vücudunun dayanabileceği ısı aralığının altında ya da üstünde kalması durumunda, bedenini korumak için çevreden yardım almaktadır. Örneğin ilkel insanların, açlığını gidermek için avladığı hayvanın kürküyle de giyindiği bilinmektedir (Şekil 2.5.).



Şekil 2.5. Temsili Neandertal kıyafeti

İnsanların hava şartlarından korunmanın yanısıra yırtıcılardan da korunmaları gerekmiştir. Yırtıcıların sahip olduğu diş, pençe gibi uzuvlara sahip olmadıklarından; ya taştan ya da hayvan kemiklerinden, diş ve pençe benzeri delici, kesici ve parçalayıcı doğal formlardan yararlanarak avlanmak, korunmak için silahlar ve diğer ihtiyaçlarını karşılamak için el aletleri yapmışlardır (Şekil 2.6. ve 2.7.).



Şekil 2.6. Estonya'daki ilk tarihi yerleşim Pulli'de bulunan av aletleri (M.Ö. 8000)



Şekil 2.7. M.Ö. 2000 ve 8000 yıllarına ait el aletleri

Eski toplumlardan bugünün toplumlarına gelindiğinde durumun genel olarak aynı, detay olarak ayrı yönlerde geliştiği gözlemlenmektedir. Yine hayatta kalmak için yapılması gerekenler vardır ancak izlenen yol değişmiştir. Artık kemiklerden delici aletler, hayvan kürklerinden kıyafetler yapmak toplumlara yetmemeye başlamıştır. Bulunulan noktadan daha ileride olmak gerekmektedir. Çünkü insan beyni çalışmaktadır, nüfus ve paylaşım artmaktadır.

Her ne kadar biyomimikri kavramı açıklamalarında, 1941’te İsviçreli mühendis George de Mestral’in Velcro’yu icadetmesi ilk biyomimikri hareketlerinden biri olarak görünse de bu konuda kimin ilk ya da ilklerden olduğu bilinmemektedir.

İlham almak için doğaya bakmak yeni yöntem değildir. Örneğin, kavramdan önce Leonardo da Vinci, uçan canlılara bakarak uçuş mekanizmaları tasarlamıştır (Cutkovsky, 2008). Velcro’nun biyomimetik ve biyomimikride ileri sürülmesinin sebebi, en ünlü ve uygun örnek olmasıdır. Fakat Velcro örneği, kendisinden önce bu kavramların bilinçli ya da bilinçsiz olarak uygulanmadığı anlamına gelmemektedir.

Örneğin 1941’de Velcro’nun icadından önce, M.Ö. 50 yılında Romalı Marcus Vitruvius Pollio’nun geliştirdiği ordu silahlarına bakıldığında, Türkçesi *akrep* olan *Scorpio* (Şekil 2.8.) isimli mancınık tipi silahın da yine biyomimikri ile ilişkili olduğu görülmektedir. Scorpio tek kişinin kullanımıyla çalışan, ilkel ve dev bir tatar yayıdır. Okları fırlatmak, oklara yüksek hız ve büyük bir güç kazandırmak için bükülme sistemini kullanır. Akrebin kuyruğunu gövdesinin üstüne doğru bükerek düşmanına iğnesini saplaması gibi, Scorpio da oklarını gövdesinin üstünden fırlatır ve saplar.



Şekil 2.8. Akrep ve Scorpio isimli tatar yayı

Roma Ordusu M.Ö. 800’den M.S. 476 yılları arasında hizmet vermiştir. Bu orduda görev alan Lejyonerler’in kullanmış olduğu zırhlarda da biyomimikriye rastlamak mümkündür. Armadillo, İspanyolca’da *küçük zırlı* anlamına gelmektedir. Bu canlı sert, zırhımsı, parçalı kabuğuyla tanınmaktadır. *Lorica Segmentata* (Şekil 2.9.) ise lejyonerler’in kullandığı bir zırhın adıdır. Latince’de *lorica* : koruyucu özellikli

kabuk anlamına gelmektedir. *Segmenta* ise segment, parça, bölüm, dilim anlamına gelen bir kelimedir. *Lorica Segmentata* da *parçalı koruyucu kabuk* olarak tanımlanabilir. Görünüşü tam anlamıyla benzemese de armadillonun üzerindeki kabuk sisteminin formülü lejyonerlerin zırhlarına uygulanmıştır. Özellikle zırhın omuz kısmı armadillonun sırtında bulunan içiçe geçmiş kabuklarla örtülmektedir. Gövdede de aynı prensip insan bedeninin eğrilerine uygun olarak yapılmıştır.



Şekil 2.9. Armadillo ve Lorica Segmentata

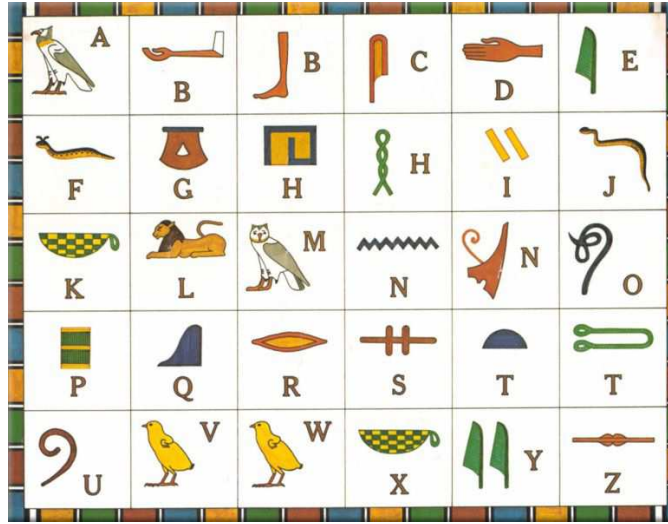
Diğer bir Roma Ordusu zırhı ise *Lorica Squamata*'dır (Şekil 2.10.). *Lorica*, parçalı koruyucu kabuk ve *squama* omurgalı hayvanların, özellikle de yılan ve kertenkele gibi sürüngenlerin cildinde kaplı olan *pul* anlamına gelmektedir. *Lorica Squamata* ise kısaca *koruyucu pul* olarak tanımlanabilir.



Şekil 2.10. Yılan pulu ve Lorica Squamata

Zırhların bu şekilde olması, üreten kişilerin armadillo ya da sürüngenleri örnek aldığına dair kesin bir kanıt sunmamakla birlikte; korunurken aynı zamanda hareket etmeye fırsat veren bu kabuğun, yapıldığı dönem şartlarında amacına uygun bir tasarım olduğuna kesinlik getirmektedir.

Doğayı taklit etme davranışı ürün ya da yapı tasarımı dışında da uygulanmıştır. Antik Mısır medeniyetinde de kullanmış, logografik yazma sistemi olan hiyeroglifin (Şekil 2.11.), Latin alfabesinin M.Ö. 1. yüzyılda sahip olduğu 23 karakterin aksine, 2000'den fazla karaktere sahip olduğu bilinmektedir (URL-3, 2008). Bu harflerin çoğu yaprak, kuş, el gibi doğada bulunan ve bilinenlerin sembolize edilmiş hali olmakla birlikte M.Ö. 3200 ve M.S. 400 yılları arasında kullanılmıştır.



Şekil 2.11. Mısır Hiyeroglifi

Antik kentlerin sokaklarında ve yapılarında uygulanmış bezemelerde geometrik desenlerin yanısıra, doğadan taklit edilmiş desenler de vardır. Canlı ve cansız doğal objelerin güzelliklerinden etkilenen ustalar, inşa ettikleri çoğu yapıya gördükleri çevrelerden edindikleri görsel bilgileri işlemişlerdir. *Efes Yamaç Evleri* duvarlarında ve yerlerindeki bezemeler, orada yaşamış olan insanların doğaya kapalı olarak inşa edilmiş atriumlu evlerine doğayı taşıdığını anlatmaktadır. Şekil 2.12.'de duvardaki çiçek, yaprak, kuş desenleri ve yerdeki aslan figürünün mozaikten döşenmiş şekli görülmektedir.



Şekil 2.12. Efes Yamaç Evleri'nin bir odasından görünüş

Hiyeroglif ve Efes Yamaç Evleri'nin örneklendirilmesiyle anlatılmak istenen, bu dönemlerde *insanoğlunun birçok konuda doğayı örnek almış olduğu*dur. Bu örneklerde, sadece ürün tasarımında değil, iletişim ve süsleme gibi konularda da doğanın model alındığı görülmektedir.

2.4. Biyomimikriyi Etkileyen Bilimler ve Tasarım Yaklaşımları

Biyomimikrinin kapsama alanı geniştir. İnsanoğlu doğayı model alma ve taklit etme davranışına *biyomimikri* adını vermeden önce gelişen ve araştırma konusuyla yakından ilişkili olan bazı önemli kavramlar biyomimikri tavrı içermektedir.

Bu bölümde biyomimikriden önce kullanılan yöntemlere ait disiplinler ve tasarım yaklaşımları ele alınacaktır.

2.4.1. Biyomimikriyi Etkileyen Bazı Bilim Dalları

Biyomimikri aslen *biyoloji* ile ilişkilidir. Biyolojinin, organizmalar üzerinde yapmakta olduğu her çeşit araştırma ve elde edilen bilgi, biyomimikrinin esas verilerini oluşturmaktadır. Biyologlar doğanın detaylarını keşfetmeye çalışarak bu bilimin veritabanını genişletmektedirler. *Zooloji* ve *botanik* başta olmak üzere biyoloji biliminin altında yer alan her türlü dal biyomimikriye fayda sağlamak ve bu bilgilere dayanan çeşitli tasarımlar yapılmaktadır.

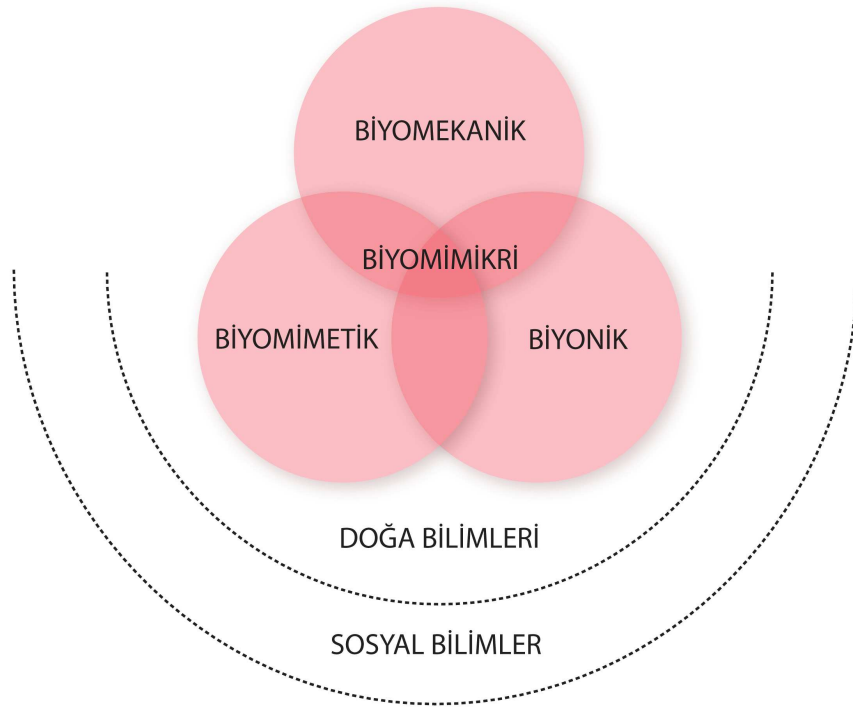
Biyomimikriye destek veren diğer bir bilim olan *kimya* ise canlılara ait dokular ve onların ürettiği malzemelerin üretilebilmesine olanak tanıyan bir bilimdir. Böylece hayal gücü ve yaratıcılık özgür kalmakta ve düşünülebilen pek çok proje hayata geçirilebilmektedir.

Bunların yanısıra sosyal bilimler de biyomimikri kavramının geliştirilmesinde önemli bir rol oynamıştır. İnsanoğlunun ve tasarımın tarihi gelişimini takip ederek gelecekteki eylemlerin izlerini belirlemiştir.

Biyomimikri her zaman tasarımın bir parçası olmuş ve kendisini başka disiplinler altında var etmiştir. Bu disiplinlerden *biyomimetik* ve *biyonik* 19. yüzyıldan, yani teknolojinin kendini göstermesinden itibaren oluşmuş, *biyomekanik* ise 17. yüzyılda hayvanların hareketlerinin detaylı incelenmesinden sonra ilk adımını atmıştır.

Zaman zaman bilinçsiz bir “*taklit etme*” içgüdüleriyle gerçekleştirilse de biyomimikriden önce uygulanan yöntemler ve bunlara ait kavramlar, biyomimikrinin temellerini atmış, sonrasında ise insanın tasarımda doğayı kullandığını farketmesini ve bunu bir disiplin olarak görmesini sağlamıştır.

Bu başlık altındaki kavramlar, birbirinden farklı yönlerde gelişen disiplinler olup ortak amaçlarda buluşmakta ve birbirlerini beslemektedirler (Şekil 2.13.). Biyomekanik, biyomimetik ve biyonik; üzerinde bilimsel araştırmalar yapılan alanlar olup biyomimikrinin yaklaşımının tasarıma dönüşmesine olanak sağlamaktadır.



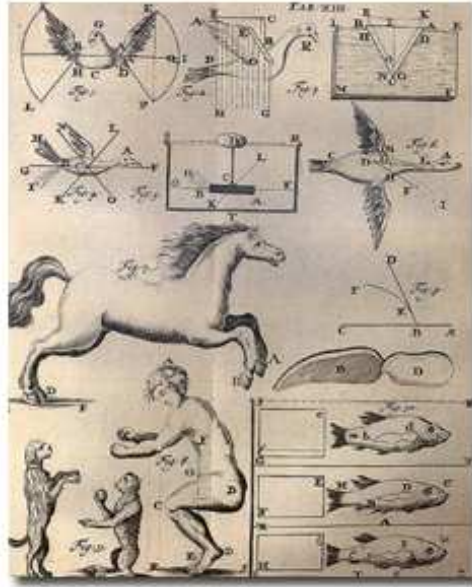
Şekil 2.13. Biyomimikriyi etkileyen bilim dalları

2.4.1.1. Biyomekanik

Biyomekanik, organizmaların hareketlerinin anatomik prensiplerini inceler ve bu prensipleri insan yapımı mekanizmalara uygular. Biyomekanik analizler; moleküler yapıdan, dokuya, tüm bir organa ve hatta organizmaya kadar olan geniş bir alanı kapsamaktadır.

Modern biyomekaniğin öncüsü sayılan Giovanni Alfonso Borelli'nin, "*De Motu Animalium*"⁸ adlı eseri, yazılan ilk biyomekanik kitabıdır (Şekil 2.14.). Bu tip bir çalışmayı Aristoteles de yapmıştır. Martha Craven Nussbaum, Aristoteles'in bilimsel çalışmalarını derlemiş ve "*Aristotle's De Motu Animalium*" ismiyle yayınlamıştır. Borelli'den sonra halen derinlemesine devam eden biyomekanik araştırmaları, bu alandaki bilgi yelpazesini genişletmeye devam etmektedir.

Borelli hayvanların vücutlarını sadece mekanik sistemler olarak incelememiş, hareketin yapılmadan düşünülmesiyle yapılırken psikolojik farklılıkların da üzerine gitmiştir. Bu disiplin, kuş ve böceklerin aerodinamikleri, balıkların hidrodinamikleri, ağaç köklerinin mekanik destekleri, kısaca tüm yaşam biçimlerindeki hücreden organizmaya kadar olan hareketleri incelemektedir. İnsan biyomekaniği ise kinesiyojinin esas parçasıdır.



Şekil 2.14. De Motu Animalium'dan biyomekanik üzerine bir çizim

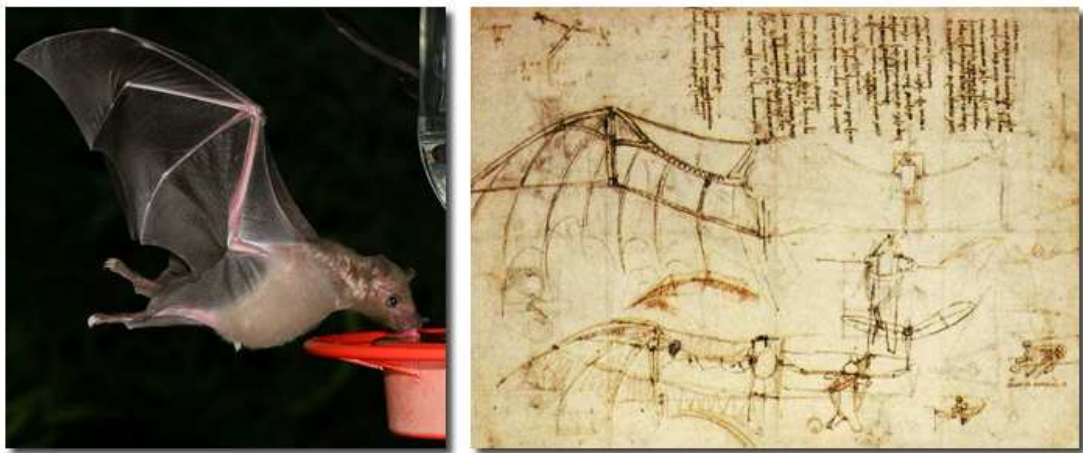
⁸ Hayvanların Hareketi Üzerine - 1685

Bitki biyomekaniği, biyomekaniğin alt dalıdır. Karl J. Niklas, bu konuda bir ilk olan “Plant Biomechanics”⁹ isimli kitabı yazarken, bitkilerin ortamlarına nasıl uyum gösterdiklerini, formlarının organik dışavurumlarını (ebat, büyüme ve strüktür), fosillerden yola çıkarak ne tür evrimler geçirdiklerini ve formun fiziksel şartlara nasıl cevap verdiğini araştırmıştır (URL-4, 2008).

Leonardo da Vinci, uçuş makinesi tasarlarken yarasaların uçuş mekaniğini incelemiştir (Şekil 2.15), fakat yaşadığı dönemde yarasanın detaylarını taklit edebilecek kadar gelişmiş malzemeler olmadığından başarı sağlayamamıştır. Yapmış olduğu modeller havalanamamıştır (Laurenza, 2005).

National Geographic Channel’in yarasaların sonar ve uçuş sırlarını anlattığı “Superbat” belgeselinde (2007) Leonardo da Vinci’nin not defterinden kendi cümleleriyle şunlar aktarılmaktadır:

“Bu canlının kanatları çok ince ve esnek. Kanat zarında özel kas lifleri var, sertliği kontrol ediyor. Kanadın büyük kısmı kontrol sağlıyor. Zar hava geçirmiyor. Eklemlerde manevra sağlayıcılar var. Kanat kemikleri çok ince. Şu anda bu canlıyı aynı oranda taklit edemiyorum. Ancak gelecekte uçuş makinesi yapmak isteyen sanatçıların bu canlıyı dikkate almaları gerekmektedir.”



Şekil 2.15. Yarasa ve Leonardo da Vinci'nin yarasa kanadı üzerine çalışması

⁹ Bitki Biyomekaniği - 1992

2.4.1.2. Biyomimetik

Biyomimikri ve biyomimetik; *bio*: yaşam ve *mimesis*: taklit anlamlarına gelen aynı sözcüklerden türetilmiş kelimelerdir. Aynı alanlarda karşı karşıya gelen bu iki sözcüğün arasındaki fark; biyomimikrinin bir tasarım anlayışı, diğerinin ise bu anlayışı uygulayan alan olmasıdır.

Biyomimetik terimi, ilk olarak Otto Schmitt tarafından (Bar-Cohen, 2006) 1950’lerde kullanılmıştır. Biyomimetik, doğadaki herhangi bir canlının fonksiyonunu, biçimini, mekanizmasını tamamen ya da kısmen taklit etmektedir.

Reading Üniversitesi, Biyomimetik bölüm başkanı Prof. George Jeronimidis biyomimetik ile ilgili şunları söylemektedir (Focus Magazine, 2008):

“Biyomimetik, teknik çözümler için biyolojiye bakmaktır. Doğadaki iyi bir tasarımı kopyalamak, karşılaştığımız çok büyük sorunlara çözümleri doğada aramaktır.”

Biyomimetik dendiğinde akla ilk gelen ve tanımlarda verilen ilk örnek Velcro’dur. Bu tasarım, George de Mestral’in köpeğiyle çıktığı geziden dönüşünde köpeğinin kürküne ve pantolonuna yapıştığını farkettiği, “Arctium Lappa”¹⁰ adlı bitkinin detayını mikroskop altında incelemesi ve bunu bilinçli şekilde taklit etmesiyle 1941 yılında ortaya çıkmıştır (Şekil 2.16.) (URL-5, 2008). George de Mestral, bu tasarımını Fransızca’da *velours*¹¹ ve *crochet*¹² olan kelimelerin ilk hecelerini birleştirerek isimlendirmiştir (Forbes, 2006).

Doğadan alınan bu fikir, daha sonra birçok firmanın değişik malzemelerle ürettiği, ayakkabı bağından NASA’nın¹³ uzay araçlarına kadar çeşitli yerlerde kullanılan, önemli problemlere çözüm olan bir ürün haline gelmiştir. Velcro’nun objeleri olması gereken yerde tutabilmesi NASA’nın dikkatini çekmiş ve bazı problemler için mükemmel bir çözüm olarak görülmüştür. Yörüngede bulunan ve neredeyse ağırlığını tamamen yitiren eşyaları savrulması gibi bir soruna çözüm getirdiği için Velcro, NASA için vazgeçilmez bir ürün olmuştur (Jones, Benson, 2002).

¹⁰ Pıtrak otu.

¹¹ Kadife.

¹² Kanca.

¹³ National Aeronautics and Space Administration



Şekil 2.16. Arctium lappa ve Velcro

Şekil 2.17.'de bir yunus ve “Bionic Dolphin”¹⁴ isimli tasarım görülmektedir. Bu tasarım biyomimetiğe oldukça uygun bir örnektir ve aynı zamanda biyoniktir. Teknolojinin sınırları içinde yunusun hareketini sağlayan *biyomekanik* ve *biçim* taklit edilmeye çalışılmıştır. Yunus gibi kuyruğunun üzerinde dik durabilen ve 360 derece dönüşe sahip, iki kişilik bir deniz aracı olan Bionic Dolphin'in okyanus şartlarına uygun olması sebebiyle gezi, kurtarma ve eğlence aracı olarak, ayrıca askeri amaçlarla da kullanılması hedeflenmektedir (URL-6, 2008).



Şekil 2.17. Yunus ve Bionic Dolphin

¹⁴ Biyonik yunus.

Janine Benyus (2008) biyomimetik ile ilgili Şu sözleri söylemektedir:

“Biyomimetik’in daha da ileri gidebilecek potansiyeli var. Bilim kurguyu gerçeğe dnŖtrebilir. EĞer hayvanların sürünme, yüzme, tırmanma ve uçma yeteneklerini kopyalayıp uyarlayabilirsek, insan i organlarını, okyanus derinliklerini ve uzak gezegenleri daha iyi inceleme imkanları bulacağız veya inceleyecek robotlar yapabileceğiz. EĞer yaŖayan organizmaların kendilerini nasıl olup da inŖa ve tedavi ettiklerini anlayabilirsek, kendi kendini tamir edebilen uzay gemileri ve gökdelenler yapabiliriz. EĞer gekonun ayağının yapıŖkanlık özelliğini, örümceğin ağını baŖarılı bir biçimde taklit edebiliyorsak, günün birinde rmcekadam gibi binalara yapıŖıp oradan oraya salınabiliriz”

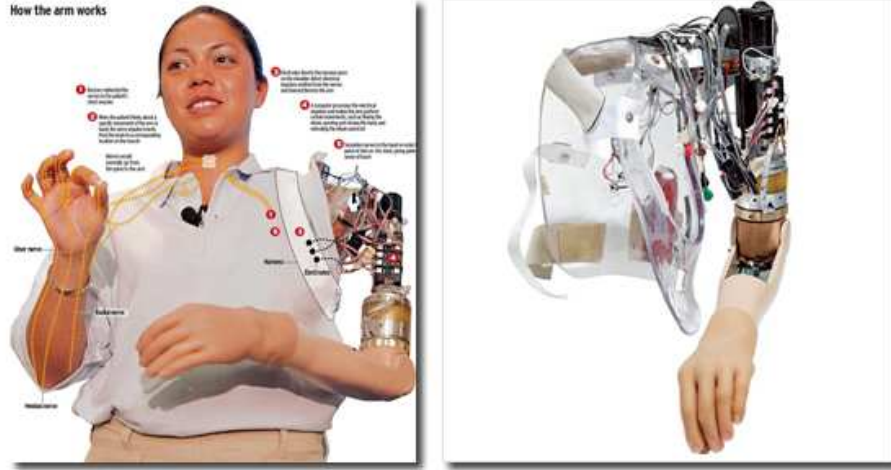
2.4.1.3. Biyonik

Biyonik, doğada mevcut metod ve sistemleri inceleyip modern mühendislik sistemlerinde ve teknolojilerinde kullanmaktır. *Bionic* kelimesi, Yunanca’da *bion*: yaŖam nitesi, eki olan *-ic*: benzer, birlikte anıldığında *yaŖam benzeri* anlamına gelmektedir. Bazı sözlüklerde ise, *biyoloji* ve *elektronik* kelimelerinin birleŖtirilmesiyle oluŖtuĖu yazılmaktadır. Terim ilk olarak 1958’de Jack E. Steele¹⁵ tarafından, Dayton’daki Wright-Patterson hava kuvvetlerinde alıŖırken kullanılmıŖtır (Bar-Cohen, 2006).

1980 doğumlu Claudia Mitchell, 2003 yılında bir motor kazası sonucunda sol kolunu omzundan itibaren kaybetmiŖtir. Dördüncü biyonik insan olarak tarihe gemiŖ ve ilk biyonik kolun sahibi olmuŖtur. Kazadan sonra, dŖnerek kontrol ettiği yeni biyonik kolu ile günlük iŖini görebilir hale gelmiŖtir.

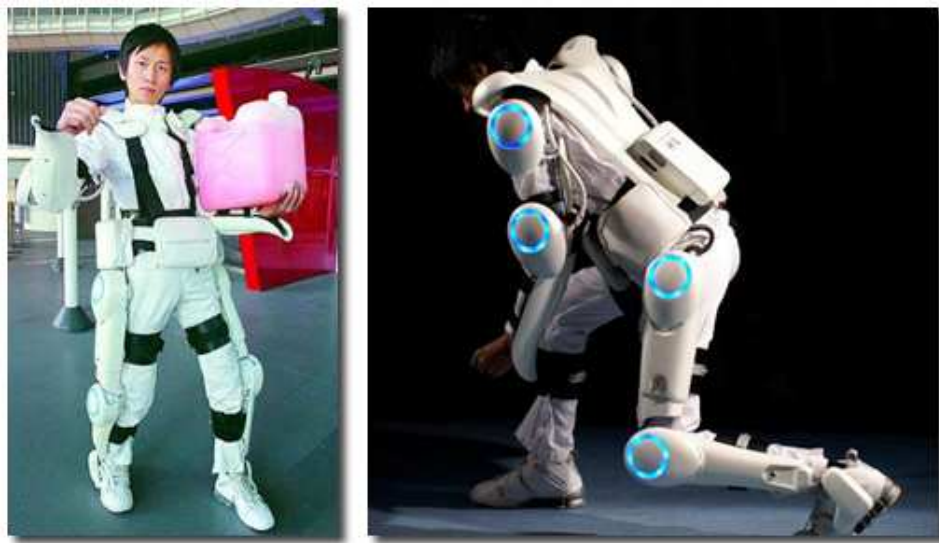
Chicago Rehabilitasyon Enstitüsü’nün doktor ve mühendisleri tarafından tasarlanan biyonik kol (Ŗekil 2.18.), Mitchell’in kaybettiği organındaki sinir uçlarına tekrar baĖlanmıŖtır ve göğüs kasındaki hareketleri algılamaktadır. Sol göğsünün üzerindeki sinir uçlarına bağlanan ünite, beyinden gelen sinyalleri yapay organa aktarabilmiŖtir (Brown, 2006)

¹⁵ BirleŖik Devletler havagc’nden emekli doktor.



Şekil 2.18. Biyonik kol

Eksoskeleton, örneğin insanın da iskeleti olan endoskeletonun aksine, canlıyı dışarıdan koruyan ve destekleyen bir dış iskelettir. Bu yapıdan esinlenerek Cyberdyne tarafından geliştirilmiş olan giyilebilir robot HAL 5¹⁶ (Şekil 2.19.), fiziksel gücü arttıran cyborg tipi bir robot olup güçlendirilmiş eksoskeleton kategorisine ait görülmektedir. Bu robot kıyafetin, doğal afet bölgelerinde görev alan kurtarıcıların, fiziksel özrü olan kimselerin, fabrikalarda ağır işçi olarak çalışan ve eğlence sektöründe bulunan kişilerin kullanımına sunulması hedeflenmektedir (URL-7, 2008). Ayrıca benzer robot kıyafetler de askeri amaçlarla geliştirilmeye devam etmektedir.

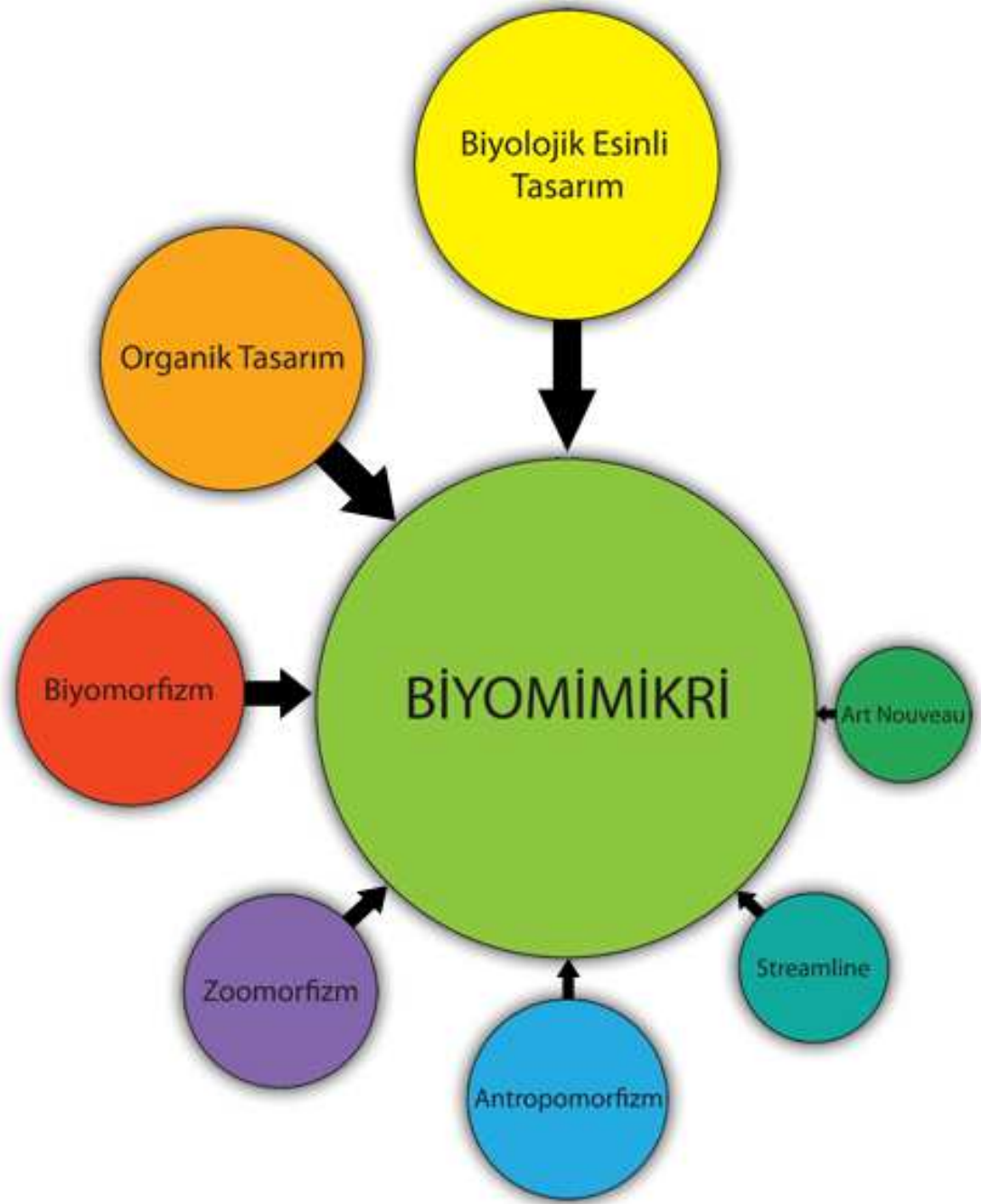


Şekil 2.19. HAL 5

¹⁶ Hybrid Assistive Limb

2.4.2. Biyomimikri ile İlişkili Bazı Tasarım Yaklaşımları

Tasarımda biyomimikri uygulamaları, hayvanlardan, bitkilerden ve insanın kendisinden ilham alınarak ya da taklit edilerek gerçekleştirilmektedir. Bazı tasarım yaklaşımları ise bunu daha önceden uygulamışlardır. Bu bölümde yer alan yaklaşımlar biyomimikri içindeki önem sırasına göre açıklanmıştır (Şekil 2.20.).



Şekil 2.20. Biyomimikrinin bazı tasarım yaklaşımlarıyla ilişkisi

2.4.2.1. Biyolojik Esinli Tasarım (Bio-Inspired Design)

Biyolojik esinli tasarım, doğadan ilham alarak tasarım yapmaktır. Bu tasarım yaklaşımı biyomimikriye yakın bir yol izlemektedir ve birlikte anılmaktadır.

Janine Benyus (2008) biyolojik esinli tasarımla ilgili fikirlerini şu sözlerle dile getirmektedir:

“Nano teknolojinin açacağı yeni olanaklar ve biyolojik esin, bir şeyi yapış biçimimizi topyekün değiştirebilecek bir potansiyele sahip. Bilginin depolanmasından malzeme yapımına, tarımsal ürün yetiştirmekten kendimizi iyileştirmeye, tedavi etmeye kadar. Doğayı model olarak almak, mühendislik, mimarlık, tıp ve tasarım alanlarında heyecan verici gelişmelere neden olacak.”

Ross Lovegrove, 2005 yılı TED konferansındaki sunumunda, 2004 yılında Capetown’da bir müzede kaydettiği dinazor iskeletinin gösterimi yapılırken şunları dile getirmiştir (Lovegrove, 2005):

“Bana ilham veren bu tip şeylere karşı özel, büyük bir ilgin var. Doğal formları gördüğümde garip hislere kapılıyorum, bazen dizlerimin üzerine çöküp ağlıyorum. Bir mobil telefonu üç haftada tasarlayabiliyorum ve bunu nasıl yaptığımı bilmiyorum. Dinazor iskeleti şeklinde bir mobil telefonda bahsetmiyorum ama doğadaki şeylere baktığımda tasarım gücümün yükseldiğini hissediyorum. Sadece doğanın yaratabildiği güzel formlar ve dokulardan bahsediyorum. Ben nasıl algılıyorum ve nasıl bu şekilde yorumluyorum hala bunu anlamaya çalışıyorum.”

Ross Lovegrove’un Solar Tree (Şekil 2.21.) isimli güneş enerjili sokak aydınlatması tasarımı, biyolojik esinli tasarıma uygun bir örnektir. Lovegrove, güneş enerjisi teknolojisini sokak lambasına uygulayarak şehirleri, aydınlatma konusunda bedelsiz bir kaynağa yöneltmiştir. Diğer güneş enerjili sokak lambalarına kıyasla, aydınlatmayı LED ile sağlayan Solar Tree, ağaç konseptiyle aydınlatmayı bir araya getirmiştir (Dunn, 2007) Lovegrove ürünü tasarlarken fotosentez yapmak için

yapraklarını güneşe doğru açan ağaç formundan yararlanmıştır. Güneş enerjisini toplayıp elektrik enerjisine çevirmesi beklenen aydınlatma elemanının ağaca benzemesinin sebebi budur.



Şekil 2.21. Ross Lovegrove'un tasarımı olan Solar Tree isimli sokak aydınlatması

Biyolojik Esinli Tasarım, tasarımcılar kadar malzeme bilimciler tarafından da kullanılan bir alandır, ki malzeme çeşitliliği tasarımcının hareket alanını genişletmektedir.

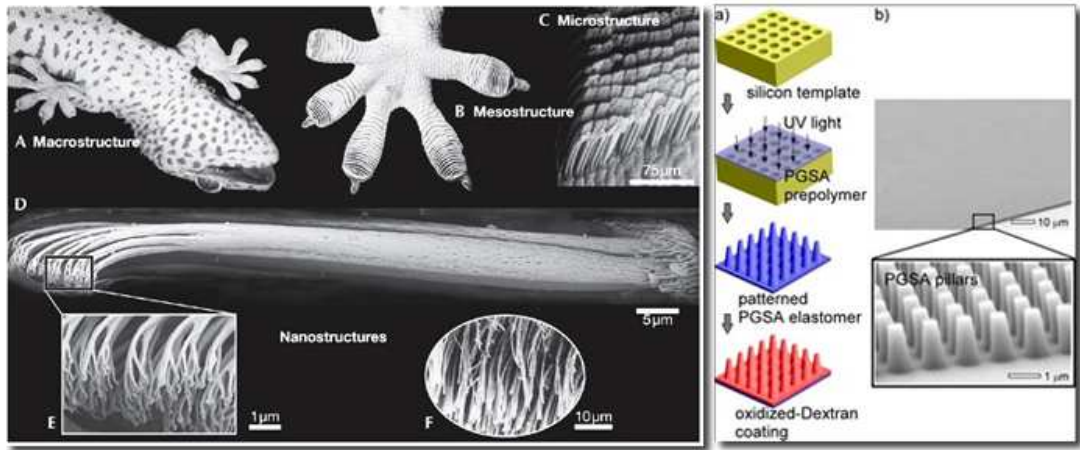
Geko¹⁷, sıcak topraklarda yaşayan, ufak bir kertenkele türüdür. Gekkonidae familyasının üyeleri olan çeşitli gekoların cam duvarlar ve hatta tavanlarda bile tutunabilmesi bilimadamlarının dikkatini çekmiş ve bu türü gözlemlmelerine sebep olmuştur. Gekonun ayaklarında bulunan nano ölçekteki girinti ve çıkıntılar, orijinal ismiyle seta, bazı organizmalarda da bulunan, gekonun düşey yüzeyde yürüyebilmesine yardımcı olan saç benzeri strüktürlerdir.

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nden Prof. Robert Langer ve Jeff Karp'ın liderliğinde ve Harvard Üniversitesi'nin de katılımıyla yürütülen bir araştırma (URL-8, 2008) sonunda, geko ayaklarından esinlenerek, nano ölçekteki sütuncuklardan oluşan bir sargı bezi tasarlanmıştır (Şekil 2.22.). Karp, tıp alanında yapışkan malzemeye duyulan büyük ihtiyacın artık "Biorubber" isimli sargı beziyle

¹⁷ Hemidactylus turcicus ismiyle Anadolu'da görülen Süleymancık da bir tür gekodur.

karşılabilir olduğunu belirtmiştir. Biorubber, deri altındaki (ıslak) ortamlarda bile yapışabilen, organlarla birlikte esneyip kıvrılabilen, vücut içinde eriyip yok olabilen polimer bazlı bir malzemedir. Malzemenin vücut içinde eriyebilir olması sayesinde bu sargı bezini çıkartmak amacıyla yeni bir ameliyata gerek duyulmamaktadır.

Karp tarafından bandaja sonradan eklenen şeker bazlı yapıştırıcı ise malzemeyi beklenenden daha sağlam hale getirmiştir. Karp, gekonun tamamen yapışmaması, yüzeye tutunup aynı zamanda yürümeye devam etmesi yüzünden gekoyu taklit etmediklerini, yapışkan bir yüzey dokusu için onu incelediklerini ve yapışkan madde eklediklerinden, geko ayağından sadece ilham aldıklarını dile getirmiştir (URL-8, 2008).



Şekil 2.22. Geko ayağının elektron mikroskobuyla çekilmiş fotoğrafı ve Biorubber

2.4.2.2. Organik Tasarım

Organik tasarım ilk olarak 19. yüzyılın sonlarına doğru görülmüş bir tasarım şeklidir. Mimariyle başlamış ve günlük kullanımdaki diğer ürünlere de yansımıştır .

Organik tasarım 1990'larda gelişmiş ergonomik/antropometrik veriler, bilgisayar destekli tasarım ve üretimle hiç olmadığı kadar güçlü hale gelmiştir. Her ne kadar doğal bir materyal olmayan plastikle uygulanması söz konusu olsa da insan biçimine en uygun ürünleri elde etmiştir. Organik forma sahip ürün ve yapıların insanlar üzerinde duygusal bir etkisi olduğu da gözlemlenmiştir (Fiell, 1999).



Şekil 2.23. Charles ve Ray Eames'in "La Chaise" isimli tasarımı (1948) ve Phillip Starck'ın Wim Wenders için tasarladığı "W.W. bar stool" isimli bar sandalyesi (1990)

2.4.2.3. Biyomorfizm

Biyomorfizm, *bios*: yaşam, *morphe*: biçim olan Yunanca kelimelerden türemiştir. 20. yüzyılda ortaya çıkmış bir stil olmasına rağmen Barok ve Rokoko dönemlerinde izlerine rastlamak mümkündür. Dekoratif nedenlerle doğadaki formları stilize etmiştir. Biyomorfizm doğal yaşamın gücüne odaklanmış, organik formlardan yararlanmıştır.

1950'lerde bazı sanatçılar yaşamsal formları stilize etmeden tasarımlarına uygulamışlardır ki bu, çoğu zaman *Kitsch* olarak algılanmıştır. Fakat 1990'larda organik tasarımın tekrar ortaya çıkmasıyla Biyomorfizm de yeniden canlanmış ve yaşamsal formlar kullanarak daha soyut çalışmalar yapılmıştır. Biyomorfizm, organik tasarım ile yakın özellikler taşıyan bir tarz haline gelmiştir. Geçmişe kıyasla tasarım anlayışı değişmiştir (Fiell, 1999).

Biyomorfizm 21. yüzyılda tasarımda dekoratif özelliklere olduğu kadar fonksiyonel özelliklere de eğilim göstermiştir. İnsanla birebir ilişkisi olan ürünlerde uyumu baz almaktadır. Şekil 2.24.'de Arne Jacobsen ve Sori Yanagi'ye ait oturma elemanları görülmektedir. Bu ürünler biyomorfiktir ve insana uyumun önemi, endüstriyel üretiminden önce gelmektedir.



Şekil 2.24. Arne Jacobsen'in "Egg Chair" isimli tasarımı (1958) ve Sori Yanagi'nin "Butterfly Stool" isimli taburesi (1954)

2.4.2.4. Zoomorfizm

Zoomorfizm, Yunanca'da *zoon*: hayvan ve *morphe*: biçim, şekil kelimelerinden türemiştir ve *hayvanbiçimcilik* anlamına gelmektedir. Zoomorfizm, bugüne kadar değişik alanlarda karşılaşılan bir kavramdır.

Sanatta Zoomorfizm, insanı ve tanrıları hayvan biçiminde betimlemek ve hayvan biçimleriyle desen oluşturmak olarak görülür.



Şekil 2.25. Sudan'lı sanatçı Hassan Musa'nın zoomorfik kaligrafisi ve Antik Yunan dönemine ait sentor

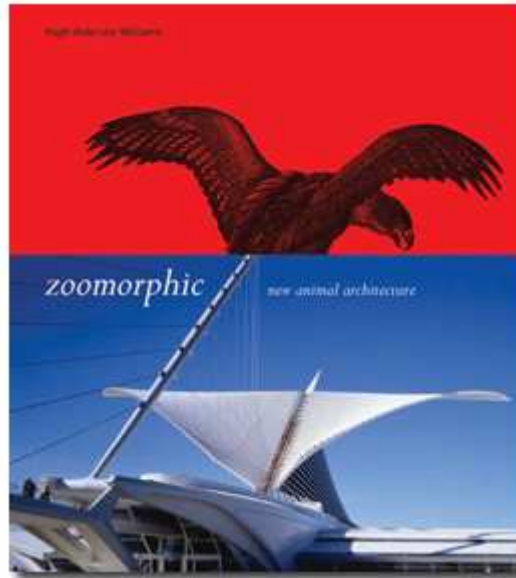
Zoomorfizme özellikle Antik Mısır medeniyetinde tanrıların hayvan biçiminde olmaları sebebiyle, heykeller ve resimlerde de rastlanmaktadır. Ayrıca Mısırlılar, yazıyı hayvan biçimindeki harflerden de oluşan alfabeleriyle, hiyeroglifi kullanarak yazmışlardır.

Therianthrope, Yunanca'da *therion*: vahşi hayvan ve *anthropos*: insan anlamına gelmektedir. Bu kavram, insanın metamorfoza uğrayarak hayvan şekline bürünmesidir ve birçok kültürde yer almaktadır. Antropomorfizmde görülen insan biçimindeki hayvanların tersine, hayvan biçimindeki insanları ya da tanrıları tarif etmektedir.



Şekil 2.26. Antik Mısır dönemine ait duvar resimleri, Horus ve hiyeroglif

Zoomorfizmin mimariye aksetmesi Hugh Aldersey-William'ın kitabında işlenmiş, bugüne kadar hayvan biçimlerinde ve mekanizmalarında inşa edilmiş bazı yapılar derlenmiştir (Aldersey-William, 2003).



Şekil 2.27. Hugh Aldersey-Williams'ın yazdığı "Zoomorphic – New Animal Architecture" isimli kitabın kapağı

Wisconsin’de Michigan Gölü kenarında bulunan Milwaukee Sanat Müzesi, 1957’de inşa edilmiş ve Eero Saarinen’in tasarlamış olduğu bir yapıdır (URL-9, 2008). 2001’de Santiago Calatrava’nın yapıya eklediği güneş kırıcı panellerin morfolojisi bir kuşun kanatlarını andırmaktadır (Şekil 2.27.). Hava şartlarına göre açılıp kapanan kanatlar (Şekil 2.28.) sayesinde yapı, belki de dünyanın en büyük zoomorfik binası olmuştur (Forbes, 2006). Binanın içi ise kaburga görünümünde taşıyıcılardan oluşmaktadır (Aldersey-Williams, 2003).



Şekil 2.28. Milwaukee Sanat Müzesi yapısının içine ve dışına ait görüntüler

Zoomorfik tasarımlara verilebilecek küçük ölçekli bir örnek ise kelebeği andıran otobüs durağıdır (Şekil 2.29.).



Şekil 2.29. Kelebek ve otobüs durağı

2.4.2.5. Antropomorfizm

Yunanca'da *antropos*: insan, *morphe*: biçim, şekil; antropomorfizm *insanbiçimcilik* anlamına gelmektedir. İnsan olmayan şeylere insana ait karakteristik özellikler yüklemek, insanmış gibi davranmak, arabaya isim takıp onunla canlı bir varlıkmiş gibi konuşmak, makineye çalışması için yalvarmak, insan şeklinde bir taş oyup ona tapınmak, mitolojik tanrılarda olduğu gibi, olmayan varlıkları resmetmek ve doğal olayları onların cevabı olarak görmek gibi davranışlar bu kavrama ait örneklerdir. Çizgi film karakterlerinden putlara kadar, insan olmayan fakat insansı özellikler yüklenen herşey antropomorfiktir.

Kara Şimşek, 1982-1986 yılları arasında ABD'de yayınlanan ve Türkiye dahil dünyanın birçok ülkesinde de popüler olmuş televizyon dizisidir. David Hasseloff'un başrolde oynadığı dizideki *KITT* ismiyle anılan araç¹⁸ (Şekil 2.30.), konuşan, kendi kararı ile hareket edebilen, dizide antropomorfik özellikleriyle lanse edilen bir arabaydı.



Şekil 2.30. Kara Şimşek dizisinin konuşan arabası KITT

¹⁸ Pontiac Trans Am

Antropomorfik olarak robotlar, androidler, actroidler, humanoidler, cyborglar insan olmayan fakat insansı özelliklerin yüklendiği bilimkurgu kahramanlarıdır. James Cameron tarafından yazılan ve yönetilen, ilk olarak 1984 yılında gösterime giren Terminatör (Şekil 2.31.), sinema dünyasının en ünlü antropomorfik karakteri sayılan cyborgu olmuştur.

Dördüncüsü çekilmekte olan Terminatör üçlemesinde Arnold Schwarzenegger'in canlandığı cyborg, programlanabilir askeri ünite olarak tanımlanmıştır ve dış görünümü tamamen insana benzetilmiştir. Gelecek savaşçıları genel hatlarıyla tasvir eden Terminatör, James Cameron'un kendi sözleriyle, *krom bir iskelete* sahiptir.

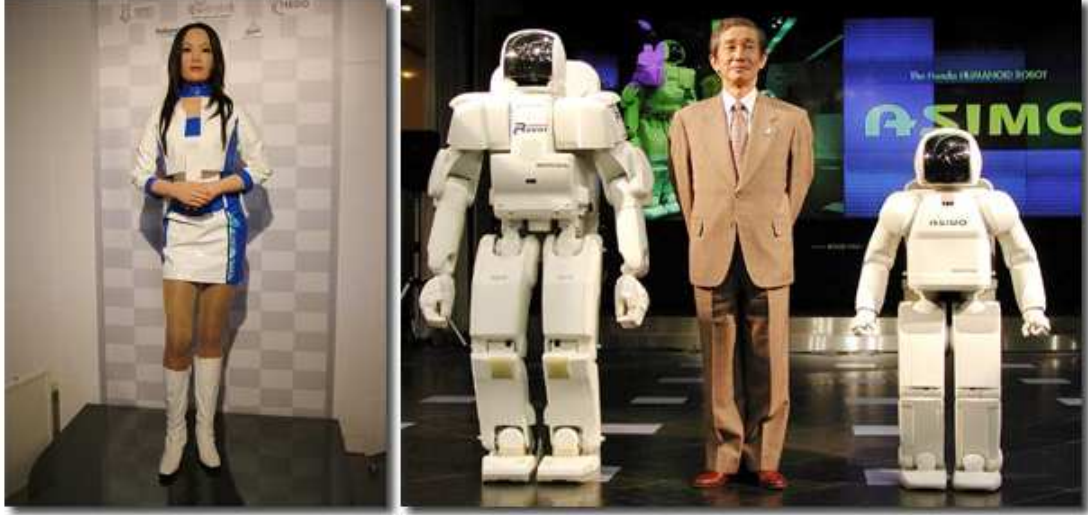


Şekil 2.31. Terminatör

20. yüzyılın sonlarına doğru gelişen sinema endüstrisi robot, cyborg, android gibi makineleri toplumlara tanıtmış ve bu kavramlar toplumların bilgisine sunulmuştur. Teknolojinin gelişimiyle bir süre sonra, insanların sinemadan tanıdıkları bu makineler gerçekleştirilmiş ve sergilenmiştir. İnsanoğlunun kendini taklit etmeye çalışması hayal olmaktan çıkmış, sinema perdelerinden fuar alanlarına taşınmıştır.

21.yüzyılda duyguları ve hareketleri programlanabilen, bu sayede konuşan, görünüşte nefes alan, soru cevaplayan, şekil olarak tamamen insana benzeyen androidler geliştirilmektedir. İnsan doğal bir varlık olduğuna göre, insana benzeyen ürünler de biyomimetik, biyomekanik ve biyonik açıdan değerlendirilmelidir. Örneğin, The Intelligent Robotics Lab'in, Osaka Üniversitesi'nden Prof. Hiroshi

Ishiguro'nun¹⁹ yönetiminde geliştirdiği ve üretilen ilk actroid²⁰ DER 01 (URL-10, 2008) , Honda'nın geliştirdiği humanoid robot Asimo (URL-11, 2008) ve üzerinde çalışılan birçok robotik ürün de bu değerlendirmelere dahildir (Şekil 2.32.).



Şekil 2.32. DER 01 ve Asimo

HUBO²¹, Kore Yüksek Bilim ve Teknoloji Enstitüsü tarafından geliştirilen, 6 Ocak 2005 yılında tanıtılan, üzerine insan başı monte edilmiş, yürüyen bir humanoid robottur (URL-12, 2008). Gövdesi, Kore Yüksek Bilim ve Teknoloji Enstitüsü, başı ise özellikle robot yüzleri imal eden Hanson Robotics tarafından tamamlanan Albert HUBO (Şekil 2.33.), Albert Einstein'ın yüzü örnek alınarak yapılmıştır. Boyu 1.37 cm, kilosu 57 olan robot, Windows XP işletim sistemiyle çalışmaktadır. Elastik polimer Frubber²² sayesinde başarılı bir insansı ifadeye ve mimiklere sahiptir.

¹⁹ Ayrıca Hiroshi Ishiguro, kendisinin aynı olan Geminoid (ikiz robot) ismini verdiği bir robot geliştirmiştir.

²⁰ Bilimkurgu robotları olan androidlerin aksine actroid; insan görünümünde olan, hareketleri insaninkine benzeyen, göz kırpan ve konuşan robotlara verilen isimdir. Ayrıca dişi görünümlü robotlara Fembot veya Gynoid denmektedir.

²¹ Model ismi KHR-3'tür.

²² Hanson Robotics'in robot yüzlerine gerçekçi bir ifade katabilmek için geliştirdiği malzeme.



Şekil 2.33. Albert Hubo

2.4.2.6. Streamline

Streamline; yuvarlak hatlı, yumuşak bitişli, tasarımda çoğunlukla su damlası biçiminde görülen bir uygulamadır. İlk olarak 20. yüzyılda taşıma teknolojilerinde²³, yüksek hızda ilerleyen araçlardaki aerodinamik ve hidrodinamik performansı arttırmak için kullanılmıştır. Ancak 1930'larda Streamline, formları fonksiyonel sebepler olmaksızın ev tipi ürünleri daha gösterişli ve kullanıcının ilgisini çekecek hale getirmek için uygulanmıştır (Fiell, 1999).

1929'daki "Büyük Bunalım" sonrasında ekonomik güçlerini yitiren üreticiler, yeni ürünler geliştirmek yerine, varolan ürünleri yeniden tasarlamaları ve Streamline'a uygun hale getirmeleri için tasarımcıları görevlendirmiştir. Streamline biçimlerinin uygulanmasına elverişli malzemeler ise bakalit ve termoset plastikler olmuştur.

Streamline'nın biyomimikri açısından önemi, aerodinami ve hidrodinaminin ürünlerde kullanılmasını desteklemiş bir uygulama olmasıdır. Su damlası gibi doğanın içinde yer alan bir formu tasarım yaklaşımı olarak ele almış ve kullanmıştır. Streamline 1950'lerde sonlanmış gibi görünse de aerodinamik ve hidrodinamik gelişimler yüzünden 21. yüzyılda halen gündemde olan bir yaklaşımdır (Şekil 2.34.).

²³ Gemicilik, havacılık ve otomotiv



Şekil 2.34. Streamline'a ait örnekler: Delage D8-120 S Pourtout Aéro Coupé (1937) ve Luigi Colani'nin Horch için tasarladığı araç (1996)

2.4.2.7. Art Nouveau

Art Nouveau, 1880'lerde ortaya çıkmış bir sanat tarzıdır. Değişik ülkelerde çeşitli isimlerle kendini gösteren bu yaklaşım, İngiltere'de bazen *Yeni Sanat* olarak da bilinen, *endüstrinin el becerilerini yok edeceği* kaygısını taşıyan *Arts & Crafts* akımından ilham almıştır. Art Nouveau, mimaride ve uygulamalı sanatlarda, özellikle de dekoratif sanatlarda, bitkiden esinlenilmiş motifler, yüksek seviyede stilize edilmiş, akışkan, eğri ve bitkisel formlar kullanmıştır. Bu akımın sanatçıları doğal formlar üzerine çalıştıklarından, doğal dünyayla ilgili bilimsel araştırmalarla yakından ilgilenmişlerdir. Özellikle Charles Darwin'in 1859 yılında basılan "*Türlerin Kökeni*" kitabındaki botanik ilüstrasyonlarından ve 19. yüzyıl sonlarında Karl Blossfeldt'in fotografik çiçek çalışmalarından ilham almışlardır (Fiell, 1999)



Şekil 2.35. Art Nouveau'ya ilham veren Karl Blossfeldt'in botanik fotoğraf çalışmaları

Bu tarzın Katalonya ve İspanya'daki en ünlü ve aktif temsilcisi Antoni Gaudi'dir. Şekil 2.36.'te görüldüğü gibi Gaudi'nin tasarladığı çay takımı da bu tasarım anlayışının izlerini belirgin şekilde taşımaktadır.



Şekil 2.36. Antoni Gaudi'nin tasarımı olan Casa Battlo ve çay takımı

Belçikalı mimar Victor Horta'nın öncülerinden olduğu Art Nouveau'nun ilk örneklerinden biri olan Hotel Tassel, sanatçının Brüksel'de inşa ettiği bir projedir. Hotel Tassel'de dal benzeri sütunlar kullanılmıştır (Şekil 2.37.). Otel, bir malzeme olarak demirin yalnızca yapısal değil, aynı zamanda dekoratif amaçla da kullanılabilmesini gösteren, dönemine göre yenilikçi bir çalışmadır.

Art Nouveau, endüstriyel üretimin gelişmesiyle yenilmiş ve yerini üretilebilir basit geometrik şekillere bırakmıştır.



Şekil 2.37. Victor Horta'nın tasarımı olan Hotel Tassel'den bir görünüş

Bu yaklaşım, mimaride ve ürün tasarımında, dekoratif amaçla da olsa bitkisel formlar kullanarak, bitkilerin yorumlanarak tasarımda kullanımına giriş niteliği taşımaktadır.

2.4.3. Biyomimikri ve İlişkili Kavramlar Arasındaki Farklılık

Doğayı temel alan, onun üzerine işlenen bazı tasarım yaklaşımları, akımlar ve bilim dalları biyomimikrinin zeminini oluşturmuştur ve onu beslemeye devam etmektedir. Ancak bunların hiçbiri tamamen biyomimikrinin amacını gütmemiş, fakat her biri biyomimikrinin faydalanacağı verilerin oluşmasına olanak tanımıştır.

Örneğin, biyomimikrinin esinlendiği ya da taklit ettiği konu doğada aynı şekilde yer almıyor olabilirken biyomimetik, doğadan taklit edilen fonksiyonu tasarımda aynı şekilde kullanmaktadır. Kısacası kavramlar arasındaki ilişki, biyomimikrinin diğerlerini kapsamasıdır. Biyomimikri hem doğadan esinlenip hem taklit ederken, biyomimetik sadece doğadaki herhangi bir fonksiyonu, biçimi, mekanizmayı veya organizmayı tamamen ya da kısmen taklit eder. Biyomekanik, mekanizmaları taklit ederken aynı görevi biyonik ürünler de üstlenmektedir.

Biyolojik esinli tasarım ve biyomimetik konularının dışında kalan konular ise biyomimikrinin uygulanabilirliğini kolaylaştıracak nitelikteki verileri, deneyimleri ve yöntemleri içermektedir.

2.5. Bölüm Sonucu

Bu bölümde yer alan konularla biyomimikri kavramının nasıl ortaya çıktığı ve literatüre kazandırılmadan önce hangi başlıklarda kendini gösterdiği irdelenmiştir. Doğayı bilimsel verileri kullanarak rehber almanın yolu kendini değişik şekillerde sanat alanlarında var etmiştir. Bu yöntemler insanoğlunun adım adım ilerlediği medeniyet seviyesini arttırmak amacıyla ürettiği tasarımlarda hayat bulmuştur.

Geçmişteki tasarımlar biyomimikri filtresinden geçirildiğinde başlangıçtan bu yana canlı ve cansız doğadan etkilenme gözlemlenebilir. Biyomimikri kavramının başlangıcına kadar bu tavır başka başlıklar adı altında (2.4.2.) sanat alanlarında uygulanmıştır.

Başta doğa bilimleri, özellikle biyoloji ve onun alt dalları bu tavrın daha bilinçli uygulanmasına fırsat vermiştir. Biyomekanik üzerine devam eden araştırmalara bitki biyomekaniği de eklenmiş ve canlıların mekanizmalarını taklit edebilme imkanı genişlenmiştir.

3. TASARIMDA BİYOMİMİKİRİ YÖNTEMLERİNİ KULLANIM

Her canlının kendine has, taklit edilebilir nitelikte özelliği olabilir. Doğadaki çeşitlilik ise bu özelliklerin farkedilmesini zorlaştırmakta ve karmaşık görünmesine sebep olmaktadır. Herhangi bir tasarımcının doğadan edinmeye çalıştığı yaratıcı fikre ulaşabilmesi için elindeki problemi iyice tanıması, tanımlaması ve çözümü arayacağı noktayı saptaması gerekmektedir. Doğada her türlü bilgi mevcut olmasına karşın, biyolojik çeşitlilik yüzünden problem ve çözümün eşleştirilmesi zor olabilir.

Janine Benyus (1997) ve Luigi Colani (URL-2, 2007), ayrı kaynaklara göre aynı düşünceyi dile getirmişlerdir. İkisi de *icattan daha önce öğrenilecek şeyin keşfetmek olduğunu* belirtmektedir.

Matematikte, problem çözümlerinde uygulanan formüllerin varlığı gibi, doğada da çözümlenmiş problemlerden elde edilen stratejiler bulunmaktadır. Her problem formülsüz çözümlenebilecek olsa da yöntemi bilmemek, doğru sonuca ulaşma isteği yüzünden vakit kaybına ve doğru görünen hatalara düşmeye sebep olabilmektedir. Bu durumda tasarımda da önceden çözümlenmiş problemlerin formülünü kullanmak, tasarımcıya avantaj sağlamaktadır.

Biyomimikri anlayışıyla çözüm arayan bir tasarımcının biyoloji konusunda enformasyonu olması elbette aradığı yolu bulmasını kolaylaştıracak bir avantajdır. Fakat biyoloji ile ilgili bir enformasyon alınmamışsa bile tasarımcı doğayı kendine örnek alabilir. Bu bölümde probleme doğadan gelen bir fikirle çözüm bulmanın sistematik yolu ve uygulanan yöntemlerle elde edilen örnekler anlatılacaktır.

3.1. Doğa Prensiplerinin Tasarımda Kullanımı

Bütün canlıların bağlı olduğu sistemler, yani doğanın genel özellikleri basit kurallarla dayanmaktadır. Doğanın, bütün sistemlerinde uyguladığı genel özellikler aşağıdaki gibidir (Benyus, 1997):

- Doğa devamlılığını güneş ışığıyla sağlar.
- Doğa yalnızca ihtiyaç duyduğu kadar enerji kullanır.
- Doğa formu fonksiyona uygun hale getirir.
- Doğa herşeyi geri dönüştürür.
- Doğa işbirliğini ödüllendirir.
- Doğa değişime eğilimlidir.
- Doğa yerel uzmanlığı talep eder.
- Doğa içindeki aşırılığa hakimdir.
- Doğa sınırların gücünü zorlar.

Doğa, bu prensiplere dayanan bir üretimcidir. İnsanın üretimine oranla muazzam bir fabrikayı düzenli bir şekilde işletmektedir. Her çeşit tasarımından, sayılması mümkün olmayan miktarlarda her an üretmektedir. Bitmeyen bir enerjiden güç alıp israftan kaçınmaktadır. Amacına uygun tasarımlar üretmekte, şartlar değiştiğinde tasarımını yeniden gözden geçirmekte ve değiştirmektedir. Atık niteliği taşıyan, kullanılmayan malzemeleri geri dönüştürerek yeniden kullanmaktadır. Minimum gider ve maksimum kazanç ile varlığını sürdürmeye devam etmektedir. Öncelikle örnek alınması ve taklit edilmesi gereken konu, bu temele dayanan bir sistemdir.

3.1.1. Doğa Bilgilerinin Tasarıma Dönüştürülmesi

Tasarım spirali (Şekil 3.1.), Carl Hastrich'in, biyomimikriyi anlama ve tasarıma uyarlama yöntemlerini daha anlaşılır hale getirebilmek için, Janine Benyus ve Dayna Baumeister'in savunduğu kavramları ele alarak hazırladığı bir şemadır (URL-13, 2008).

Mühendisler, mimarlar, tasarımcılar, yöneticiler, iş liderleri ve diğer mesleklerden yenilikçiler, biyomimikriyi tasarımlarına daha kalıcı çözümler getirmek için kullanabilmektedirler. “Yaşamın dehasına danışmak” olan biyomimikri sürecinin yöntemleri, tasarım spiralinde anlatılmıştır. Tasarım spirali, var olan problemi

biyolojize ederek ona çözüm bulmaya aday yenilikçiler için bir formül niteliğindedir. İlham almak için doğayı sorgulama ve sonrasında tasarımın bu yöntemlere göre doğanın tüm katmanlarında başarılı olup olmadığına dair sağlamasını yapma yöntemlerini de içermektedir.



Şekil 3.1. Carl Hastrich'in Biomimicry Institute için oluşturduğu Tasarım Spirali

Şekil 3.1.'deki aşamalar şu şekilde açıklanmıştır:

Belirleme

İnsan gereksinimlerini tanımlayan kısa bir model oluşturma:

- Çözümlemesi arzu edilen sorunu tanımlayan bir model oluşturma
- Temelde yatan sorunların özünü ve tasarım kriterlerini açığa çıkartmak amacıyla, modeli bölümlere ayırma
- Tasarımın yapmasının hedeflendiği fonksiyonu belirleme (Neyin tasarlanmak istendiği değil) Sorunun temeline kadar inebilmek için "neden?" sorusunu sorma
- Sorunun özelliklerini tanımlama
 - Hedef kitle: Sorunla kimler ilgili, çözüm kimleri ilgilendiriyor?

- Lokasyon: Sorun nerede, çözüm nerede uygulanacak?

Tercüme Etme

Konunun biyolojik açıdan ele alınması, tasarım sürecine doğa açısından yaklaşma:

- Tasarım fonksiyonunu doğada çözümlenmiş biçimleriyle karşılaştırma. “Doğa bu soruna nasıl yaklaşıyor?”, “Doğa böyle bir sorunu nasıl çözümler? Neyi yapmazdı?” sorularını sorma
- Ek bazı kelimeler kullanarak soruları tekrar tekrar sorma
- Çevre ve lokasyonu tanımlama
- İklim koşulları
 - Besin koşulları
 - Sosyal koşullar
 - Değişken koşullar

Gözlemleme

Benzer sorunları çözümlerken/yanıtlarken kişisel becerileri aşan, doğadaki şampiyonları araştırma:

- Sorulara yanıt oluşturan en iyi doğal yanıtları araştırma
- Metaforlarla düşünme
- En başarılı adaptasyonları düşünme, “kimin yaşamı buna bağlı?” sorusunu sorma
- Çözümlemeye çalışılan soruna benzer bir sorunla en çok karşılaşan, buna karşın soğukkanlılığını koruyabilen organizmayı belirleme, bulma, tanımlama
- Çevrenin aşırı uçlarına bakma
- Sözkonusu organizmanın ne şekilde yaklaşımlar ürettiğini detaylandırma
- Konuya hakim biyologlara danışma

Soyutlama

Doğada başarıya ulaşmış olan değişik modeller ve tekrarlamaların bulunması:

- Yaşam stratejilerinin taksonomisini oluşturma
- Üzerinde uğraşılan sorunla ilgili en başarılı taktikleri ve yapıları oluşturmayı başarmış olan organizmaların belirlenmesi

- Hazırlanan bu listeden yararlanarak, tekrarlayan başarılı çözümleri ve prensipleri soyutlama

Uygulama

Doğal modellerden temellenen düşünce ve çözümler geliştirme:

- Doğa öğretmenlerinin öğrettiklerinden kaynaklanan kavram ve çözümler üretme
- Kişisel tasarımlara bu fikirleri uygulamak için mümkün olan seçenekleri araştırma
 - Form taklidi
 - Morfolojik detayları bulma
 - Ölçeğin etkilerini anlama
 - Bir organizma için biçimin etkinliğini belirleyen unsurları göz önüne alma
 - Fonksiyon Taklidi
 - Biyolojik sürecin detaylarına hakim olma
 - Ölçeğin etkilerini anlama
 - Bir organizma için biçimin etkinliğini belirleyen unsurları göz önüne alma
 - Ekosistem Taklidi
 - Biyolojik sürecin detaylarına hakim olma
 - Ölçeğin etkilerini anlama
 - Bir organizma için biçimin etkinliğini belirleyen unsurları göz önüne alma

Değerlendirme

Görüşlerin “doğanın temel prensipleri”ne, doğanın başarılı olmuş olan prensiplerine uyup uymadığını karşılaştırma

- Tasarımı yaşamın ana prensipleri ile mukayese etme
- Yaşam prensipleri içinde uygun sorular oluşturma ve tasarımları bunlarla karşılaştırma
- Tasarımı geliştirmek için yeni yollar keşfetme, keşfetmek için yeni sorular sorma (Bundan sonraki sorular artık daha ileri gitmek ve iyileştirmek amaçlı olabilir.)

- Paketleme, üretim, pazarlama, nakliye
- Yeni ürünler - eklentiler, iyileştirmeler
- Ve diğerleri...

Saptama

Yaşamın prensiplerinden yola çıkarak tasarım sürecini ve sunumları geliştirip rafine etme

Doğa ufak geri bildirim çevrimleri kullanır, sürekli öğrenen, uyum sağlayan ve evrimleşen bir yapıdır. İnsanoğlu bu düşünceden yararlanabilir, tasarımlarını gözlem ve gelişmelere göre sürekli gözden geçirip evrimleştirebilir. Her seferinde yeni dersler çıkartıp, tasarım sürecinde bu dersleri kullanarak ilerleyebilir.

3.2. Biyomimikri Taksonomisi

Biyomimikri Enstitüsü'ne bağlı olarak kurulan bir internet sitesinde²⁴ (URL-14, 2008) oluşturulan biyomimikri taksonomisi, dünya üzerindeki canlılardan incelenmiş olanlarının bir kısmını biyomimikriyi baz alarak sınıflandırmıştır. Bu çalışmanın amacı, bir proje konusunun doğada nasıl, hangi yöntemle ve hangi canlılarla yapıldığının sorgulanabileceği bir veritabanının oluşturulmasıdır.

İnternet sitesinde bulunan arama barı, doğaya soru sormaya, hangi problemi nasıl çözdüğünü anlamaya ve neyi hangi yöntemle yaptığını öğrenmeye yardımcı olmaktadır. Biyologlar her geçen gün keşfedilen yeni canlı özelliklerini siteye eklemekte ve tasarımcı problemlerine rehberlik edecek verileri sınıflandırmaktadırlar.

Dünyada varolduğu bilinen ve incelenen tüm canlılar veri tabanında yer almasa da biyomimikri taksonomisi, tasarımcıya kısmen de olsa destek olabilecek bir danışman olmaktadır.

İnternet sitesinde bulunan arama barında “*how would nature...*” yani “*doğa nasıl yapardı...*” sorusuna eklenti olarak bir fiil yazılmakta, örneğin “*how would nature... fly*” yani “*doğa nasıl... uçardı*” şeklinde soru sorulmaktadır. Çıkan sonuçlar, sitenin bilgisi dahilinde, doğada hangi canlının nasıl, hangi yöntemle uçuş eylemini

²⁴ www.asknature.org

gerçekleştirdiğini göstermektedir. Aşağıda bununla ilgili bir örnek verilmiştir. Aranan eylem İngilizce’de “uçmak” olan “fly” kelimesidir.

Örnek soru: “*how would nature... fly*”²⁵

Strateji : Kanatlar yapışkan özellikli sıvılar içinde bile hareket edebilmeyi sağlıyor:

Peri sineği

Peri sineklerinin kanatları, sert bir yapıdan çok tüylü olması sebebiyle, yapışkan özellikli sıvılar içinde bile hareket kabiliyeti sağlıyor.

“Bunlar, yükselen sıcak hava akımlarında tamamen güneş enerjisiyle hareket eden görkemli bir filocuk gibiler. Bir de kurbağalama yüzer gibi hareket eden peri sinekleri var ve o kadar küçücük yaratıklar ki bir bahçenin havası bile onlara su kadar yoğun gelebiliyor. Şiddetli rüzgarda kanatlarıyla değil de bedenlerinden çıkan tüylü kürekçiklerle manevra yapabiliyorlar” (Bodanis 1992 : 119)

İlham Veren Organizma: *Mymaridae*

Biyolojik Esinli Ürünler ve Uygulama Fikirleri: Bu stratejiyle ilgili endüstriyel sektör(ler): *Transportasyon, izleme*

Uygulama fikirleri: *Koyu kıvamlı sıvılar ve gazlar içeren obje veya araçların hareketinde kullanışlı olabilir. Mikro hava araçlarında kullanılabilir.*

Referans: *Bodanis, D. 1992. The Secret Garden: Dawn to Dusk in the Astonishing Hidden World of the Garden. Simon & Schuster. s: 187*

²⁵ Doğa nasıl... uçar. (Bu sorudan ortaya çıkan arama sonuçlarından 8. sıradaki ele alınmıştır.)



Şekil 3.2. Myrmicidae – Peri sineği

3.3. Gözlemlenen Biyomimikri Şekilleri

Biyomimikri mikro ve makro ölçeklerde, doğada bulunan birçok organizmayı, sistemi taklit eder veya bunlardan ilham alarak; doğadan aldığı bilgiyi ihtiyacı, deneyimi, uygulanabilirliği ve sonuçlarını harmanlayarak kullanır. Her geçen gün bilim adamları yeni bir canlı türünün veya oluşumun varlığını keşfetmektedir. Dünyada varolmuş ve süregelen oluşumların tamamı halen bilinmemektedir. Bugüne kadar yaşamış ve yaşayan tüm doğal oluşumlar bu araştırmada çeşitlilik yüzünden listelenemeyeceğinden, biyomimikride kullanılmış taklit ve ilham yöntemlerini listelemekle yetinmek gerekmektedir.

Doğada görünen herhangi bir oluşumun ya da organizmanın bütünü ve detayları incelenerek tasarım sürecinde kullanılacak bilgiler çıkarılabilir. Bir organizma ele alındığında birçok açıdan taklit edilebilir özelliklere sahip bir bütün olarak görülebilir. Herhangi bir organizmanın bütünü, taklit edilebilecek ya da ilham kaynağı olabilecek şekilde aşağıda parçalara ayrılarak açıklanmıştır.

Eğer bir ürün aşağıdaki biyomimikri yöntemlerinden biçimsel ve fonksiyonel bir arada olursa ürün biyomimetik olarak tanımlanabilir.

3.3.1.Biyomekanik Açıdan Biyomimikri

Organizmaların hareketlerini ve anatomik özelliklerini inceleyen biyomekanik, bugüne kadar insan yapımı mekanizmalarda sıkça karşılaşılan bir biyomimikri şeklidir.

Şekil 3.3.'de amerikan aslanına ait kafatası ve tel zımba sökücü, morfolojik ve mekanik özellikleri görülmektedir. Aslanın diş - çene biçimi ve çene eklemi, tel zımba sökücüde görülenle aynı prensip üzerinedir. Aslanın alt ve üst çenesindeki ön dişlerinin, gerideki dişlere oranla sivriliği ve uzunluğu, aynı zamanda bu iki çenenin açılıp kapanmasını sağlayan eklem, tel zımba sökücüde olduğu gibidir. Tel zımba sökücü ise bir endüstri ürünü olduğundan olabildiğince yalınlaştırılmış ve üretimi kolay hale getirilmiştir.



Şekil 3.3. Amerikan aslanına ait kafatası ve tel zımba sökücü

Biyomekanik açısından biyomimikriye uygun diğer bir örnek BioPower Systems²⁶ isimli firmanın çalışmaları olacaktır.

²⁶ BioPower Systems, Sidney Avusturalya'da bulunan yenilenebilir enerji teknolojisi şirketidir. Dalga ve gelgit gücünü enerjiye dönüştürmek için sistemler geliştirmektedir. Şirket halen okyanus tabanlı pilot projeler üzerinde; ürünleri ve hizmetleri için piyasa imkanları hakkında ara vermeden çalışmaya devam etmektedir.

BioPower Systems firmasının okyanus gücünü enerjiye dönüştürme projesinde yer alan bioWAVE için, firmanın kendi sözleriyle şu şekilde açıklanmaktadır (URL-15, 2008):

“Teknolojilerimiz, 3,8 milyar yıldır doğanın laboratuvarlarındaki evrimsel gelişimden miras kalmıştır. Ortaya çıkan sistemler okyanusun gücü ile uyumlu bir şekilde hareket etmektedir. Tasarımı gereği sade olan bioWAVE ve bioSTREAM aygıtları, aktif olarak ihtiyaç karşılayabilecek ve şebekeye bağlanabilecek yenilenebilir enerji elde eden modüler sistemlerdir. Bu sistemler okyanus yüzeyinin altına yerleştirilecek, bu sayede görünmeyecek ve tasarımlarından ilham alınan canlı varlıklarla uyumlu olacaktır.

Dalga gücü sistemi bioWAVE deniz bitkilerinin okyanus dalgalarında salınım hareketine dayanır. Dalgalı akış alanı ile batmayan küreklerin, hidrodinamik etkileşimi, maksimum enerji elde etmek için tasarlanmıştır. Sistemler farklı bölgelerdeki koşullar için, 250kW, 500 kW ve 1000 kW’lık kapasitelerde geliştirilmektedir.”



Şekil 3.4. Deniz bitkileri ve bioWAVE

Firma, bioSTREAM için ise şunları belirtmiştir (URL-16, 2008):

“Gelgit gücünü enerjiye dönüştürme sistemi olan bioSTREAM, köpekbalığı, ton balığı ve uskumruda görülen “*tunniform*”²⁷ yüzüş stiline itme gücünü baz almıştır.

BioSTREAM bu varlıkların biçimlerini ve hareket özelliklerini taklit eder fakat yine de hareketli akıntıda içinde yer alan sabit bir aygıttır.

²⁷ Tunniform, bazı tür balıklarda görülen yüzme stildir. Canlı su içinde kıvrılarak ilerler.

Bu aygıt her yönde akıntı ile uyumlu olabilir ve ekstrem koşullarda aşırı yüklemekten korunmak için akışkan bir biçim baz alınarak tasarlanmıştır. Sistemler farklı bölgelerdeki koşullar için, 250kW, 500 kW ve 1000 kW'lık kapasitelerde geliştirilmektedir.”



Şekil 3.5. Köpekbalığı, ton balığı ve bioSTREAM

3.3.2. Biçimsel Biyomimikri

“Form fonksiyonu izler.” sözü doğadan ilham alınarak yapılmış tasarımlarda her zaman geçerli olmayabilir. Canlıdan birebir taklit edilmiş bir biçim, biçimin normalde yerine getirdiği işlev gibi hizmet vermek zorunda değildir. Doğadaki biçim, estetik amaçlı ya da başka bir fonksiyona hizmet edecek şekilde de tasarımda kullanılabilir.

Biçimsel biyomimikri bir üründe tek başına kullanılmışsa bu, ürünün bir canlıdan esinlenerek tasarlanmış olduğunu belirtir. Canlıdaki şeklin ürüne aktarılmış olması, o ürünün, o canlının mekanizmasına sahip olması gerektiğini göstermemektedir. Örneğin, bir uçak, köpek balığına veya kuşa benzer geometride olabilir fakat uçak, balık gibi kuyruğa bağlı kas gücünü kullanarak ya da kuş gibi kanat çırparak değil, havada motor yardımıyla ilerlemesi için tasarlanmıştır. Buna karşın uçağın kuş veya balığa benzemesinin sebebi, havada ilerlerken sürtünmeyi aza indirmek ve aerodinami elde etmek içindir.



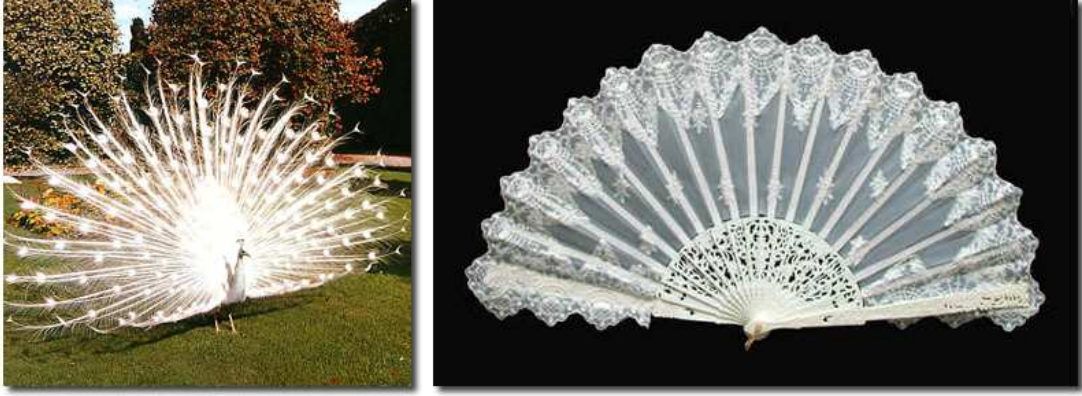
Şekil 3.6. Martı, Köpekbalığı ve uçak

Ipomea isimli sarmaşık türünün çiçeği, biçimsel biyomimikri için uygun bir örnektir. Gramofonun hoparlör işlevi gören kısmı, bu tip ses aletlerinde genel olarak ipomeanın çiçeğine benzemektedir. Bu dönemde, fonograf ve gramfon olarak anılan ses aletlerinin tasarımlarında hoparlör görevi gören kısım, genel olarak ipomeaya benzer çiçek biçimlerindedir. Çiçeğin doğadaki fonksiyonu ses vermek değildir. Hoparlörün tasarımında çiçekten bilinçli olarak esinlenilmemiş olunabilir. Fakat o dönemin imkanları, estetik anlayışı ve hoparlörün ses verişinde başarılı olacak biçim ipomeaya benzer bir çiçek biçimi olmuştur.



Şekil 3.7. *Ipomea* çiçeği ve gramfon başlığı

Yelpaze serinlemek için kullanılan bir üründür. Uçan kuşların kuyruğunda da görülen, tüyleri açma mekanizması tavuskuşunun kuyruğundaki biyomekaniğe benzemektedir ve biçimsel benzerlik görülmektedir. Burada da amaç değil, biçim ortaktır.



Şekil 3.8. Tavuskuşu ve yelpaze

3.3.3. Fonksiyonel Biyomimikri

Function (fonksiyon), Oxford İngilizce Sözlüğü'ne göre, bir insanın ya da şeyin amacını yerine getirmek için doğal olarak yaptığı eylemdir.

Tasarımda fonksiyon, bir ürünün üretilme sebebi olan ihtiyaca veya amaca hizmet etmesidir. Doğadaki birçok formun hangi fonksiyona hizmet ettiği ya da o fonksiyonun hangi formla mümkün olduğu halen araştırılmaktadır. Neredeyse tüm canlıların biçim, mekanizma ve sistemlerinin mevcut şekilde olmasının sebebi vardır.

Herhangi bir tehlikeye karşılık kabuğuna çekilen kaplumbağanın korunma yöntemi, sert kabuğunun içinde barınmaktır. İnsanda, en önemli organ olan beyin ise kafatasının korumasında olsa bile tehlikeli bölgeler olan inşaat sahalarında baretle korunmaktadır.



Şekil 3.9. Kaplumbağa ve baret

Asıl amacı yaşamsal ihtiyaçlarını karşılamak olan gaganın kargaya ait olanı, canlının alet yapmasına da imkan vermektedir. Karganın gagası bazı malzemeleri eğme, bükme işlemini yapabilmektedir. Oxford Üniversitesi, Davranışsal Ekoloji Araştırma Grubu'nun²⁸ incelediği bir karga türü²⁹, ince uzun bardağın içindeki yemeği çıkartmak için yanında gördüğü düz teli kanca haline getirmektedir (Şekil 3.10.). Kargaburun ise, karganın gagasıyla yaptığı gibi malzemelere şekil vermek için kullanılan bir el aletidir. Hem isim hem amaç ortaktır (URL-17, 2008).



Şekil 3.10. Karga gagası ve kargaburun, kartal gagası ve eğik uçlu kargaburun

3.3.4. Dokusal Biyomimikri

Bilimadamlarının canlıların detaylarını incelemeleri, malzeme bilimciler ve dolayısıyla tasarımcılara ilham verecek yeni bilgilere ulaşmalarına yardımcı olmaktadır. Elde edilen bilgiler ışığında keşfedilen yeni malzemelerle yenilikçi ve varolandan daha işlevsel tasarımlar yapılmaktadır. Birçok canlının cilt veya dış iskelet dokusundan yola çıkılarak problemlere çözümler bulunmuştur.

Örneğin köpek balığı üzerinde yapılan araştırmalara göre, bu canlının kas sisteminin su içindeki atikliği ve hızına yetemeyeceği gözlemlenmiştir. Hızın ve atikliğin

²⁸ Behavioural Ecology Research Group

²⁹ Yeni Kaledonya kargası

kaynağının kas sisteminde değil, cilt dokusunda olduğu ortaya çıktığında ise birçok firma bu özelliği taklit etmiş ve varolandan daha işlevsel ürünler elde etmiştir. Şekil 3.11.'de köpek balığının ilham verici cildinin 70 kez büyütülmüş görüntüsü bulunmaktadır. Bu mikrostrüktürden etkilenen mühendisler uçan ve yüzen araçlarda köpekbalığına ait bu özelliği uygulamaya çalışmaktadırlar.

Köpekbalığı cildine ait özellikler, kumaşlara uygulanmış ve Speedo'nun yüzücü mayolarında kullanılmıştır. "Fastskin" ismiyle yüzücülerin kullanımına sunulan mayolar sayesinde uzun zamandır kırılmayan yeni rekorlar kaydedilmiş ve insanın bu ürünle eskiye oranla daha hızlı yüzdüğü gözlemlenmiştir (URL-18, 2008).



Şekil 3.11. Köpekbalığı derisi ve Speedo Fastskin dokusu

Nelumbo, lotus olarak da anılan, nilüfer benzeri su bitkilerine verilen genel isimdir. Kendi kendini temizleyen bir yapıya sahip olan bitki, bazı doğu inanışlarına göre ruhsal temizliğin sembolüdür. Bu bitkinin bulunduğu her türlü ortamda temiz kalması, yapraklarının sahip olduğu dokudan kaynaklanmaktadır. Dokusu sayesinde şiddetli yağmurlara maruz kalmasına rağmen yaprakları kuru ve temiz kalmaktadır. Düşen yağmur damlacıkları, yaprağın üzerindeki kiri suyla birleştirip üzerinden akmasına olanak vermektedir.

Sto isimli Amerikan firması kendini, kaplama, mantolama ve restorasyon sistemlerinde öncü ve yenilikçi bir firma olarak nitelendirmektedir. Sto, Lotusan markalı, kendi kendini temizleyen boyayı lotus bitkisinden esinlenerek geliştirmiştir. Bitkinin dokusunda bulunan Janine Benyus'un deyişiyle *nano-dağlar*, boyanın maddesinde uygulanmış, boyanan yüzeyde kir tutmaması ile ünlenmiştir (URL-19, 2008).



Şekil 3.12. Nilüfer yaprağı ve Lotusan boyasının dokusu

Kavram Öncesinde Biyomimikri Uygulamaları (2.3) bölümünde bahsedilen Roma Ordusu'na ait zırhlardan sonra, 2000 yıldan fazla zaman geçmesine rağmen insanoğlunun zırhlarını tasarlarken hala doğaya baktığı görülmektedir.

Gelecekteki asker kıyafetlerinin bir balığın derisini taklit ederek geliştirildiğini anlatan, Stanford Üniversitesi Tasarım Araştırmaları Merkezi'nden Mark Cutkosky şunları dile getirmiştir (2008):

“Senegal bişiri³⁰, bugüne kadar bilinen en üstün doğal zırha sahiptir. Her ne kadar yapı malzemesi olan seramik benzeriyse de balığın çok katmanlı pulları darbe ile kırılmayıp ve hayvanın hareketlerini sınırlamayacak kadar da esnektir. MIT'deki³¹ çalışmalar sonunda, herhangi bir darbe nedeniyle oluşan çatlığın çevreye yayılmayıp lokal kaldığı gözlenmiştir. Ordu bilimciler, bu balığın derisini taklit ederek, delici darbelere karşı dayanıklı aynı zamanda hafif ve hareketi engellemeyen bir zırh yaratmanın peşindedir. Aslına bakılırsa yapmaya çalıştıkları şey, kurşun geçirmez bir T-shirt.

³⁰ Polypterus Senegalus

³¹ Massachusetts Institute of Technology

Senegal bışirinin pulları baz alınarak üretilecek olan ve bütün vücudu saran bir giysinin, birden fazla kurşun darbesine dayanıklı ve benzeri tek katmanlı giysilere oranla %20 daha hafif olacağı umuluyor. İdeal koruyucu bir giysi, hafif ve kurşundan şarapnele her türlü parça tesirli patlayıcıdan koruyan, kimyasal ve biyolojik silahları geçirmeyen bir yapıda olmalı. Bütün mesele bunların hepsini aynı anda yapabilecek bir giysiyi gerçekleştirmek.

Yaklaşımlardan biri, ki şu anda denenmekte olan da bu, kendi kendine oluşan bir yapı. Binlerce kimyasal reaksiyon sonucunda moleküllerin özenli bir şekilde belli bir form oluşturmak üzere bir araya geldikleri bir yapı. Tahmin edeceğimiz gibi bu çok güç ve şimdiye kadar hiç kimse balık pullarına benzer üç boyutlu karmaşık mikroskobik bir yapıyı kendi kendine oluşturmayı başaramadı.

Anafikir, moleküler kimyayı zırhı meydana getirecek olan malzemelerin özel bir biçimde bir araya toplanacağı şekilde manipule etmek. Pulların, kırıldığında 2 ay içerisinde kendini onarıyor olması, kendi kendini onaran bir zırhın da yolunu açacaktır.”



Şekil 3.13. Senegal bışiri derisi ve MIT'in askeri kıyafetinin dokusu

MIT, Askeri Nanoteknolojileri Enstitüsü'nden³² Prof. Christine Ortiz ise araştırmalarla ilgili şunları dile getirmektedir:

³² Institute of Soldier Nanotechnologies

“Zırhın özel kalınlığı ve farklı katmanların diziliş biçimi nedeniyle çatlaklar yerel kalmakta ve geniş alanlara yayılamamakta. Bu çok katmanlı tasarımı taklit ederek, balık derisi prensiplerine uygun bir giysi yapmak mümkün olabilecek.”

3.3.5. Renk Biyomimikrisi

İnsanoğlu, canlıların doğadaki renklerinin kullanım amaçlarını taklit eder. Bunun dışındaki renk kullanımları estetik amaçlı olup araştırma konusunun kapsamına girmemektedir.

Canlılar dikkat çekmek ve uyarmak için parlak renkleri kullanırken, kamuflaj için bulunduğu doğal ortamın ve bu ortamda yaşayan canlı türlerinin renklerini ve desenlerini kullanır. Zoolojide, dikkat çekmek ya da ikaz etmek için renklerin kullanımı aposematik olarak nitelendirilir. Kamuflaj ya da tesbit edilmekten kaçınmanın yöntemi ise kripsistir.

Aposematizm, *apo* uzak ve *semtic* anlam, gösterge manalarına gelmektedir. Bu doğada görülen bir uzaklaştırma yöntemidir (URL-20, 2008). Aposematizm, yırtıcı olmayan, av niteliği taşıyan hayvanların, potansiyel yırtıcı olan diğer hayvanları uzak tutmak için ikaz sinyalleri gönderebildikleri bir yöntemdir. Bu yöntemin en belirgin göstergesi çarpıcı renklerle sağlanan *uyarıcı renklenme*, hoş olmayan koku ve sestir. Bu, tozlaşmaya ihtiyaç duyan bir bitkinin böcekleri kendine çekmek için parlak renklerde olmasına benzer bir reklam, ilan etme yöntemidir. Aposematik sinyaller, yırtıcının ve avın potansiyel zarara uğramasına mani olur.

Canlılar bu renklenme yöntemini kullanarak dikkat çeker, ikazda bulunur. Bu yöntem, aposematik özellikleri olmaksızın kendini koruyamayan hayvanlara yaklaşılması halinde, yırtıcının bu canlılardan fayda değil, zarar görmesini öğrenebilmesinden dolayı birçok canlı tarafından kullanılan bir stratejidir. Hatta bazı canlılar, tehlikeli olmamalarına rağmen; örneğin zehirli bir aposematik canlının kılığını taklit ederek, kendini güvence altına almaya çalışır. Başka bir deyişle blöf yapar.

Uyarıcı ve dikkat çekici renklerin anlamları doğada bu şekilde görülmektedir. İnsan da günlük hayatında kullandığı ürünleri aynı şekilde renklendirmektedir. Dikkat çekmesi istenen veya ikaz niteliği taşıyan objeler genellikle sıcak ya da parlak renklerden oluşmaktadır.

Şekil 3.14.'deki zehirli kurbağaların parlak renkleri bu canlıların tehlikeli olduğuna işaret eder ve çevredeki canlılara ikaz edici bilgi gönderir. Kurbağa ortamda, ortama aykırı, hatta zıt renkleriyle dikkat çekmektedir. Günlük yaşamda kullanılan dikkat çekici ikaz renkleri genellikle kırmızı turuncu gibi sıcak ve dalga boyu yüksek renklerdir. Trafik aygıtları, yangın alarmları ve acil durum sinyali verecek birçok ürün bu sıcak renklerle boyanmıştır.



Şekil 3.14. Canlıların ve insanların ikaz için renk kullanımları

Doğadaki renk kullanımlarıyla ilgili olan başka bir konu ise kamuflajdır. Zoolojide “Crypsis” olarak bilinen kamuflaj, Webster İngilizce Sözlüğü’ne göre, Yunanca’da *kruptos* yani gizli, gizlenen anlamına gelmekte olup kamuflaj olabilen canlılara verilen genel isimdir. Bu canlılar farkedilmemek için üç şekilde kamuflaj olmaktadır. Ortam renklerine ve dokularına bürünenler (örneğin, yılan), çift renkli yaratılıp yırtıcı tarafından iki ayrı canlı olarak algılananlar (örneğin sincap), grup halinde hareket edip desenleri yüzünden tek tek algılanamayanlar (örneğin zebra sürüsü) doğada mevcuttur.

Canlılar vahşi doğada hayatta kalabilmek için korunma mekanizmaları geliştirmişlerdir. Korunma her zaman bir kavgadan sağ kurtulmak değil, bazen hiç farkedilmemektir. Bu yolla hayatta kalan canlılar genellikle vücutlarının dış

katmanının rengini, dokusunu değiştirebilirken, bazıları da yaşadıkları çevrenin renklerinde yaratılmışlardır.

Örneğin kutuplarda hakim renk, kar yüzünden beyazdır. Kutup tilkileri ya da başka bir deyişle beyaz tilkiler kutup tundrasında yaşamaktadırlar. Bu bölgelerde yılın 3/4'ünde kar hakimdir. Geriye kalan mevsimde kar erir ve bu sefer toprak renkleri, kahverengi tonları hakim olur. Kutup tilkileri kar mevsimlerinde bembeyaz tüylere sahiptirler. Ancak kar eriği zaman tilkilerin tüyleri hava sıcaklığının artması sebebiyle dökülür. Bu durumda tilki genellikle çevresine kürkünün rengiyle adapte olabilmektedir. Bu, kasıtlı bir kamuflaj değildir ancak buna doğal kamuflaj denebilir. Tilki ortam şartlarına göre bu özelliklerle yaratılmıştır.

Doęal hayatta, avın avcıdan korunabilmesi için ya da avcının avını yakalaması için kamuflajın doğal refleks olarak kullanıldığı bilinmektedir. İnsanlar 18. yüzyıla kadar savaşlarda kamuflajı kullanmamışlardır. Eski dönemlerde düzenli orduların elbiseleri rengarenk ve her grubun rengi farklı olmuştur. Bu durum, savaş cephesinde dūřman ve dostun anlaşılması için önemli bir unsur olarak görülmüştür. Buna ilave olarak, miğferlerine koydukları tüylerle, bedenlerini daha güçlü gösteren zırhlarla, parlak renkli aksesuar ve giysilerle fiziki güçlerini olduklarından daha fazla gösterme ve dūřmanı korkutma çabasında olmuşlardır. Fakat Sanayi Devrimi ile gelişen teknoloji ve silah endüstrisindeki ilerlemeler sonucu, gizlenmenin önemi ortaya çıkmıştır.

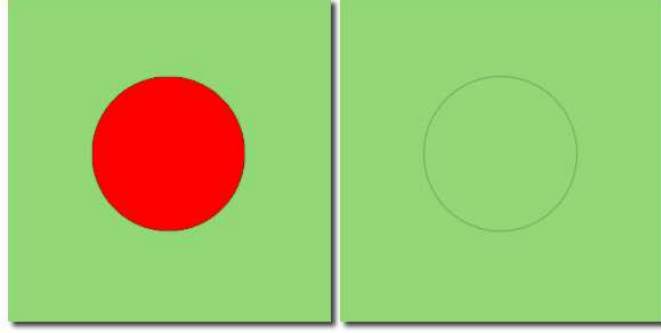
Örneęin şekil 3.15.'deki yılanın büründüğü görünüm prensibi askerin kamuflajıyla aynıdır. İki de dūřmanlarının kendilerini farketmemesi için içinde buldukları ortamın dokusuna ve rengine bürünmektedirler.



şekil 3.15. Canlıların ve insanların kamuflaj için renk kullanımları

Kısaca renk biyomimikrisi doğadan alınan bilgilerle iki şekilde insan hayatında yerini almıştır. Ortam şartlarında kendini göstermek, dikkat çekmek ya da uyarıcı unsur olarak renk kullanımı ve diğeri ise ortam renklerine tamamen uyumlu olup saklanmak, görünmemektir.

Renk biyomimikrisinin iki şeklinin karşılaştırması, basitçe Şekil 3.16.'daki gibidir.



Şekil 3.16. Aposematizm ve kripsis arasındaki fark

Günlük yaşamda birçok alanda kullanılan renk kodlamaları her zaman doğanın kullandığı ile aynı olmasa da renklerle anlatılmak istenen, cümleler kurmaksızın işlevini yerine getirmektedir. Günlük yaşamda, özellikle arayüzlerde karşılaşılan yeşil ve kırmızı, birbirine zıtlığıyla bilinen iki renktir. Kırmızı sıcak ve dalga boyu yüksek bir renk olup uyarı, olumsuzluk niteliği taşımaktadır. Yeşil ise onay, izin veya olumlu durum bilgisi vermektedir.

3.3.6. Canlı Yapımı Strüktürlerden ve Malzemelerden Esinlenme

Canlıların fiziksel oluşumları dışında taklit edilen başka özellikleri de mevcuttur. Bazılarının oluşturduğu strüktürler ve malzemeler de insanoğlu tarafından uygulanmaktadır.

Kuş yuvası, kuşların yumurtlamak, kuluçkaya yatmak ve yavrularına uçabilecekleri zamana kadar bakmak için yaşadıkları barınaklardır. Kuşlar barınmak için bazen ağaç kovuklarında ya da oyuklarda yaşarlar. Ancak genel olarak ağaç dalı, yaprak veya ot gibi organik malzemeler kullanarak ağaç dallarına yaptıkları barınaklar vardır ki, bunlar kuşların kendilerinin inşa ettiği strüktürlerdir.

Beijing Olimpiyat Stadı için düzenlenen proje yarışmasının birincisi, İsviçre'de bulunan Herzog & de Meuron isimli mimarlık firmasının 13 proje içinden seçilen tasarımıdır. Bu proje 24 Aralık 2003'de inşa edilmeye başlanmış ve 28 Haziran

2008’de açılışı yapılmıştır. 423 milyon dolara malolan stadin kapasitesi 80.000 kişidir ve dünyanın en büyük çelik strüktürü olarak tanımlanmaktadır (URL-21, 2008). Stadin kuş yuvasına biçimsel olarak benzemesinin yanısıra, kuşun yuvayı yaparken çalı çırpıyı birbirine kenetleyerek birbirini destekleyecek şekilde dizmesi gibi bu yapıda da bütün yapısal malzemeler birbirini desteklemektedir. Stadin her türlü yapısal elemanı birbirine bağlıdır ve sonradan eklenen yapısal parçalar yoktur. Stad, halk tarafından “Kuş Yuvası” diye anılmaktadır (URL-22, 2008).



Şekil 3.17. Kuş yuvası ve Beijing Olimpiyat Stadı

Termit Kuleleri ise termit kolonilerinin barınmak için inşa ettikleri tepeliklerdir. Termitler ölü bitkilerle beslendiklerinden kuleleri genellikle bu tip kalıntıların olduğu yerlere inşa ederler. Termitaria olarak da anılan kuleler, tropik iklimlerde besin maddesinin bolluğu yüzünden 9 metreye kadar ulaşırlar. Çoğu zaman 2-6 metre arasında oldukları gözlemlenir ve amorfik olup kubbemsi ya da konik biçimleri andırırlar. Her ne kadar şekilsiz olsalar da bölgede yaşayan türlerin kuleleri tipik değişiklikler göstermektedir ve birbirinden ayırt edilebilmektedirler.

Gözleri gelişmemiş ve dolayısıyla görmeyen hayvanlar olmalarına rağmen termitlerin şaşkıncu bir inşaat işçilikleri vardır. Ördükleri yüksek duvarlı yapıların havalandırma sistemleri kusursuzca işlemektedir. Bu devasa kulelerin sıcaklığı termitler tarafından gece 1°C, gündüz de 40°C olan hava şartlarında 30°C’de tutulmalıdır. Termitler bu sıcaklığı kulenin ağzını açıp kapatarak dengede tutmaktadırlar.

Isı yayımı sistemi ile hava, kulenin alt kısımlarına emilmekte, çamurlu duvarlar arasından aşağı inmekte ve bir baca içinden termit kulesinin en yüksek noktasına

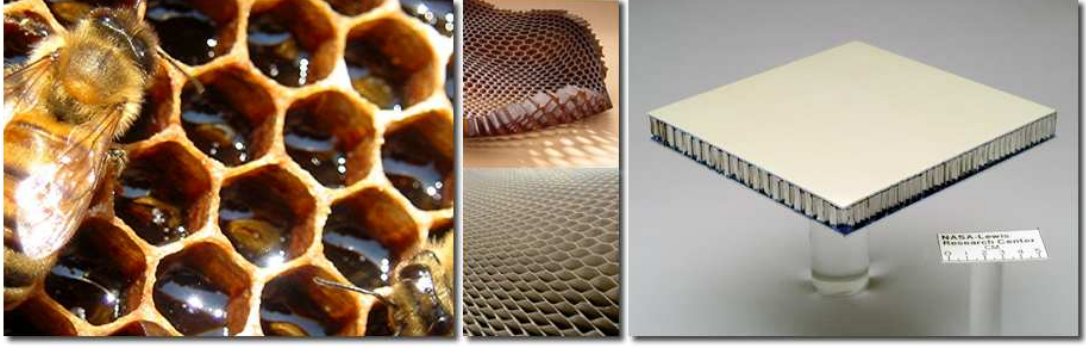
ulaşmaktadır. Termitler sıcaklığı ayarlamak için sırayla yeni ağızlar açmakta ve eskileri kapatmaktadırlar.

Zimbabve'nin Harare kentinde, mimarının çevreye duyarlı ve ekolojik ortama uygun bir adaptasyonu görülmektedir. Ülkenin en geniş alışveriş ve iş merkezi kompleksi olan Eastgate Centre, biyomimikri prensiplerine uygun bir mimariyi temsil etmektedir. Mick Pearce, tasarladığı projede geleneksel soğutma ve ısıtma sistemi olmaksızın, Afrika termitlerinin ilginç havalandırma sistemine sahip kulelerinden esinlenmiştir. Bu sayede Zimbabve'nin en büyük alışveriş ve iş merkezi olan Eastgate Centre'ın havalandırma problemi ortadan kalkmış ve pahalı enerji sarfiyatından kaçınılmıştır (Doan, 2007).



Şekil 3.18. Termit kuleleri ve Eastgate Centre

Canlıların yapılarına verilebilecek başka bir örnek ise bal petekleridir. Arıların inşa ettiği bal petekleri, doğadaki geometriyi gözler önüne sermektedir. Arının peteği yapmak için kendi bedeniyle ürettiği balmumu aynı zamanda insanların da sentetik olarak taklit ettiği bir malzemedir. Arılar bal peteğini, yumurtlamak, bal ve polen depolamak için yapmaktadırlar. Bal peteği, insanlar tarafından birçok malzemeyle kopyalanmış ve önemli uygulamaların malzemesi olarak kullanılmıştır. İki yüzey arasında bal peteği strüktüründen yapılmış malzemeler yerleştirilmiş, oldukça hafif, mukavemetli ürünlerin ve araçların yapımında kullanılmıştır.



Şekil 3.19. Arı yapımı ve insan yapımı bal peteği

Örümcek ipeği, doğal bir esnekliğe ve çelikten daha yüksek çekme mukavemetine sahiptir. Hafif, bükülebilir, yağmur, rüzgar ve güneşe dayanıklı bir süper sağlam elyaf olup, ameliyattan ordu zırhlarına kadar herşeyi değiştirecektir. Tahmin edileceği gibi pek çok biyoteknoloji firması hala bu malzemeyi taklit edebilmeye çalışmaktadır. Oxford Üniversitesi'nden zoolog David Knight, aynı zamanda Oxford Biomaterials adlı şirketi yönetmektedir. Örümceğin karnındaki malzemeyi üretip nihai solüsyonu elyaf olarak çekmeyi ve bununla yaraları tedavi edip yırtık tendonları ve hatta hasarlı sinirleri tedavi etmeye çalışmıştır (Cutkovsky, 2008).

David Knight, örümcek ipeğinin geniş bir kullanım alanına sahip olduğunu ve bu malzemeyi taklit etmeye çok yaklaştıklarını belirtmiştir.

Araştırmacılar örümcek tarzı ipek üretme amacıyla bakterileri genetik olarak değiştirmeyi başarmışlardır. Yine de asıl zor olan bir örümceğin bu proteinleri ağ örme sırasında nasıl harmanladığını taklit edecek başaracak bir cihaz yapmaktır.

Suni elyaf üretiminde kimyasal maddeler veya ısı kullanılarak polimer moleküllerinin füzyonu ile yapılmaktadır. Ama örümcek bu işi yüksek ısı veya toksik solventler olmaksızın başarmaktadır (Focus Magazine, 2008).



Şekil 3.20. Örümcek ağı ve örümcek ipeği³³

3.4. Biyomimikri Kavramını İçeren Tasarım Örnekleri

İnsanoğlu bugüne kadar çeşitli tasarımlar yapmış ve üretmiştir. En yakından tanıdığı canlı kendisi olduğundan, biyomimikriyi içeren tasarımları örneklemeye insan bedeninden başlanabilir.

Günlük hayatta neredeyse herkesin kullandığı mobil telefonlar ve bilgisayarlar, insanın *yakın mesafede olmaksızın iletişim kurmasını* mümkün kılmışlardır. Bugüne kadar geliştirilen tüm telefonların en ilkel hali, sadece ses transferini sağlamıştır. Bu durum mobil telefonun, bilgisayarın ve iletişimi kuran internet ve telefon şebekelerinin icat edilmesine kadar aynı kalmıştır. Fakat son zamanlarda geliştirilen makineler, göz, kulak, ses telleri ve hafızayı yapay hale getirip, uzaktaki kişiye yakın olmaya olanak tanımıştır.

Ses telleri hoparlör, kulaklar mikrofon, gözler kamera ve hafıza sanal bellek haline getirilmiştir. Uzuvarı yapay şekilde geliştirerek, ulaşılabilecek en uzak noktalarla iletişim kurmak mümkün olmuştur. İletişim organlarının taklidi bir yana, henüz aktif olarak kullanmaya başlamış olunmasa da yapay insanlar, yani robotları geliştirilmiştir. Yapay beden destekleyiciler, koldan ya da bacadan pek farklı olmayan protezler, hatta yapay iç organlar yaratılmıştır.

³³ Bu fotoğraf örümceğin ipeği ördüğü bir anda taramalı elektron mikroskopuyla çekilmiştir.



Şekil 3.21. Organlar ve ürünler

İnsan haricindeki birçok canlı da tasarıma ilham kaynağı olarak kullanılmış ve uçan bir objenin içinde bir kuş gibi seyahat edilmiştir. Balıklardan ilham alarak yapılan araçlarla bedeninin dayanamayacağı basınçlara inilmiştir. Bugüne kadar insan bedeninde bulunmayan uzuvları ve araçları tasarlayarak insan dışındaki canlıların yaptığı birçok eylem gerçekleştirilebilmiştir. Cilt yumuşak olduğundan vücudun hasar görmemesi için kabuklar tasarlanmış, bir yunus, ördek ya da foka oranla onlar kadar hızlı yüzemese de insan, onların kuyruk ve ayaklarını taklit ederek sudaki hızını arttırmıştır. Kuşların kanatlarını taklit edip uçmaya çalışmış, binek hayvanları kadar hızlı olamadığından, ulaşım araçları tasarlamıştır. İnsan, bedeninin izin verdiğinin fazlasına, çevreden edindiği bilgileri, aklını ve yaratıcı gücünü birleştirerek ulaşmıştır.

Aslında insan, geliştirdiği ürünlerin birçoğunu, daha geliştirmeden önce doğadaki haliyle uzun yıllar kullanmıştır. Örneğin, motosiklet ve otomobil gibi araçlardan önce, özellikle at ve köpeklerle ulaşımı sağlamış, traktör gibi tarım araçlarından önce, öküz ve inek yardımıyla tarlasını sürmüş, kuşlarla haberleşmiştir.

Doğa, tasarımlarını (canlıları) genel ve bölgesel şartları baz alarak biçimlendirmektedir. İnsanın tasarımlarını ise ihtiyaçlar, maddi olanaklar, teknoloji ve endüstri biçimlendirmektedir. Bu durumda, doğa insandan çok daha zengin bir üreticidir. Küçük bir böcek ve büyük bir uçak arasındaki tasarım farkları, bir yandan tartışmaya açık olup diğer yandan kıyas bile edilemeyebilir.

Bu bölümde doğanın ve insanın çözümleri karşılaştırılmıştır. İnsan, yaptığı her tasarımda doğayı örnek alma amacını gütmese de bazen farkında olmayarak onun

çözümlerine ulaşmış ve bunları uygulamıştır. Aşağıdaki bazı tasarımların doğadan ilham alınarak yapılıp yapılmadığı bilinmemektedir. Ancak, benzer özelliklere sahip olanlardan dikkat çekenler örneklendirilmiştir.

İngilizcesi *rake*, anlamı ise *bir araya toplamak, sıyırmak, kazımak* olan tırmık, toprağı işlemek, topraktan yabancı otları ve maddeleri ayıklamak gibi işlere yarayan bir zirai alettir. Gövdesinin ucunda yayılmış bir hat üzerinde dizilmiş dişler amaca uygun biçimdedir. Pençe ise, pek çok yırtıcı hayvanın sahip olduğu, keskin hatlı tırnakların yer aldığı ayaklara denir. Pençe ve tırmık morfolojik olarak birbirlerine benzemektedir.



Şekil 3.22. Ayı pençesi ve tırmık

Yengeç kolu mekanizmasında bulunan doğal menteşe ile endüstride üretilen yanyana geldiğinde, doğanın yüzeylerle özgürce oynayabildiği anlaşılmaktadır. Hangi açıdan bakılırsa bakılsın, sıradan küçük bir yengecin bu uzvu insan yapımı bir mekanizmadan çok daha üstün olduğunu sergilemektedir.



Şekil 3.23. Yengeç kolu ve menteşe

Monopalet ise yunus, balina gibi canlıların yassı ve geniş kuyruklarından esinlenilerek yapılmıştır. Kişi iki ayağına birden giydiği tek parça paletle yunus gibi kıvrılarak yüzer. Kollar ileri doğru uzanır, eller kenetlenir, baş kollar arasında kalır ve “dolphin kick”³⁴ denen yüzme tekniğiyle yüzücü suda ilerler. Hareket omuzlardan başlar ve yunusun kuyruk darbesi gibi bacaklardan kuvvet alınarak dalınır. Monopalet serbest dalış için oldukça uygun bir üründür.

Türkiye Sualtı Federasyonu, monopalet özellikleri ve kullanımını resmi internet sitesinde şu şekilde açıklamaktadır (URL-23, 2008):

“Tam Türkçe karşılığı ile 'tekpalet' sporu, malzeme açısından ayrıntılı fakat bir o kadar eğlenceli bir spor dalıdır. Spor, özel olarak fiberglastan imal edilmiş, geniş yüzeyli, tek parça bir palet ile yapılmaktadır. Sporcunun ayakları sabit kalır, yani birbirinden ayrılmaz. Diğer yüzme stillerinden çok farklı olan bu sporun teknik hareketi, bir yunusun suda süzülüşünü andırmaktadır. Paletli yüzmede, bu üstün hızından dolayı, denizlerin en hızlı yüzücüsü olan yunuslara benzetilmektedir.”



Şekil 3.24. Yunus kuyruğu ve monopalet

Kaz, ördek ve kuğular, perdeli ayaklarıyla suda oldukça hızlı ilerleyen canlılardır. İnsanın ayakları ve elleri yüzmeye bu familyalarda olduğu kadar elverişli değildir.

³⁴ Yunus tekmesi.

Bu yüzden insan sudaki hızını arttırmak amacıyla bu canlının ayaklarından ilham alıp kendi paletini yapmıştır. Örnekteki kaz ayağı ve paletin, aynı renk, biçim ve prensiplere sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 3.25. Kaz ayağı ve palet

Su içinde insana nazaran oldukça hızlı yüzen diğer bir canlı olan fok, ortadan yarık yüzgeçlere sahiptir. Nature's Wing, uçak kanatları ve yüzme paletlerini iyileştirme konusunda çalışmalarını sürdüren bir araştırma ve geliştirme firmasıdır. Paletle ilgili olarak Scuba Diving dergisinden Jon Hardy şunları aktarmıştır (1999) :

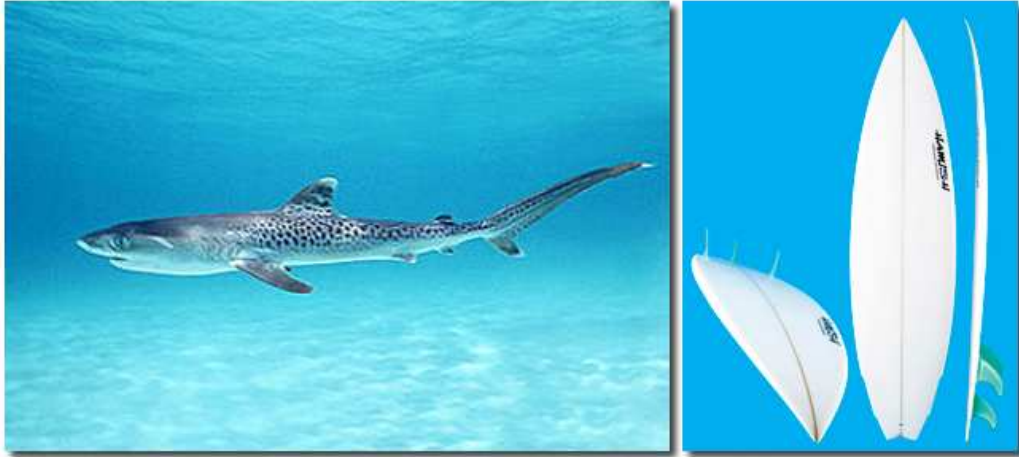
“Skuba dalış paletlerinin performans standartı yükseldi. Yıllar boyu, palet tasarımcıları düz yüzeyle paletlerle yüzerken sarfedilen eforu azaltabilmek için, özellikle suda hareket ederken yarattıkları türbulansı azaltmak konusunda, sıkı çalıştılar. Düz paletlere eklenen birçok yırtmaç, kanal, oluk, değişik materyaller, esnek parçalar ve oynar bölümler gitgide verimliliklerini arttırdı. Fakat bu değişikliklerin hiçbiri performans açısından umulduğu gibi bir yenilik sağlamadı.

Nature's Wing pervane (çark) teknolojisinin gelmesiyle, palet verimliliği çok büyük bir sıçrama yaptı. Apollo biyo-paletleri, Nature's Wing tarafından lisanslanan bu yeni kanatlı palet neslinin ilkleridir.”



Şekil 3.26. Fok ayağı ve kanatlı palet

Sörf tahtaları, su üzerinde kullanılan bir spor malzemesi olup, bazıları biçimsel olarak köpek balığını andırmaktadır. Yassılığine rağmen köpek balığına benzemesinin sebebi, tamamen suyun içinde yer almamasındandır. Akıntıya kapılıp, gidilen yönden çıkmamak için köpek balığının sırt yüzgecine sahiptirler fakat bu yüzgeçler (salmalar) suyla temas etmesi gerektiğinden köpek balığının aksine, sörf tahtasının altında yer almaktadır.



Şekil 3.27. Köpekbalığı ve sörf tahtası

Vatoz³⁵, Rajiformes familyasına ait bir canlıdır ve köpek balığının akrabasıdır. Bu yassı canlılar, yatay düzlemde suyu yararak süzülürler. Fakat baş kısmının iki yanındaki kenarlar sayesinde kanat çırpar gibi ilerlemektedirler. Delta kanat ise

³⁵ Raja Clavata.

herhangi bir hareket mekanizması olmaksızın Rajiformes ailesine ait yassı canlıların suda süzüldüğü gibi havada süzülen bir spor aracıdır (Şekil 3.29.).



Şekil 3.28. Vatoz ve delta kanat

Türkiye’yi 1960 ve 2007 yılları arasında dünya çapında temsil etmiş ve gelecek nesilleri yetiştirmekte olan milli binici Kemal Öncü at ve motor arasındaki benzerliği şu şekilde dile getirmektedir (2008):

“Tarih boyunca insanın birçok ihtiyacını karşılamış olan at, günümüzde kullanım şeklini mekanik bir araç olan motorsiklete bırakmıştır. Otomotiv endüstrisinin gelişimi sonucunda insan hayatındaki yeri azalmıştır. Son zamanlarda ulaşım, yük taşıma gibi işlevleri dışında daha çok binicilik, dresaj ve hipodrom koşuları gibi atlı sporlarda kullanılan atlar, anatomik yapısı itibarıyla motora benzemektedir. At gücünü arka ayaklarından almaktadır. Motorsikletin güç kaynağı da atta olduğu gibi arkada bulunmaktadır. Biniş şekli açısından da at motorla benzerlik göstermektedir. Dünya otomotivine vermiş olduğu güç tanımlaması, “horsepower” yani “beygir gücü” kullanımının sebebi ise atın canlılar arasında en işlevsel ve güçlü binek hayvanı olmasıdır.”



Şekil 3.29. At ve motorsiklet

Denizaltı, biçim, hacim, renk ve sualtındaki hareketi açısından mavi balinalarla benzer özellikler göstermektedir.



Şekil 3.30. Mavi balina ve denizaltı

Ahtapotun bacaklarında sıralanmış vantuzlar, günlük yaşamda karşılaşılan bazı eylemleri gerçekleştirebilen plastik vantuzlara benzemektedir.



Şekil 3.31. Ahtapot vantuzu ve plastik vantuz

Doğada, bitkiler arasında oluklu yapraklara sahip olanlar, yağmur suyunu bitkinin köküne yönlendirmektedir. Eternit isimli çatı malzemesi, oluklu yapraklar gibi yağmur suyunu yönlendirmekte gitmesi istenen yöne doğru akmasına olanak tanımaktadır.



Şekil 3.32. Oluklu yapraklar ve eternit

İngiliz Percy Shaw tarafından 1935 yılında kedigözü reflektörlerinin patenti alınmıştır. Okuma yazması olmayan Percy Shaw, kedi gözünün mekanizması üzerinde çalışmalar yapmış ve gözlerde “tapedum lucidum” adı verilen, çok az ışığı bile yansıtabilen hücrelerden oluşan tabakayı taklit etmiştir. Bu aparat zaman içinde Shaw’un da çalışmalarıyla iyileştirilmiş ve bugünkü halini almıştır. Birçok yaşamı güvence altına alan aparat, bugün tüm araba ve yollarda kullanılmaktadır (URL-24, 2008).



Şekil 3.33. Kedi gözü ile Catseye

Biyolojik esinli tasarıma bir diğer örnek ise kutu balığıdır. Kutubalığı, köşeli olmasına rağmen oldukça aerodinamiktir bir balıktır.

Biyonik üzerine çalışan birçok bilimadamını, biyologlar ve otomotiv endüstrisinin araştırmacılarını ortak bir noktaya sürükleyen ve bunun gibi interdisipliner alanda çalışan birçok bilimadamını etkileyen hayvanlar alemi Mercedes-Benz Teknoloji Merkezi ve DaimlerChrysler Araştırma için de ilham olmuştur.

Bilimadamlarının bitkiler ve hayvanlar üzerinde yaptıkları gözlemler onları sualtının derinliklerine kadar götürmüş ve karşısına beklenmedik bir ilham kaynağı çıkartmıştır. Bir yunus veya köpekbalığı kadar düzgün ve hızlı yüzemeyen ama çevikliği ile dikkat çeken bu balık türü mercan kayalıklarında, göletlerde ve tropikal denizlerdeki yosunlarda yaşamaktadırlar.

Kutubalığının doğal yaşama ortamı, bir arabanın tasarımında gözönüne alınması gereken ortamla ilgili otomotiv endüstrisinde çalışan araştırmacılara fikir vermiştir. Kutubalığı yaşadığı ortamda gücünü ve dayanıklılığını korumalı ve mümkün en düşük enerji kaybıyla hareket etmelidir. Bu da güçlü kaslar ve akma biçimli bir vücut yapısını gerektirecektir. Katı dış yüzeyleri yüksek basınca karşı dayanıklıdır ve çarpışmalarda gövdesini korumaktadır. Ayrıca sınırlı mekanlarda manevra kabiliyeti de yüksektir.

Açısal vücut şekli kutubalığının mükemmel bir yüzücü olmasına ve çevikliğine engel değildir. Milyonlarca yıllık evrimde kutubalığı doğa tarafından geliştirilmiş birçok icadın asıl örneğidir. Bu evrimin ana prensibi hiçbirşeyin boşa olmayışıdır. Vücudun

her parçasının bir amacı vardır ve gereksiz değildir.

Kutubalığının dış yüzeyi birçok altıgen kemiğimsi tabakadan meydana gelip katı bir zırh oluşturur. Bu katı zırhımsı dış yüzey hem balığı dışardan gelecek etkilere karşı korur, yaralanmasını önler, hem de mükemmel manevra kabiliyeti için ona gerekli özgürlüğü verir.

Otomotiv sektörüne uygulandığında kutubalığı, sağlamlık ve aerodinamik için ideal bir örnektir. Dikdörtgen biçimindeki anatomisi araba gövdesi ile örtüşmekte ve bu özellikleriyle kutubalığı otomotiv endüstrisinin gelişimi için bir model haline gelmiştir.

Mercedes-Benz Teknoloji Merkezi ve DaimlerChrysler Araştırma için çalışan mühendisler, ilk olarak aerodinamiği ele almış ve yaşayan bir modelden bir otomobile bu özelliklerin nasıl geçirilebileceğini araştırmışlardır. Kutubalığının akış biçimli gövdesi, aerodinamik için standart ideal form kabul edilen 'su damlası' kadar iyi bulunmuştur ve bu özelliğiyle nasıl bu kadar iyi bir yüzücü olduğu ve en az efor ile nasıl bu kadar iyi manevra yaptığı açıklık kazanmıştır. Bu aerodinamik potansiyeli kullanabilmek amacıyla mühendisler öncelikle 1:4 boyutunda kutubalığının şekline yakın model bir araba tasarlamışlardır. Kutubalığının dışyüzeyindeki gibi açısız bir yapıyı araba modeline uygulayarak otomotiv aerodinamiğindeki önemli prensiplere uymayan mühendisler şaşırtıcı sonuçlar elde etmiş ve ideal aerodinamik sonuçlara çok yaklaşmışlardır (URL-25, 2008).



Şekil 3.34. Kutubalığı ve Bionic Car

Albatros, Diomedidae familyasına ait bir deniz kuşu türüdür ve uçan kuşlar içinde en geniş olanıdır. Bu familyaya ait olan kuşlar genellikle güney okyanuslarında ve

kuzey pasifikte yaşamaktadır. Yumurtlama ve kuluçka zamanı karaya çıkan albatroslar, zamanlarını açık denizlerde avlanarak geçirirler ve bu sırada kanat çırpmadan süzülürler.

Morfolojisi, yaşam yeri ve şekline uygun olarak az enerjiyle uzun mesafeleri almasını sağlar. Büyük Albatroslar'ın kanat aralığı 340 santimetreyi bulmaktadır ve tüm kuşlar arasında en geniş kanat aralığına sahip türdür. Diğer kuş türlerinin kanat uzunlukları albatroslara göre oldukça kısadır. Kanatlar; kalın ve hava akımına uygun biçimli kenarlarla birlikte sert ve kavislidir (Pennycuick, 1982).

Malzemelerin geliştirilmesi ve çeşitlenmesi sayesinde eski planörlere nazaran aerodinamiği iyileştirilen yeni nesil planörler, havada süzülme konusunda ustalaşmış albatroslara biçimsel olarak oldukça yaklaşmıştır. Uzun, güçlü kanatlar ve aerodinamik bir gövde sayesinde uçuş daha verimli hale getirilmiştir.



Şekil 3.35. Albatros ve planör

Her ne kadar ejderhasineği helikopterle aynı uçuş mekanizmasını kullanmasa da gövde biçimleri benzeşmektedir. İkisinin de uçuş mekanizması gövdenin hizasındadır ve arka kısımları ince uzundur.



Şekil 3.36. Ejderhasineği ve helikopter

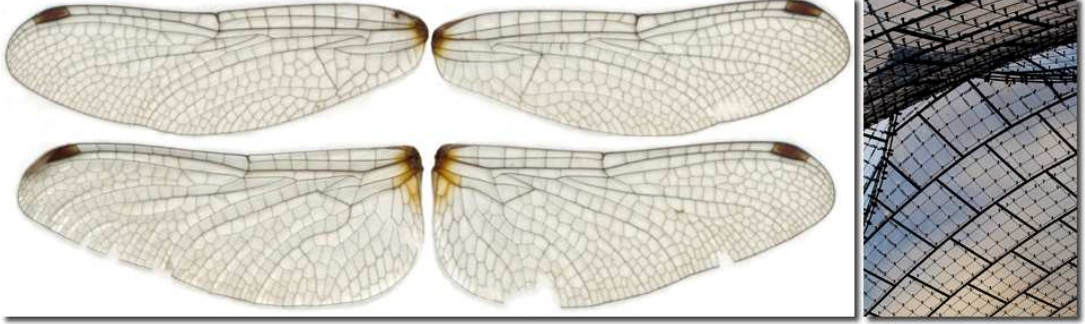
Sivrisineğin bacaklarındaki kıllar kanca şeklinde olduğundan velcro özelliği taşımaktadır. Böylece her türlü düzlemde yapışık durabilmektedirler. Suda yürüme yeteneği ise sivrisineği diğer hayvanlardan ayıran bir özelliktir. Süperhidrofobik³⁶ bacaklara sahip olduklarından sulu yüzeylerde durabilmektedirler. Su üzerinde durabilen iki tür bulunmaktadır. Gerridae familyasına ait Suda Koşan böceğinin bacakları vücut ağırlıklarının 15 katı kadar büyük bir güçle sudan itebilmektedir. Sivrisinekler ise deneylerde görüldüğü kadarıyla suda koşanı geçmektedir. Altı bacağından her biri vücut ağırlığının 23 katı kadar itici güç kullanabilmektedir. Bazı helikopterler de bu canlılar gibi suyun üzerinde durabilmektedir. Ancak kullanılan yöntem aynı değildir. Ortak özellikleri, ikisinin de su üzerinde durabilmeyi mümkün kılmasıdır (URL-26, 2008).



Şekil 3.37. Sivrisinek ve deniz helikopterleri

³⁶ Hidrofob, “hyrdo” su ve “phobos” korku manalarında olup molekülün sudan kaçınma özelliğidir.

Ejderhasineği geniş kanatlarının yırtılmaması ve uçarkenki hava akımına dayanabilmesini kanatlarındaki bölmelere borçludur. Oldukça ince kanatlar, Münih Olimpiyat Stadı'nın çatısındaki bölmelerle aynı formülü içermektedir.



Şekil 3.38. Ejderhasineği kanatları ve Münih Olimpiyat Stadı çatısı

Şekil 3.40.'da bir deniz kabuğunun bağlantı hattı görülmektedir. Bu noktadaki girinti ve çıkıntılar aynen bir yap-boz gibi birbirinin şeklini tamamlamaktadır. Birbirinin içine giren incecik dişler, fermuar mekanizmasının doğal halidir.



Şekil 3.39. Deniz kabuğunun bağlantı hattı ve fermuar

Irak'taki Malwiya Minaresinin yapısal özellikleri pek çok deniz kabuğunda görülen sarmallara benzemektedir.



Şekil 3.40. Deniz minaresi ve Malwiya minaresi

Squama (pul, kabuk), birçok hayvanda olduğu gibi bazı balıklarda da görülen, hayvanın cildinden çıkarak büyüyen, koruma sağlayan rijit bir tabakadır. Balık pulu, baştan kuyruğa doğru üstüste dizilen bir dış tabakadır. Pullar dizilimi bakımından balığın yüzerken harcadığı enerjiyi azaltır, suyun içindeki ilerleme yönüne uygundur. Şingil ise bir çatı kaplama malzemesidir. Değişik tabakalarda olduğu gibi balık pulu görünümünde olanları da vardır. Şingilin dizilimi balığın pulundaki gibi üstüstedir ve yağmur suyunun akışı yönünde olup çatının su almasına mani olur.



Şekil 3.41. Balık pulu ve şingil

“Powerbocking” yaylı uzun bacaklar yardımıyla koşma ve zıplama eylemidir. Bazıları için ekstrem spor, bazıları içinse artistik özellikleri olan bir egzersiz çeşididir. Powerbocking olarak bilinen, kısaca Bocking olarak da anılan spor, ismini

tasarımcısı olan Alman Alexander Böck'den almıştır. Kangurunun bacaklarından esinlenilerek üretilen Powerskip (URL-27, 2008), Powerbocking sporunun yapıldığı yaylı uzun bacaklardır, bu yüzden bazı kesimlerce “Kanguru Botları” olarak da anılırlar. Powerskip, kişinin ağırlık aralığına göre değişken özelliklere sahiptir. Bu spor malzemesiyle ortalama özelliklere sahip bir kişi 1 ya da 1,5 m yükseğe zıplayabilir ve saatte 32 km hız ile koşabilir (URL-28, 2008).



Şekil 3.42. Kanguru bacakları ve Powerskip spor aracı

Diatomların estetiğinden etkilendiğini belirten Ross Lovegrove Moroso Chair'e onların dokusundan edindiği etkiyi vermeye çalışmıştır (Lovegrove, 2005).



Şekil 3.43. Diatom ve Moroso Chair

Baklagiller familyasından olan birçok bitki gibi akasya ağacı da, tohumunu bir kılıf içinde saklamaktadır. Tohumun filizlenebilmesi için dalında kurumması gerektiğinden, kılıf tohum olgunlaşınca kadar ona ev sahipliği yapar, vakti geldiğinde ise serpmek üzere daldan kopar ve toprağa düşer. Kılıf, ortam şartlarının yardımıyla

zamanla çürür, dağılır ve tohumu açığa çıkartarak filizlenmesi için toprakla arasından çekilir. İnsan yapımı olan ambalajlarda, tohumlar gibi taneler de kılıflarda saklanmaktadır. Amaç aynı olmamakla beraber ambalaj prensibi benzer özellikler taşımaktadır.



Şekil 3.44. Akasya tohumu ve ilaç ambalajı

Yaşam-kullanım alanları farklı olsa da deniz anası ve paraşütün ortak yanı, su-hava akımı sebebiyle görülen biçimsel benzerliktir.



Şekil 3.45. Denizanası ve paraşüt

Stefano Giovanni'nin Alessi için tasarladığı şarj edilebilir el süpürgesi, karıncayıeni model almıştır. Ancak karıncayıenin ağzı, süpürgenin sapıdır (URL-29, 2008).



Şekil 3.46. Karıncayıyen ve şarjlı el süpürgesi

Mantar ve masa lambasının biçimsel benzerliği dışında ortak bir yanı yoktur. Mantarda da olduğu gibi, masa lambasında bir ayağa ve bir başlığa ihtiyacı vardır (URL-29, 2008).



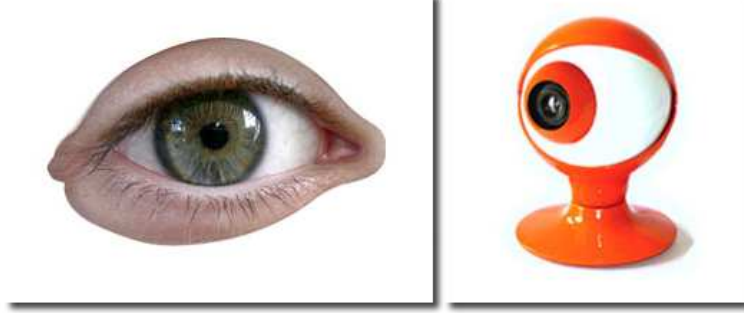
Şekil 3.47. Mantar ve masa lambası

Power Squid, Santa Cruz Kaliforniya'daki Flexity isimli Amerikan şirketinin ürettiği bir kablodur. Tek güç kaynağından elde edilen enerjiyi beşe bölerek beş farklı aygta dağıtabilmektedir (URL-30, 2008).



Şekil 3.48. Kalamar ve Power Squid

Göz ve kamera aynı prensiple çalışır. Göz görüntüyü algılar ve beyne gönderir, kamera ise algıladığını harddiske aktarır. Aynı görevi yapan bu ikiliden kameranın göz biçiminde olması işlevine atıfta bulunmaktadır.



Şekil 3.49. Göz ve kamera

Catharanthus Roseus, halk diliyle “pervane çiçeği”, ardarda dizilmiş, biri diğerinin altına gelen yapraklarıyla bilinen bir bitki türüdür. Danimarkalı tasarımcılar Peter Hvidt ve Olga Molgaard-Nielsen 1950’lerde, bu çiçeğe benzerliği dikkat çeken, altı parçadan oluşan kahve masasını tasarlamışlardır (URL-31, 2008).



Şekil 3.50. Catharanthus Roseus ve kahve masası

Thirsty Light, çiçeğin bulunduğu saksıya yerleştirilen ve saksıdaki su bittiğinde kullanıcıyı ikaz eden bir üründür. Ürünün kabuk tasarımı, biçimi ve rengi ile ağaca benzetilerek, botanikle ilişkili olduğu mesajını vermiş, çiçekseverlerin kullanımına sunulmuştur (URL-32, 2008).



Şekil 3.51. Ağaç ve Thirsty Light

Acil durumlar için açık alanda sağ kalma kozası olan “Emergency Outdoor Survival Cocoon” John Moriarty tarafından tasarlanmış bir ürün olsa da fikrin gerçek sahibi doğadır. İlham, kelebeklerin kozasından gelmektedir (URL-33, 2008).



Şekil 3.52. Kelebek kozası ve acil durumlar için tasarlanmış ürün

Hollanda’da üretilen kaplumbağa kabuğu biçimindeki kablo düzenleyiciler, kabloları korumaya ve idare etmeye doğadan bir çözüm getirmiştir (URL-34, 2008).



Şekil 3.53. Kaplumbağa kabuğu ve kablo kutusu

Bitkilerin bir kısmında suyun yüzeyle teması engellenir. Bunu gözlemlemiş olan malzemebilimciler, bu özellik üzerinde çalışmışlar ve suyu emmeyen kumaşlar üreterek başarılı sonuçlar almışlardır.



Şekil 3.54. Çiçek ve kumaş yüzeyleri

3.5. Bölüm Sonucu

3. bölümde doğaya ait genel prensipler listelenmiş, tasarım sürecine nasıl aktarılacağı irdelenmiş ve tasarımcının bu bilgilere hangi yollarla ulaşacağı belirtilmiştir. Ardından araştırma konusunun temeli olan biyomimikrinin tasarımda uygulanma yöntemleri bazı belirgin örneklerle gözlemlenmiş ve açıklanmıştır.

Bu araştırmanın amacı, tasarım dünyasında yeni bir terim olan biyomimikriyi tasarımcıyla tanıştırmaktır. Doğanın organizmalarını nasıl ürettiği ve geliştirdiği ise aslen biyolojinin konusu olup tasarım alanıyla birleştirilerek biyomimikri başlığının açılımı niteliğinde irdelenebilir.

4. SONUÇ

“İcat etmek” (to invent), Oxford İngilizce Sözlüğü’ne göre, “yeni bir yöntem ya da düzen tasarlama, yaratma”dır. “İcat” (invention) 4. tanımına göre ise, “yaratım gücü”dür. İcat, daha önce bilinmeyen ve bulunmayan özdek, aygıt veya sürecin bilinen veriler kullanılarak, yeni bir düzenle, insan çabası ile geliştirilmesidir. İcatlar, insan beyninin yüksek yaratım gücü sayesinde, bazen ihtiyaçtan, bazen bir işi daha verimli yapma isteği yüzünden, bazen de rastlantısal biçimde ortaya çıkmaktadır. Yaratım gücü, tasarım sürecinde yoğun olarak kullanılmaktadır fakat bu yoğunluğa rağmen tasarımlar arasında icat sayısı çok azdır. Buna göre, insan var olmayan birşeyi düşünebilir. Ancak icatların zaman ve yaşamış insan sayısına oranla azlığı, bunun zorlu bir süreç olduğunu desteklemektedir.

İcat edilen bir ürün, ilk halinden itibaren tasarımla yörgularak geliştirilmeye başlanır. Böylece mucit, yeni ürüne ait yeni bir kavram, yeni bir sektör, yeni bir ihtiyaç giderici yaratmış sayılabilir. Şekil 2.4.’teki dikiş iğnesinde olduğu gibi, bazı icatlar vardır ki bunların yeniden tasarlanmasına gerek duyulmamakta, yalnızca malzeme bazında değişime uğrayıp halen ilk biçiminde kullanılmaktadırlar.

“Keşif” kelimesinin Oxford İngilizce Sözlüğü’ne göre tanımı ise, “araştırma sırasında ya da beklenmedik şekilde ilk defa bulunan”dır. Keşif, daha önceden varolan fakat bilinmeyen birşeyin öğrenilmesidir. Bu durumda diğer bir tasarım sürecinin sonucu keşif olabilir.

“Yenilik” ise yine Oxford İngilizce Sözlüğü’ne göre, “bir ürün ya da fikrin yeni metodu”dur.

İcat, keşif ve yenilik kavramlarına göre; gözlem ve deneyin getirisi olarak, icat ya da keşifle ortaya çıkarılan yeni bilgilerin birikimi, fikirlerin hayat bulması sonucu elde edilen ürünler, yaratıcı güce katkıda bulunmakta ve onu beslemektedir. Kısaca doğayı görme gücü olan *keşif*, yaratım gücü olan *icat etme* ile birleşerek *yeniliklerin*

doğmasına imkan vermektedir. İnsanın çevresine adapte olabilmesine yardımcı olan tasarım, şartlara bağlı olarak ihtiyaçların değişmesiyle gelişerek bu yeniliklerin ortaya çıkışına sebep olmaktadır.

Her yenilikle beslenen yaratıcı güç, yeni bir tasarımın ham maddesi olup bir sonraki yeniliğin de ilk adımıdır. Nesiller boyunca yaşamış tüm tasarımcıların bir sonraki nesle aktardığı, miras olarak bıraktığı gözlemler, deneyimler ve bilgiler; bir duvarın tuğlaları gibi üstüste binerek yükselmektedir. Her yenilik bir sonrakine bilgi aktarmakta ve tasarımlar gitgide iyileşmektedir.

Biyomimikri bugüne kadar her çağda uygulanmış fakat ancak 21. yüzyılın başlarında bu tasarım yaklaşımının adı konmuştur. İnsanoğlu bazen kasıtlı olarak doğaya akıl danışmış, bazen de ona içgüdüsel olarak yönelmiştir. Sonu biyomimikride buluşan her türlü tasarımın yapılışı bilinçli olmamakla birlikte insan, eninde sonunda doğanın ondan daha iyi bir tasarımcı olduğunu görmüştür.

İlk tasarımcılar, içinde buldukları çevrede yaşamın nasıl devam ettiğini gözlemlemiş ve bu ortama ayak uydurmaya çalışmışlardır. Çevrelerini saran doğa, onlara görsel ve düşünsel anlamda fırsatlar sunmuştur. İçgüdüsel olarak hayatta kalma savaşı veren, zorlu doğa şartlarında yaşamını sürdüren bir insan ele alınacak olursa, bu kişinin en basit sebep olarak varlığını devam ettirmek için tasarım yaptığı görülecektir. Tasarımcı, çevresinde gördüklerini, zihnindeki süzgeçten geçirip ihtiyacını karşılayacak ürünü imgelemiş ve üretmeye başlamıştır. İlkel bir canlı olarak insan medeniyete adımını ihtiyaçlarını karşılamayla atmıştır. Medeniyet, sürekli artan ve değişen ihtiyaçlarla halen gelişmeye devam etmekte, insanoğlu kendini daha ileriye taşıırken yeni ihtiyaç alanları üretmektedir.

İhtiyacı karşılamak ya da sorunu çözmek amacıyla başlanan bir tasarımı olabildiğince doğru yapabilmek için önceden deneyimlenen bilgiler ve içgüdüler kullanılır. Doğa ise bunu yaşamın varolduğu andan beri deneyimlemektedir. Tasarıma başlamadan, daha önce benzer durumlarda üretilmiş çözümler araştırılır. Diğer tasarımcıların deneyimleri göz önünde bulundurulur ve onların yaptığı hataların tekrar edilmemesine özen gösterilir. Böylelikle tasarım ya tamamen değişir ve yeni bir noktadan başlanır ya da önceki tasarımcının projesindeki hatalar giderilir veya önceki tasarımcının hatalarına yenileri eklenir. Tasarım bir bilimdir ve onun da sistematik olarak çalışılması gerekmektedir. Sürecine girildiğinde tasarımla ilgili

yerinde tespitler yapılmadığı ve doğru yerden başlanmadığı takdirde hatalara açık olmak kaçınılmazdır. İhtiyacın ya da sorunun kaynağında yatan bilge ise doğa ve onun deneyimleridir. Başarılı görülen birçok tasarımcı ve sanatçının söylemleri de bu yöndedir.

Buraya kadar bahsi geçen konulardan elde edilecek anlam, biyomimikrinin tek ve en doğru tasarım şekli olması değildir. İnsanoğlu yaptığı tüm tasarımlarda doğaya danışmamış ve yine de varolan problemlerine çözüm getirmiştir. Kendi kendine elde ettiği çözümler zaman zaman doğanın çözümlerinden daha ileride olmuş ya da onunla aynı noktada birleşmiştir. Elbette biyomimikri tasarım sürecini kolaylaştırmakta ve verimli hale getirmektedir. Tasarımın fonksiyonel olması dışında, tasarım sürecinin de fonksiyonel olması gerekmektedir ve biyomimikri bu durumu destekleyen bir alandır.

Tasarımcıya biyomimikri kavramını tanıtmak ve kazandırmak; bakış açısını genişletmek, süreci verimli hale getirmek adına faydalı olacak, çevresinde gördüklerini her zamankinden değişik bir biçimde değerlendirmesine fırsat verecektir. Gördüğü bir örümceğin sadece bir örümcek olmadığını, aynı zamanda bir malzeme üreticisi ve tasarımcı olduğunu anlamasına yardımcı olacaktır. Biyomimikri esas olarak, doğaya başka bir gözle bakmanın ve onu anlamının öneminden bahsetmektedir.

Doğanın tasarımları, deneyimleri sonucu evrim geçirmiştir. Dünya değiştiğinden ihtiyaçlar ve çözümler de değişmektedir. Onun tasarımlarının geçersiz detayları doğal seçimle yok edilmiş ve yerine, döneme uygun, iyileştirilmiş detaylar eklenmiştir. Aynen insanın tasarımlarında olduğu gibi o döneme cevap vermeyen ve artık fonksiyonunu tam olarak yerine getirmeyenlerin işlevsiz olarak algılanmaması, başarısız tasarımların ve detayların görmezden gelinmemesi gerekmektedir. Başarısız olanlar bütün halinde hatalı olarak görülmemelidir. Bütünün yok olma sebebi bir detayının hatasından ya da çevre şartlarının değişmesinden kaynaklanabilir. Hatanın kendisinden de kaynağı dışında kalanlardan da öğrenilecek bilgiler halen mevcuttur. Bu durumda sadece yaşanılan dönem içindeki organizmalardan değil fosillerden de elde edilebilecek bilgilerin varlığı kabul edilmelidir.

Biyomimikri, tasarım alanında denenmiş ve olumlu sonuçlar alınmış bir yöntemdir. Yeni sayılabilecek kadar kısa bir geçmişi olan ve artık bir tasarım yaklaşımından

çok, bilim olarak görülen biyomimikrinin her çeşit tasarım eğitiminde, özellikle de günlük kullanıma yönelik bir program içeren ürün tasarımı eğitimlerinde desteklenmesinin önemli faydaları olacaktır.

Doğaya yeniden bakmak ve onun çözümlerini görebilmek, özellikle tasarımcılar adına çok değerli bir yetenektir ve bu değer işlenerek yaygınlaştırılması gerekmektedir. Tasarımın, bu bilinçle yapılması, insanı olduğu yerden daha ileriye taşıyacak ve problemleriyle başa çıkabileceği yeni bir çağa adım atmasına öncülük edecektir.

KAYNAKLAR:

Aldersey – Williams, H., 2003. *Zoomorphic New Animal Architecture*. Harper Collins Publishers, London.

Bangert, A., 2004. Colani 50 Years of Designing the Future.
<http://www.thamesandhudson.com/books/Colani/9780500342046.mxs/20/0/> 31 Aralık 2008

Bar-Cohen, Y., 2006. *Biomimetics - Biologically Inspired Technologies*. Taylor & Francis Group, New York.

Bellis, M., 2008. The History of Clothing
<http://inventors.about.com/od/cstartinventions/a/clothing.htm> 19 Aralık 2008

Benyus, J. M., 1997. *Biomimicry Innovation Inspired by Nature*. Harper Perennial, New York.

Brown, D., 2006. For 1st Woman With Bionic Arm, a New Life Is Within Reach.
<http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2006/09/13/AR2006091302271.html> 14 Eylül 2006

Cutkosky, M. R., 2008. Back to Nature, BBC Focus Magazine, 196, 61-65.

Doan, A., 2007. Green Building in Zimbabwe Modeled After Termite Mounds.
<http://www.inhabitat.com/2007/12/10/building-modelled-on-termites-eastgate-centre-in-zimbabwe/> 13 Aralık 2008

Dunn, C., 2007. Solar Tree: New Street Lighting from Ross Lovegrove
http://www.treehugger.com/files/2007/09/solar_tree_new.php 30 Eylül 2007

Edwards, A. R., 2005. The Sustainability Revolution *Portrait of a Paradigm Shift*.
New Society Publishers, Gabriola Island, Canada.

Fiell, C. and P., 1999. Design of the 20th Century. Taschen Köln.

Fiell, C. and P., 2006. Industrial Design A-Z. Taschen, Köln.

Focus, 2008. MegaPixel, BBC Focus Magazine, 195, 36-37.

Forbes, P., 2006. The Gecko's Foot *Bio-inspiration: Engineering New Materials from Nature* W.W. Norton & Company, Inc., London.

Hardy, J., 1999. Finning to the Next Millennium, Scuba Diving, Mart 1999, 72 -79

Hastrich, C., 2008. About the Guild.
http://www.biomimicryguild.com/guild_about_us.html Biomimicry Guild, 18 Aralık 2008

Johanson, D., Edgar B., 1996. From Lucy to Language, Simon & Schuster Editions, New York.

Jones, T. and Benson, M., 2002. The Complete Idiot's Guide to NASA, Alpha Books, New York.

Laurenza, D., 2005. Leonardo'nun Makineleri. Pegasus Yayıncılık, İstanbul.

Lovegrove, R., 2005. The power and beauty of organic design.
[http://www.ted.com/index.php/talks/ross_lovegrove_shares_organic_d
esigns.html](http://www.ted.com/index.php/talks/ross_lovegrove_shares_organic_designs.html) Şubat 2005

Lovegrove, R., 2007. <http://www.colani.ch/glasses.pdf>

Öncü, K., 2008. Kişisel görüşme.

Pennykuick, C. J., 1982. The Flight of Petrels and Albatrosses (Procellariiformes),
observed in South Georgia and its vicinity. *Philosophical
Transactions of the Royal Society of London*, 300, 75–106.

URL-1, www.colani.ch 1 Mayıs 2008

URL-2, <http://www.colani.ch/glasses.pdf> 19 Kasım 2007

URL-3, <http://www.aldokkan.com/art/hieroglyphics.htm> Egyptian Writing. 7
Kasım 2008

URL-4,
[http://www.press.uchicago.edu/presssite/metadata/epl?mode=synopsis
&bookkey=57775](http://www.press.uchicago.edu/presssite/metadata/epl?mode=synopsis&bookkey=57775) Plant Biomechanics. 29 Kasım 2008

URL-5, <http://www.velcro.com/> Velcro. 18 Ekim 2008

URL-6, <http://www.bionicedolphin.com/cms/> Bionic Dolphin 23 Haziran 2008

URL-7, <http://www.cyberdyne.jp/english/robotsuithal/index.html> What is
HAL? 24 Aralık 2008

URL-8, <http://www.sciencedaily.com/releases/2008/02/080218172439.htm>
Gecko-inspired Dissolving Bandage Has Nanoscale Hills And Valleys
19 Şubat 2008

URL-9, <http://www.mam.org/info/details/quadracci.php> Museum info 26
Aralık 2008

URL-10, <http://en.wikipedia.org/wiki/Android> Android 20 Aralık 2008

URL-11, <http://asimo.honda.com/AsimoHistory.aspx> Asimo - The World's
Most Advanced Humanoid Robot. 21 Aralık 2008

URL-12, <http://en.wikipedia.org/wiki/HUBO> HUBO 27 Aralık 2008

URL-13, <http://www.biomimicryinstitute.org/about-us/biomimicry-a-tool-for-innovation.html> Biomimicry: A Tool for Innovation 8 Ekim 2008

URL-14, <http://www.asknature.org/aof/browse#menuPopup> 3 Eylül 2008

URL-15, <http://www.biopowersystems.com/technologies.php> 12 Ekim 2008

URL-16, <http://www.biopowersystems.com/biostream.php> 12 Ekim 2008

URL-17, <http://users.ox.ac.uk/~kgroup/tools/introduction.shtml> 30 Ekim 2008

URL-18,
http://www.speedo.com/webapp/wcs/stores/servlet/FSCContent_10151_10202_-1_/_/content/explorespeedo/aqualab/fastskinsii.jsp 14 Aralık
2008

URL-19, <http://www.stocorp.com/allweb.nsf/lotusanpage> 20 Ağustos 2008

- URL-20, <http://en.wikipedia.org/wiki/Aposematism> 22 Aralık 2008
- URL-21, http://en.wikipedia.org/wiki/Beijing_National_Stadium 17 Aralık 2008
- URL-22, <http://www.beijingbirdnest.com/> 21 Aralık 2008
- URL-23, <http://www.tssf.gov.tr/Default.aspx?lang=TR&page=7&type=content>
Paletli Yüzme. 11 Kasım 2008
- URL-24,
<http://www.halifaxcourier.co.uk/CustomPages/CustomPage.aspx?PageID=39556> The day Percy saw the light!. 17 Kasım 2008
- URL-25, <http://www.daimler.com/dccom/0,,0-5-7154-1-503504-1-0-0-503518-0-0-8-10736-0-0-0-0-0-0-0,00.html> The Mercedes-Benz Bionic Car as a Concept Vehicle. 16 Aralık 2008
- URL-26, <http://www.sciencedaily.com/releases/2007/07/070716133557.htm>
Miraculous Mosquito Legs. 9 Aralık 2008
- URL-27, www.powerskip.de Power Skip. 4 Aralık 2008
- URL-28, <http://en.wikipedia.org/wiki/Poweriser> Powerbocking. 3 Aralık 2008
- URL-29, <http://www.nextnature.net/?p=1705> 10 Biomimic Gadgets. 10 Ağustos 2008
- URL-30, <http://www.powersquid.com/> Power Squid. 18 Ağustos 2008

URL-31, http://www.1stdibs.com/furniture_item_detail.php?id=164289 Six Part Coffee Vintage Table. 15 Ağustos 2008

URL-32, <http://www.thirstylight.com> Thirsty Light. 19 Ağustos 2008

URL-33, <http://www.treehousebydesign.com/blog/2007/09/cocoon-emergency-survival-treehouse.html> Emergency Outdoor Survival Cocoon. 20 Ağustos 2008

URL-34, <http://cableorganizer.com/cable-turtle/index-tab.html> Turtle Cable Organizer. 20 Ağustos 2008

Superbat Belgeseli, National Geographic Channel, 16 Şubat 2008

ÖZGEÇMİŞ

- İsim Soyisim : Irmak KUDAY
- Doğum Yılı ve Yeri : 02.05.1980 / İstanbul
- İlköğrenim : Kuşadası Mahmut Esat Bozkurt İlkokulu
- Ortaöğrenim : Kuşadası Çakabey Ortaokulu
- Liseöğrenim : Kuşadası Şehit Kaya Aldoğan Lisesi – Süper Lise Yabancı Dil Bölümü
- Lisans : Yeditepe Üniversitesi Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü
- Öğrenim Sonrası : 2004 Öztiryakiler Madeni Eşya Sanayi ve Tic. A.Ş.
2006 İglo Mimarlık Proje, İnşaat San. Tic. Ltd. Şti.
2007 Oruç Isıgöllü Mobilya - Dekorasyon Tasarım Ltd. Şti.
2007 R&B Mimarlık - Dekorasyon Ltd. Şti.