

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMI KAPSAMINDA BİYOMİMETİK  
TASARIMIN YERİ VE METODOLOJİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hanife Yıldız**

**Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalı**

**Endüstri Ürünleri Tasarımı Programı**

**OCAK 2012**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMI KAPSAMINDA BİYOMİMETİK  
TASARIMIN YERİ VE METODOLOJİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hanife Yıldız  
(502101907)**

**Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalı**

**Endüstri Ürünleri Tasarımı Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Seçil Şatır**

**23 OCAK 2012**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502101907 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Hanife YILDIZ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMI KAPSAMINDA BİYOMİMETİK TASARIMIN YERİ VE METODOLOJİSİ”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Prof. Dr. Seçil ŞATIR** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Prof.Dr. Orhan KÜÇÜKER** .....  
İstanbul Üniversitesi

**Y. Doç. Dr. Çiğdem KAYA** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Teslim Tarihi :** **19 Aralık 2011**  
**Savunma Tarihi :** **23 Ocak 2012**



## ÖNSÖZ

Bu çalışmayı hazırlamamda çok büyük emeği olan, geniş bakış açısı, tecrübesi ve özverisiyle çalışmaya çok şey katan, çok değerli hocam, tez danışmanım Prof. Dr. Seçil ŞATIR'a sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım. Tez jüri üyelerimden Prof. Dr. Orhan KÜÇÜKER ve Y. Doç. Dr. Çiğdem KAYA'ya son derece olumlu yaklaşımları, yapıcı eleştirileri ve aktardığı bilgilerden dolayı teşekkür eder saygılarımı sunarım. Ayrıca tasarım bilgi birikiminde büyük emeği olan, her yönüyle örnek aldığım, kısa bir süre önce kaybettiğimiz değerli hocam, tasarımcı, ressam ve yazar Kağan Güner'e teşekkür eder, saygı, sevgi ve özlemle anarım.

Tez çalışmam boyunca, mesleki seçimimde ve her zaman yanımda olan, maddi manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, hayallerimi gerçekleştirmem için beni her koşulda motive eden ilk öğretmenim ve babam Murat YILDIZ'a, annem Sebahat YILDIZ'a ve abim Cem Polat YILDIZ'a sonsuz sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım. Tecrübesini bana aktaran, eleştirileriyle beni motive eden, eğitimimde emeği olan abim Y. Müh. Can YILDIZ'a en içten teşekkür ve sevgilerimi sunarım.

Tez çalışmanın her aşamasında motivasyonumu yüksek tutan, yeteneği ve tasarım bakış açısıyla çalışmalarına büyük katkısı olan arkadaşım, Y. İç Mimar Amir Peyravi'ye, en derin teşekkür ve sevgilerimi sunarım.

Değerli zamanını ayırıp biyomimikri konusunda beni bilgilendiren Biyomimikri Enstitüsü eğitmenlerinden Zeynep Arhon'a, çalışmalarını ve bilgi birikimini benimle paylaşan, görüşme gerçekleştirdiğim Özlem Şorlu'ya, uygulama çalışmasını gerçekleştiren Biçim Arama Yöntemleri sınıfı öğrencilerine ve tez çalışmam boyunca beni destekleyen tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ocak 2012

Hanife Yıldız  
(Endüstri Ürünleri Tasarımcısı)





## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
SUMMARY .....	xv
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Tezin Amacı .....	3
1.2 Araştırma Metodu .....	3
<b>2. BİYOLOJİ VE TASARIM İLİŞKİLİ KAVRAMLAR .....</b>	<b>5</b>
2.1 Biyomimetik.....	5
2.2 Biyonik .....	10
2.3 Biyomekanik .....	11
2.4 Biyomimikri .....	12
2.5 Biyotasarım .....	13
2.6 Organik Tasarım.....	15
<b>3. BİYOMİMETİK TASARIM ÖRNEKLERİ .....</b>	<b>19</b>
3.1 Malzeme Yönünden Doğayı Taklit Eden Tasarımlar .....	19
3.2 Strüktür Yönünden Doğayı Taklit eden Tasarımlar .....	24
3.2.1 Yapısal strüktür .....	25
3.2.1.1 İşlevin yapıyı oluşturduğu strüktürler yapısalı.....	26
3.2.1.2 Biçimin yapıyı oluşturduğu strüktürler yapısalı.....	30
3.2.2 Dokusal Strüktürler .....	34
3.3 Biyomimetik Tasarım Örneklerinin Değerlendirilmesi .....	40
<b>4. ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMINDA DOĞADAN ESİNLENME YÖNTEMLERİ VE BOYUTLARI .....</b>	<b>41</b>
4.1 Doğadaki Yapıların Tasarım bilinci ile Tipik özellikleri .....	42
4.1.1 Fibonacci serisi ve altın oran .....	42
4.1.2 Fraktal geometri .....	46
4.2 Soyutlama Yöntemi İle Doğadan Esinlenme .....	47
4.3 Doğaya Öykünme.....	48
4.4 Doğaya Benzetme .....	50
4.5 Biyomimetik Tasarlama- Doğanın Tekniğini Değerlendirme .....	52
4.5.1 Biyomimetik tasarım metotları .....	53
<b>5. BİYOMİMİKRI VE BİYOMİMETİK TASARIMLARIN UZMAN BAKIŞ AÇISI VE ENDÜSTRİYEL TASARIM TEMELİNDE SORGULANMASI.....</b>	<b>61</b>
5.1 Prof. Dr. Orhan Küçükler ile Görüşme Değerlendirmesi.....	61
5.2 Özlem Sorlu ile Görüşme Değerlendirmesi .....	63
5.3 Zeynep Arhon ile Görüşme Değerlendirmesi .....	64
5.4 Günümüz Endüstri Ürünleri Tasarımcılarının Biyomimetik Tasarıma Bakışı	65
5.4.1 Anket çalışması kapsamı.....	65

5.4.2 Anket örneği.....	66
5.4.3 Anket sonuçları ve değerlendirilmesi.....	67
5.5 Endüstri Ürünleri Tasarımı Kapsamında Biyomimetik Tasarımın Uygulanışı	78
5.5.1 Biyomimetik tasarım çalışması .....	78
5.5.2 Biyomimetik tasarım çalışması süreci.....	79
<b>6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>91</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>97</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>102</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>123</b>

## ÇİZELGE LİSTESİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 5.1 : Anketin 2. Sorusuna verilen cevaplar.....	71
Çizelge 5.2 : Anketin 5. Sorusuna verilen cevaplar.....	74
Çizelge 5.3 : Anketin 10. Sorusuna verilen cevaplar.....	78
Çizelge 5.4 : Anketin 11. Sorusuna verilen cevaplar.....	79



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1 : Kristal Saray. ....	7
Şekil 2.2 : <i>Victoria amazonica</i> (nilüfer bitkisi). ....	7
Şekil 2.3 : Eyfel Kulesi. ....	8
Şekil 2.4 : Uyluk Kemiği. ....	8
Şekil 2.5 : Luigi Collani tasarımı çay servis takımı. ....	14
Şekil 2.6 : Lovegrove tasarımı merdiven. ....	15
Şekil 2.7 : Lovegrove su şişesi tasarımı. ....	16
Şekil 2.8 : Lovegrove ‘Go’ sandalyesi. ....	16
Şekil 3.1 : Lotus etkisi ve nilüfer yaprağı. ....	20
Şekil 3.2 : Penguen gözü. ....	21
Şekil 3.3 : Turuncu renkli gözlük. ....	21
Şekil 3.4 : İnsan derisi-kask örneği. ....	22
Şekil 3.5 : Kaskın çarpışma etkisi. ....	22
Şekil 3.6 : Güve gözü-ekran teknolojisi. ....	23
Şekil 3.7 : Morfo kelebeği- Strüktürel renk. ....	24
Şekil 3.8 : da Vinci helikopter tasarımı. ....	26
Şekil 3.9 : Uçan makina ve mekanik kanatlar. ....	27
Şekil 3.10 : Eastgate merkezi-karınca yuvası. ....	27
Şekil 3.11 : Termit yuvası havalandırma sistemi. ....	28
Şekil 3.12 : Fotosentez yapan araç. ....	29
Şekil 3.13 : Tesbih böceği- katlanabilme. ....	29
Şekil 3.14 : Yalıçapkınıkuşu ve hız treni. ....	30
Şekil 3.15 : Kutu balığı-Mercedes Benz otomobili. ....	31
Şekil 3.16 : Balina yüzgeci- rüzgar türbini. ....	32
Şekil 3.17 : Okaliptus çiçeği-sokak lambası. ....	33
Şekil 3.18 : Enerji verimli fan. ....	34
Şekil 3.19 : Köpek balığı derisindeki doku. ....	35
Şekil 3.20 : Ağaç kurbağası. ....	36
Şekil 3.21 : Geko kertenkelesi ayağı. ....	36
Şekil 3.22 : Pıtrak otu meyvesi. ....	37
Şekil 3.23 : Cırt cırt. ....	38
Şekil 3.24 : Kedi dili- diş fırçası. ....	38
Şekil 3.25 : Çam kozalağı. ....	38
Şekil 4.1 : Ayçiçeği. ....	43
Şekil 4.2 : Vitruvius adamı. ....	43
Şekil 4.3 : Parthenon Tapınağı. ....	44
Şekil 4.4 : CN Tower. ....	44
Şekil 4.5 : Altın oran gösterimi. ....	45
Şekil 4.6 : İpod altın oran ilişkisi. ....	45
Şekil 4.7 : Fraktal özellik gösteren ağaç dalları. ....	46
Şekil 4.8 : Fraktal özellik gösteren brokoli bitkisi. ....	46

Şekil 4.9 : Interface modüler halı tasarımı.....	49
Şekil 4.10 : Orman zeminindeki renk ve doku. ....	49
Şekil 4.11 : <i>Spirographis Spallanzani</i> ve koltuk örneği. ....	51
Şekil 4.12 : Pangolin ve lamba örneği. ....	51
Şekil 4.13 : Biyolojiden tasarıma.....	54
Şekil 4.14 : Biyolojiye sorma. ....	55
Şekil 5.1 : Anket 1. Soru grafiği. ....	70
Şekil 5.2 : Anket 2. Soru grafiği. ....	71
Şekil 5.3 : Anket 3. Soru grafiği. ....	73
Şekil 5.4 : Anket 4. Soru grafiği. ....	73
Şekil 5.5 : Anket 5. Soru grafiği. ....	74
Şekil 5.6 : Anket 6. Soru grafiği. ....	75
Şekil 5.7 : Anket 7. Soru grafiği. ....	76
Şekil 5.8 : Anket 8. Soru grafiği. ....	77
Şekil 5.9 : Anket 9. Soru grafiği. ....	77
Şekil 5.10 : Biyolojiye sorma. ....	83
Şekil 5.11 : Termit yuvası.....	85
Şekil 5.12 : Salyangoz biçiminin yapıya dönüşümü.....	86
Şekil 5.13 : Nautilus deniz canlısının odacıklarının ailelerin barınacağı çadır odalarına dönüşümü ve palmiye yapraklarının çadır örtüsünün katlanabilme özelliğine dönüşümü.....	87
Şekil 5.14 : Termit yuvası havalandırma sisteminin çadıra uygulanması. ....	88
Şekil 5.15 : Çadır yan, arka, üst görünüşleri. ....	89
Şekil 5.16 : Çadır bölmeleri. ....	89
Şekil 5.17 : Çadır perspektif görünümü.....	90
Şekil 5.18 : Çadır yerleşim örneği. ....	90
Şekil 5.19 : Çadırın plan kesit ve detayları.....	91

## ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMI KAPSAMINDA BİYOMİMETİK TASARIMIN YERİ VE METODOLOJİSİ

### ÖZET

Bu çalışmada endüstri ürünleri tasarımında doğadan esinlenme yöntemleri, doğanın tekniğini değerlendirme, doğanın dehasını kullanma anlamına gelen biyomimetik tasarım kavramı ve endüstri ürünleri tasarımındaki yeri araştırılmıştır. Çalışmada doğadan esinlenmenin tasarıma aktarım metodları araştırılarak tasarıma sağlayacağı katkı tartışılmıştır.

Tezin ikinci bölümünde biyoloji ve tasarım ilişkili kavramlardan biyomimetik, biyonik, biyomimikri, biyotasarım, biyomekanik ve organik tasarım kavramları incelenmiş olup, bu kavramların ortaya çıkışı, kullanım alanları, birbirleri ile ilişkileri açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, endüstri ürünleri kapsamında biyomimetik tasarım örnekleri araştırılmış, doğayı malzeme, işlevsel, biçimsel ve dokusal yönden taklit eden başlıklar altında sınıflandırılarak incelenmiştir. Biyomimetik tasarım alanında en bilinen örnekler seçilmiş olup, endüstri ürünleri tasarımında biyomimetikğin anlaşılması açısından önemli örneklerdir.

Tasarımda doğadan esinlenme yöntemleri ve boyutları araştırılmış olup, doğaki yapıların tasarım bilici ile tipik özellikleri kapsamında fibonacci serisi, altın oran ve fraktal geometri kavramları açıklanmış, soyutlama yöntemi ile doğadan esinlenme, doğaya öykünme, doğaya benzetme yöntemleri örnekleriyle yer almıştır. Doğanın tekniğini değerlendirme boyutunun metodolojileri belirtilmiş, biyomimikri metodolojisinin süreçleri detaylı olarak açıklanmıştır.

Biyomimetik ve biyomimikri yaklaşımı, Prof. Dr. Orhan Küçüker, biyomimikri uzmanı ve Biyomimikri Enstitüsü eğitmenlerinden Zeynep Arhon ve biyotasarım alanında çalışmalar yapan biyolog Özlem Sorlu ile yapılan görüşmelerde değerlendirilmiş, biyomimikri ile ilgili detaylı bilgilere ulaşılmıştır. Gerçekleştirilen görüşmede biyomimikrinin tanımı, biyomimikri ve biyomimetik kavramlarının endüstri ürünleri tasarımı ile ilişkisi, biyomimikri metodolojisi, biyomimikrinin sürdürülebilirlikle ilişkisi, tasarımcıların doğadan esinlenirken gerekli kaynaklara ne şekilde ulaşabileceği gibi konular değerlendirilmiş ve çalışmanın konusunu oluşturan biyomimetik kavramı uzman görüşleri ile açıklanmıştır.

Profesyonel endüstri ürünleri tasarımcıları ile biyomimetik tasarıma genel bakışlarını değerlendirmek üzere anket çalışması yapılmıştır. Tasarımcıların çalışmalarında doğadan esinlenme yöntemleri, biyoloji ve tasarım ilişkili kavramların bilinirliği, doğadan esinlenmenin genelde hangi boyutta gerçekleştirildiği anket çalışması ile sorgulanmıştır.

Ayrıca endüstri ürünleri tasarımı kapsamında biyomimetik tasarım metodolojisinin daha iyi anlaşılabilmesi için farklı disiplinlerden gelen 8 kişi ile bir uygulama çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu uygulama çalışmasının konusu Biyomimikri

Enstitüsü'nün belirlediği yarışma konusu dahilinde belirlenmiş olup, Biyomimikri Enstitüsü'nün katılımcılara sağladıkları kaynaklardan faydalanılmış, internet üzerinden yapılan bir konferansta uzman kişilere sorular yöneltilerek yöntemin doğru uygulanışı sağlanmıştır. Uygulama çalışmasında afet sonrası, soğuk iklimlerde afetzedeleri soğuktan koruyan bir yapı tasarlanmış olup, termit yuvalarının havalandırma sisteminin prensibi çoklu çadır sistemine uygulanmıştır. Salyangoz biçimine benzeyen nautilus deniz canlısının kabuk kesitinde görülen hücrelerden ve penguenlerin bir arada yaşayarak soğuktan korunma özelliğinden ilham alınarak salyangoz biçiminde, büyüklüklüğü değişen bitişik nizamlı çoklu çadır sistemi tasarlanmıştır. Çadır örtüsü katlanarak, kolay kurulum ve az yer kaplama özelliği ile lojistik açıdan da fayda sağlamaktadır. Isı yalıtımı olan ve bitişik nizamlı yapısı ile ısı kaybını azaltan yapı, biyomimetik tasarım metodolojisi adımları izlenerek tasarlanmıştır.

Endüstri ürünleri tasarımında doğadan esinlenme disiplinin ortaya çıkışından itibaren gerçekleştiği gibi, biyoloji bilimden faydalanarak disiplinler arası işbirliği yapılarak doğanın tekniğini değerlendirme konusu henüz çok yenidir. Bu konuda tasarım eğitiminde dünyada bazı üniversitelerde çalışmalar yapılmakta, enstitü ve dernekler kurulmakta, yaklaşım gün geçtikçe önem kazanmaktadır.



# **BIOMIMETIC DESIGN AND METHODOLOGY IN THE CONTENT OF INDUSTRIAL PRODUCT DESIGN**

## **SUMMARY**

In this study, nature inspiration methods and biomimetic design in industrial design which means to emulate nature's strategies, are investigated. Biology and design related terms, nature inspiration methods, biomimetic methodologies are explained, interview, survey and case study methods are used for better understanding of biomimetic design.

In the first chapter, the aim of study and methodology are given in details. Chapter 2 gives general informations about biology and design related terms and in this content biomimetic, bionic, biomimicry, biodesign, biomechanic and organic design are explained detaily. These term's history, their use fields and relations with each other are clarified. Early architectural examples of biomimetic, biodesign product and organic design examples are given with figures.

In chapter 3, biomimetic design examples in the scope of industrial design are searched and examples classified according to material, function, form and texture aspects that emulate nature strategy. The best known biomimetic examples are chosen in terms of understanding biomimetics. Design and nature relation go beyond to mimic form. Designers and engineers mimic nature's strategies to solve design problems. Natural patterns are being used to create innovative materials and products. Functions, forms and textures derived from nature are being applied to products. As biomimetic examples inspired from observation of nature, generally they need detailed biological investigations. Final product can resemble natural examples but biomimetic design doesn't aim analogy, the aim is to use nature's genius. The end product can look like mimicked natural pattern but this form can be created for needed function.

Nature inspiration methods in design are searched in chapter 4 and natural patterns' typical features according to design awareness are explained. In this content, fibonacci series, golden rate, fractal geometry are shown with figures. Although nature abstraction method, emulation to nature, analogy to nature methods are clarified with examples. In these methods designers are generally using observations or visual sources. Bu in biomimetic design biological sources are being used. Biomimetic design that means emulation of nature's strategy and technics defined with methodologies and biomimicry methodology processes are explained detaily. Biomimetic design methodology generally needs interdisciplinary cooperation. Biologists, designers and other needed experts work together to mimic natural form, function or system.

In chapter 5, Biomimetic and biomimicry approach evaluated in interview with Prof. Dr. Orhan Küçükler, Biomimicry Institute instructor Zeynep Arhon and biologist Özlem Şorlu. In this interview definition of biomimicry, biomimicry and biomimetic terms relation with industrial design, biomimicry methodology, biomimicry and

sustainability and how to reach the necessary sources while inspire from nature subjects are evaluated and biomimetic design which created this thesis subject is explained in an experts' viewpoint. Prof Dr. Orhan Küçüker explained definitions of biomimetics and biodesign, he recommended some clues to biomimetic researchers. Küçüker evaluated design and biology cooperation, he gave biologic examples for mimicry and he evaluated the importance of biology science that can be used as an design inspiration and biologic observations technics' possibility for exploring nature's solutions.

Özlem Sorlu evaluated biomimicry and biodesign as an biologists. She explained her own experience and mentioned about biology and design cooperations. Sorlu researched biodesign in her master thesis and used many exotic flowers and create design ideas from them.

According to Arhon, biomimicry projects need interdisciplinary team. A team should involve biologist, designer, businessman and according to needs other experts. In the biomimicry study designer and biologist have to communicate with each other in steps of methodology. Necessary biological sources can be reached by being member of universities biology databases and 'asknature.org' online database. Biomimicry methodology starts with identifying function and then context should be defined. In next step problem should be biologized and transfer to questions. These questions' answers are being discovered from natural models. They are being abstracted to design principles. Clients can ask for these principles and they can ask for final product. Designer's role in this stage is being more. Arhon also explained that, there is no biomimetic studies in Turkey. Even there is, they are not named as biomimetic or biomimicry. She also thinks biomimicry methology need an interdisciplinary team. If a designer work alone, the natural strategies should translate to design principles. Biomimicry education provide experts translating nature strategies to design principles.

Although, a survey has done with professional industrial designers in Turkey to evaluate designers general overview to biomimetic design. Designer's nature inspiration methods, biology and design related term's awareness, designer's nature inspirations's extent are examined in survey. According to survey results, designers generally inspired from nature to create form. Participant designers have difficulties to reach functions, technics and mechanics of natural examples. Designer's reached sources are limited with images, because of that, application of nature inspirations to designs are being in formal way. Designers generally use visual sources and observations to inspire from nature, biological sources are not used. Biomimetics is not known by designer but some of biomimetic design examples are written in the field that they write opinions about nature inspirations and evaluate nature's functions and technics.

Furthermore, for better understanding of biomimetic methodology in industrial design, a case study is done with 8 master students. The team consist of two biologists, two designers, a mechanical engineer, a physics engineer, a naval architecture engineer and environmental engineer. The subject of study determined within biomimicry student design challenge subject and Biomimicry Institute sources are used which are provided to participants. Biomimicry methodologies, how to reach biological sources and etc. are studied from these sources and questions about methodology is asked to biomimicry expert in an online conference.

In case study a disaster tent is designed for cold climates that protect disaster victims from cold. Termite mound ventilation strategy is used to contain tent's ventilation. Inspirations from penguin's living close to protect themselves from cold strategy and nautilus inner shell layers form are provided to arrange tent's adjoining sections. All these inspirations created different size adjoining rooms in a tent this allows to reduce heat loss. Also foldable tent cover is inspired from palm leaves. Foldable tent cover provide easy use and small packed size property. Adjoining tent rooms has heat insulation and reducing heat loss adjoining structure is design with following biomimicry methodology steps. Challenge to biology method is used for this subject and processes are explained detaily in chapter 5. Evaluating environmental impacts are important in biomimicry approach. For this project reducing energy need and keep the tempreture contain less energy use and reducing greenhouse emissions. In this project biological sources are investigated and they are abstracted to design ideas with interdiciplinary cooperation.

Nature inspirations are existed from history of industrial design but interdisciplinary cooperation with the science of biology and emulate nature's strategies subject is a new field. As the approach gains recognition, new interdisciplinary centers in universities and associations are are forming. Biomimetic design methodologies provide to use nature's evolutionary intelligence to solve design problems. Nature is a very wide source to inspire and natural patterns helps designers to create innovative and creative solutions.



## 1. GİRİŞ

Günümüzde endüstri ürünleri tasarımında doğadan ilham alan birçok tasarımcı ve ürün bulunmaktadır. Endüstri ürünleri tasarımı sanayi devriminden sonra ortaya çıkan, teknolojik gelişmelerle hızla ilerleyen bir meslek dalıdır. Tasarım olgusu ise çok daha eskilere dayanır. Tasarımda doğadan esinlenme hep var olmuştur.

Tasarlama olgusunun oluşmadığı dönemlerde insan doğadaki herhangi bir nesneyi bir amaç doğrultusunda kullanmıştır. Bu durumda insan pragmatik olarak mantık metodunu kullanarak yaşamına devam etmiştir. Mantık metoduna örnek olarak bir dalı, bir taş parçasını silah olarak kullanmayı gösterebiliriz (Bayazıt, 1994, s. 41). Sonraki dönemlerde insan doğa ile uyum içerisinde yaşarken doğayı gözlemlemiş, doğadan öğrendiklerini yaşamlarını kolaylaştırmak adına taklit ederek günlük hayatta kullanabilecekleri akılcı nesnelere ortaya çıkarmıştır.

Neolitik çağda ihtiyaca göre ürün geliştirilmesi söz konusudur. Sivri bir taşın daha da sivriltilerek mızrak ucu haline getirilmesi bu aşamaya verilebilecek örnektir. Ürün bu dönemde doğadaki nesnelere benzetilerek çizim yapılmaksızın taklit yoluyla tasarlanmaktadır (Bayazıt, 1994, s. 41). Doğayı takli eden ilk örnekler, ateş, kaldıraç, ilk aletler ve silahlardır. Tüm bunlar insanların doğanın süreçlerini gözlemlemesiyle icat edilmiştir. Sadece tekerlek bunların dışındadır. Fakat bu noktada Dr. Thomasias tekerleğin bir kütüğün eğik bir düzlemden yuvarlanışının gözlemlenmesiyle icat edildiğine dair bir görüş bildirmiştir (Papanek, 1984).

Zanaatkarlığın ortaya çıkmasına kadar olan dönemde ise uzmanlık söz konusu olmadan deneme-yanılma (geliştirme) yoluyla tasarlama herkesçe bilinen ve yapılabilen bir durumdur. (Bayazıt, 1994, s. 41) Zanaatkar döneminde ustalar doğadaki biçimleri ürünlerde birebir süsleme olarak kullanmışlardır.

Endüstrinin gelişimiyle tasarlama eylemi bilimsel düzeye erişmiş, ve bu konuda uzman kimselere ihtiyaç duyulmuştur. İhtiyaçlar doğrultusunda tasarım problemleri gittikçe daha karmaşık hale gelirken tasarımcılar çözüm bulmak için doğadaki sistemleri inceleme yöntemine başvurmuşlar ve disiplinlerarası bir kavram olan

endüstri ürünleri tasarımı ile biyoloji bilimi arasında köprü olmayı amaçlayan çeşitli bilim dalları ortaya çıkmış, bu alandaki yaklaşımlar giderek artmış ve bu yaklaşım dahilinde birçok yenilikçi tasarımlar ortaya çıkmıştır.

Mikroskobun teknolojik gelişimi ve biyoloji biliminin ortaya çıkışıyla birlikte tasarımda doğadan esinlenme farklı bir boyut kazanmıştır. 1957 yılında Otto Schmitt'in ortaya koyduğu 'biyomimetik, 1958 yılında Jack e. Steele'in ortaya koyduğu 'biyonik', 1997 yılında is Janine Benyus'un tasarım ve mühendislik sorularına yanıt olması amacıyla ortaya koyduğu 'biyomimikri' kavramları doğa ve tasarım ilişkisinin felsefesini irdeleyen, sistematik öneriler geliştiren bilim dalları olmuştur.

Doğadaki çözümlerin en kısa yoldan en az enerji harcayarak gerçekleşmesi ve bunun tasarıma uyarlanması da tasarımın sürdürülebilirliği temelinde olumlu sonuçlara sebebiyet vermiştir. Tasarımcıların ve şirketlerin, artan çevre kirliliği ve doğal kaynakların azalması bakımından duyarlılığı da ayrıca doğadaki çözümlere yönelimi sağlayan diğer bir faktör olmuştur. Doğanın, en fazla verim için, en azı kullanarak gerçekleştirme prensibi günümüzde tasarımcılarca hedeflenen bir düşünce olduğundan problemlerin çözümünü doğadaki örneklerde arama fikri kabul gören bir yaklaşım olmuştur.

Türkiye'de biyomimikri alanında uzman olan Zeynep Arhon (2011) 'Biyone?' adlı makalesinde birçok şirketin doğaya döndüğünden bahsediyor ve şu bilgileri aktarıyor:

“1985-2005 yılları arasında doğadan ilham alan patentlerin sayısı tam 93 kat artarken diğer patentlerin sayısı sadece 2.7 kat artış gösterdi. Üstelik söz konusu ürünlerin ve sistemlerin çoğu sektörlerinin başarı hikayeleri haline geldi, ödül üzerine ödül aldı. Ekonomik büyüme ya da iş performansı ile çevrecilik karşı kutuplarda oturan düşmanlar olmaktan çıkıyor. Doğadan gelen inovasyon gelişim kavramının içini dolduruyor: Hayat kalitesinden ödün vermek değil, hayat kalitesini sürdürülebilir bir şekilde arttırmak... Gelecek ile ilgili tahminler de müthiş bir büyüme işaret ediyor: Fermanian Business & Economic Institute tahminlerine göre 2015 yılında küresel gayri safi milli hasılanın %15'i Biyomimikri kapsamında geliştirilen çözümlerden gelecek.”

Yukarıda sözü geçen gelişmeler doğtultusunda endüstri ürünleri tasarımında doğadan esinlenmenin kavram ve metotlarının araştırılıp incelenmesi önem kazanmış ve bu çalışmanın konusu olmuştur.

## **1.1 Tezin Amacı**

Bu çalışma endüstri ürünleri tasarımı ve biyoloji ilişkili kavramları inceleyerek, tüm dünyadan bu yaklaşımlar dahilinde yapılmış çalışmalarını analiz ederek, doğadan öğrenmenin tasarıma aktarım metodlarını araştırmayı, bu yaklaşımların gelecekteki yerini ve sağlayacağı katkıyı tartışmayı amaçlamaktadır.

Günümüz endüstri ürünleri tasarımcılarının ürünlerinin yaratım sürecinde doğadan esinlenip esinlenmedikleri, tasarımın hangi süreçlerinde bu alanda çalışma yaptıkları, elde ettikleri sonuçlar ve tasarım metodolojileri araştırılacak, tasarım eğitimi almış bir tasarımcının doğadan nasıl öğrenebileceği, problemlerin çözümünü doğadan ne şekilde bulabileceği, gerekli kaynaklara nasıl ulaşabileceği sorularına da yanıt aranacaktır.

Biyomimetik tasarımın metodolojisi, biyomimikri yaklaşımı incelenecek ve doğanın tekniğini değerlendiren bu yöntemin tasarımcılar tarafından daha iyi anlaşılabilmesi sağlanacaktır. Son dönemde hızla önem kazanan biyomimetik tasarım örnek bir çalışmayla analiz edilecek, kullanılan metodolojinin aşamaları, tasarıma sağladığı katkı veya karşılaşılan olumsuzluklar incelenecektir.

## **1.2 Araştırma Metodu**

İkinci bölümde biyoloji ve tasarım ilişkili kavramların, biyomimetik tasarım örneklerinin araştırılması kapsamında literatür incelemesi yapılacaktır.

Üçüncü bölümde biyomimetik tasarım örnekleri literatür taramasıyla belirlenecek, doğanın tekniğini değerlendiren, biyomimetik tasarım çalışmaları sınıflandırılarak değerlendirilecektir.

Dördüncü bölümde doğadan esinlenme yöntemleri ve boyutları araştırılacak, biyomimetik tasarlama kullanılan yöntemler ve endüstri ürünleri tasarımı kapsamında biyomimetik tasarımın metodolojik gelişimi incelenecektir.

Beşinci bölümde ise Biyomimikri uzmanı ve Biyomimikri Enstitüsü eğitmenlerinden Zeynep Arhon ile görüşme gerçekleştirilecektir. Yapılacak görüşmede biyomimikri ile ilgili detaylı bilgi edinilecek, endüstri ürünleri tasarımı ile ilişkisi belirlenecektir.

Günümüz tasarımcılarının biyomimetik tasarıma genel bakışını saptamak amacıyla anket yapılarak biyomimetik tasarımla olan ilişkileri, kullandıkları metotlar, kaynaklara ulaşma şekilleri, bu çalışmaların tasarımlarına sağladığı katkılar veya eksiklikler saptanacak çıkan sonuçlar tartışılacaktır.

Ayrıca Biyomimikri Enstitüsü tarafından önerilen yenilikçi bir yöntemle içinde biyologların da olduğu disiplinlerarası bir tasarım ekibiyle örnek bir çalışma yapılacaktır. Bu çalışmanın bulguları ve sonuçları değerlendirilecek, aşamaları kayıt altına alınacaktır. Gerekli kaynaklara, tasarımcı ve biyologların içinde bulunduğu bir ekip tarafından hazırlanan ve Biyomimikri Enstitüsü tarafından ilk defa düzenlenen yarışmanın katılımcılarına sunulan verilerden, literatür incelemelerinden ulaşılabilecektir.



## 2. BİYOLOJİ VE TASARIM İLİŞKİLİ KAVRAMLAR

Endüstri ürünleri tasarımı alanında doğadan esinlenme hep var olmuştur. 20. Yüzyılın ortalarında ortaya çıkan biyoloji ve tasarım ilişkili kavramlar ve yaklaşımlar günümüzde biyoloji ve tasarım biliminin teknolojik gelişimiyle birlikte önem kazanmış ve bu alandaki çalışmalar giderek artmıştır. Farklı disiplinleri bir araya getiren bu yaklaşımlar yeni uzmanlık alanları da oluşturmuştur.

Biyonik, biyomimetik, biyomimikri, biyotasarım, biyomekanik, organik tasarım gibi kavramların tümünün temelindeki ana fikir 'doğadan öğrenme'dir. Doğadaki bütün canlıların karşılaştıkları problemlere karşı geliştirdikleri çözümler tasarımcıları çözüm arayışlarında doğadan öğrenme ve doğayı taklit etme gibi yaklaşımlara yönlendirmiştir. Tıp, mimarlık, mühendislik, tasarım, sanat gibi bir çok alanda bu yaklaşımlar kabul görmüş ve gelişimini sürdürmüştür. Biyonik, biyomekanik, biyotasarım kavramları tasarımcılara yaratıcılık açısından birçok olanak sunmaktadır (Vural aracılığıyla Şorlu, 2010).

Tasarım ve doğa ilişkisinde artık salt biçimi ürüne kopyalamanın ötesine geçilmiştir. Doğanın sistem, yöntem ve işlevleri incelenerek karşılaşılan tasarım probleminde doğadaki benzer işlevi yapabilen kaynaklar araştırılarak ürün tasarımındaki uygulamaya geçilmektedir. Sonuç olarak ürün doğadaki örneğine biçimsel olarak çok benzese bile bu benzerlik biçimin, işlevden kaynaklanan bir halidir. Doğadan bu amaç doğrultusunda esinlenmeden bahsetmek istediğimizde biyoloji ve tasarım ilişkili kavramlar, tasarımdaki bu paradigma değişimini daha iyi bir şekilde ifade eder.

### 2.1 Biyomimetik

'Biyomimetik' terimi 1969 yılında Otto H. Schmitt tarafından ortaya konmuştur. Kelime 'bios' (yaşam) ve 'mimesis' (taklit etme) anlamlarına gelen kelimelerden oluşturulmuştur. Biyomimetik, biyonik, biyomimikri, kelimelerinin eş anlamlı olduğuna dair çeşitli kaynaklar vardır. Temeldeki anlamları benzer olsa da ortaya çıkışları ve kullanım alanları farklılaşmıştır. Biyomimetik tasarım, biyonik tasarım

gibi ifadelerle tasarım disiplini ile ilişki kuran bu terimlerden, biyonik tasarımın tıp alanında kullanımı yaygınlaşırken biyomimetik tasarım ifadesi, bu çalışmada sözünü ettiğimiz endüstri ürünleri tasarımında doğadan esinlenme-öğrenme prensibine en yakın gelen ifadedir.

Tasarımcılar doğadaki biyomimetik çözümleri araştırmaktadırlar. Zari (2007)'ye göre tasarımcıların tek başlarına biyolojik bilgileri tasarım çözümlerine dönüştürebilmeleri zordur ve böyle bir çalışmayla ortaya çıkabilecek sonuç sığ kalır. Biçimsel olarak ve organizmaların belli mekanizmalarını taklit edebilirler fakat kimyasal süreçleri farklı disiplinlerle bilimsel işbirliği yapmadan taklit etmeleri zordur. Bu işbirliği tasarımcının belirlediği problem çerçevesinde doğadaki çözümleri aramakla veya biyolojik bilgiler doğrultusunda bu bilgilerin tasarıma dönüştürülmesiyle gerçekleştirilebilir.

Doğa evrimi süresince karşılaştığı problemlere karşı birçok çözüm üretmiştir. Bu çözümler nesilden nesile aktarılmıştır. Ağaçkanın beynine hasar vermeden ağaçta yapabildiği darbe yeteneği ve diğer birçok varlığın uçma, yüzme, kazma, koşma, tırmanma yetenekleri gibi. Doğadanın bu kapasitesinin mühendislikle olan ilişkisi yeni araç, mekanizma, malzeme ve sistemlerin oluşumuna ilham olmaktadır. Pompa mekanizması, kontrollü yapışma özelliği, bal arısından strüktür yeteneği, biyolojik malzemeler, yapay zeka bunlardan bazılarıdır. Biyomimetik çalışmaları, çok fonksiyonlu malzemelerde, üstün robotlarda ve geliştirilmiş ilaçlarda gibi farklı alanlarda da uygulanmaktadır (Bar-Cohen, 2006).

Chiu ve Shu (2007) tasarım problemlerine çözüm bulmak için biyolojiden esinlenme konusunda birçok tasarımcı ve mühendislerin kendi gözlemleri ile sonuca ulaştığını fakat bu yöntemin biyolojinin büyük potansiyelini indirgediğini savunmaktadır. Bu bağlamda tasarımcının biyolojik kaynaklara ulaşarak doğru anahtar kelimelerle daha detaylı biyolojik kaynaklara ulaşabileceği ve biyomimetik tasarımda daha kapsamlı sonuçlar elde edebileceği bir metot önermektedir.

Biyomimetik tasarım tarihi biyomimetik kavramı ortaya çıkmadan önce de varolmuştur. Leonardo da Vinci doğa gözlemlerini bir çok eserinde kullanmıştır örneğin kuşların uçuşları gözlemleyerek uçan aletler tasarlamıştır. Ayrıca Londra'da inşa edilen Kristal Saray ve Paris'te bulunan Eyfel Kulesi mimarideki biyomimetik tasarıma örnek teşkil eder.

Kristal Saray 1851 yılında 1. Dünya fuarı için Londra’da inşa edilmiştir. Cam ve demirin biraraya gelmesiyle bir teknoloji harikası olarak kabul edilir. Kristal Saray 33 metreye yakın yüksekliği olan 18 dönüm alanı olan bir yapıdır (Şekil 2.1). Joseph Paxton adlı bir peysaj mimarı, *Victoria amazonica* adlı nilüfer bitkisinin yapraklarının yapısının gözlemleyerek bu yapıyı tasarlamıştır. Paxton yapının cam kısımlarını yaprağın kendisine demir taşıyıcıları da yaprağın karmaşık ve çapraz damarlarına benzetmiştir (Şekil 1.2). Bu benzetim sonucunda cam ve demir kullanarak geniş bir alanı kaplayan ve aynı zamanda hafif ve sağlam bir çatı tasarlamıştır (Meadows, 1999)



Şekil 2.1 : Kristal Saray.



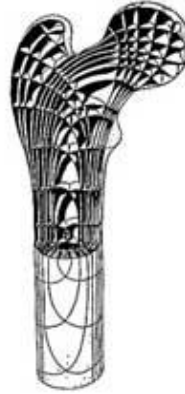
Şekil 2.2 : *Victoria amazonica* (nilüfer bitkisi).

Biyomimetik tasarımın mimarideki ilk örneklerinden Eyfel kulesi uyluk kemiğinin başındaki yapıdan ilham alınarak tasarlanmıştır (Şekil 2.3). Zürih’teki anatomi profesörü Hermann Von Mayer uyluk kemiğinin başındaki yapının iç içe geçmiş birçok kıvrımlı yapıdan oluştuğunu gözlemlemiştir. İsveç’li mühendis Karl Culmann da bu yapının mühendislikteki önemini ve üzerinde oluşan basıncın etkisine dayanıklı olduğunu farketmiş, uyluk kemiğinin yapısının kalçadan gelen gücü uzun bacak kemiklerine en iyi şekilde aktardığını ortaya koymuştur (Şekil 2.4). Fransız

yapı mühendisi Gustaff Eiffel bu prensipleri yapıya uygulayarak 1889 yılında bugün Paris'te bulunan Eyfel Kulesi'ni inşa etmiştir (Rao, 2003, s. 5).



**Şekil 2.3 :** Eyfel Kulesi.



**Şekil 2.4 :** Uyluk Kemiği.

Uyluk kemiğinin yapısının binaya uygulanması binaya dayanıklılık kazandırmış ve havalandırma problemini ortadan kaldırmıştır. Kemiklerdeki kafes yapının mimaride ve tasarımda uygulanması malzeme gereksinimini azaltmakta ve yapının sağlamlığını arttırmaktadır (populerbilgi.com).

Biyomimetik tasarımda sadece bitki ve hayvanlardan değil insan biyolojisinden de faydalanılmaktadır. Deyoung ve Hobbs (2009), kitabında verdiği çeşitli örnekleri mikroorganizmalar, böcekler, uçan hayvanlar, su altı canlıları, insanlar, bitkiler, canlı olmayan nesnelere gibi sınıflandırarak ilham alınan örnekleri ve tasarım uygulamaları ile karşılaştırmıştır. Doğadan alınan ilham birçok örneği kapsar ve insanlar da buna dahildir. İnsan DNA'sından bilgisayar hafıza sistemine, insan kaslarından robotiğe,

kulak zarından kulaklığa gibi insan biyolojisinden ilham alarak tasarlanmış birçok biyomimetik örnek vardır.

Barnes (2007)'ye göre biyomimetğin gelişmesinde eğitimin önemli bir yeri vardır. Mühendis ve tasarımcıların bu yaklaşımın potansiyelinden haberdar olmaları için eğitim müfredatında, mutlaka bulunması gerekir. Biyoloji bilimi, donanımlarının ticari uygulamaların farkında olmasını sağlamalıdır. Bu farkındalığın yararı disiplinler topluluğunun ticari alana girmesiyle kanıtlanacaktır.

Biyomimetik tasarım örneklerine, üçüncü bölümde, malzeme ve strüktür kategorileri içerisinde yer verilecektir. Strüktür kategorisi, yapısal ve dokusal strüktürler olarak ikiye ayrılacak, yapısal strüktür içinde işlevin yapıyı oluşturduğu strüktürlere ve biçimin yapıyı oluşturduğu strüktürlere yer verilecektir.

Biyomimetik derneği anlamına gelen 'BIOKON' adlı dernek biyomimetik, biyonik ve biyo-ilham teknolojileri ile ilgilenen ve bu alanda çalışmalar yapan kişilerin bir araya gelerek yardımlaşmasını, biyomimetğin iş dünyası, teknoloji ve toplum için faydalı olmasını sağlamayı amaçlamaktadır. BIOKON'un çalışma alanları bu alanda çalışan kişilerin isimleri ile birlikte internet sitesinde belirtilmiştir. BIOKON'un çalışma alanları;

- Mimarlık ve tasarım,
- Biyo-ilham malzemeler,
- Sistem entegrasyonu ve organizasyonu,
- Enerji sistemleri,
- Akışkan dinamikleri,
- Fonksiyonel yüzeyler,
- Biyokimya, biyoteknoloji,
- Robotik, hareket sistemleri ve yapay zeka,
- Sensör ve sinyaller,
- Hafif strüktürler,
- Organizasyon ve yönetim,
- Eğitim olarak sınıflandırılmıştır (BIOKON).

## 2.2 Biyonik

'Biyonik' terimi 1950'lere dayanır. Amerikalı Jack E. Steele bu terimi 1958 yılında ortaya koymuştur ve 1960'ta Amerika'da düzenlenen ilk biyonik seminerinde diğer birçok biyonik bilginleri bu terimi yaymışlardır. Bu seminerde biyonik resmi konu olarak dikkate alınmış ve biyoniğin temelleri ortaya koyulmuştur (Chiu ve Chiou, 2009).

Biyoniğin uygulama süreci Chiu ve Chiou (2009)'ya göre organizmaların belirli davranışlarındaki önemli noktaları gözleme, gözlemleri bilgiye dönüştürme ve bilginin taslağını çıkarma, son olarak bu bilgi taslağını yeni sisteme dönüştürme ve organizmadan alınan bilgi ile yapay nesne arasındaki ilişkiyi kurma olarak belirlenmiştir. Ayrıca biyonik, kontrol biyoniği, mekanik biyonik, kimyasal biyonik olarak kategorize edilmiştir.

Werner Nachtigall'e göre biyonik sözcüğü 'biyoloji' ve 'teknik' veya 'elektronik' terimlerinin birleşiminden oluşmaktadır. Biyonik terimi son dönemde dar bir anlama sahiptir. Robotik, mekanik vücut organları gibi alanlarda kullanılmaktadır. Alman Mühendisler Derneği'nin bir buluşmasında 'biyonik' tanımlanmış ve 1993 yılında Werner Nachtigall tarafından şu şekilde genişletilmiştir: " Bilimsel bir disiplin olarak biyonik, biyolojik sistemlerin yapısı, süreçleri ve gelişen prensiplerinin sistematik biçimde teknik uygulanması ile ilgilidir." Ayrıca Nachtigall biyoniği üç alt alana ayırmıştır; yapısal biyonik, prosedürler biyonik, bilgisayarlı biyonik. Yapısal biyonik doğanın yapıları ve malzemeleriyle, prosedürler biyonik doğanın prosedür ve süreçleriyle, bilgisayarlı biyonik ise doğanın gelişme, evrilme ve bilgi aktarma prensipleriyle ilgilidir (Gruber, 2011, s. 13-16).

Ürün tasarımında biyonik metodun gelişiminde iki yaklaşım vardır. Tümevarımsal yaklaşım doğadaki bilgilerin toplanması ve soyutlanarak tasarıma aktarımı üzerinedir. Tümdengelimsel yaklaşım ise, belirli bir tasarım problemi ile başlar ve çözümünü doğanın örneklerinde arar (Birkeland, 2002, s. 84).

Biyonik terimi biyomimetik ile çok yakın ilişkilidir ve bazı kaynaklarda eş anlamlı kabul edilir. Fakat biyoniğin tıp alanında kullanımına sıklıkla rastlamaktayız. Biyonik endüstri ürünleri kapsamında uygulandığında biyonik tasarım olarak nitelendirilmektedir. Örneğin üçüncü bölümde biçimin yapıyı oluşturduğu stüktürel yapısal kapsamında yer alan kutu balığının geniş hacimli ve hızlı yüzebilme

yeteneğinden ilham alınan Mercedes Benz konsept otomobili örneği literatürde biyonik tasarım olarak geçmektedir. Sözü ettiğimiz biyonik tasarım ve biyomimetik tasarım kavramları arasında keskin çizgiler olmamakla birlikte, biyomimetik bilim dalının öne çıkmasıyla, biyomimetik tasarım doğayı taklit eden ürün tasarımları kapsamında kullanılmakta Mercedes Benz konsept otomobili de bu kapsamda yer alabilmektedir.

### **2.3 Biyomekanik**

Bir bilim dalı olarak Biyomekanik, biyoloji ve mühendislik bilimlerinin, yaşayan canlılar üzerinde uygulama alanıdır. Biyomekanik çalışmalarında, mühendislik yöntemleri de kullanılarak, canlıların nasıl hareket ettikleri, hareketlerinin nasıl kontrol edildiği, hareket sırasında değişik bölümlerde oluşan kuvvet sisteminin etkisi, canlı ve cansız dokular üzerinde zorlanma durumları incelenmekte, tedavi yöntemleri test edilmekte ve geliştirilmektedir (biyomekanik.itu.edu.tr).

Mekanik fizik biliminin bir dalıdır ve kuvvetin nasıl harekete dönüştüğünü inceler. Bu hareketler büyüme ve gelişmeyi sağlar fazla yüklenilmesi durumunda ise yaralanmalara sebep olur. Biyomekanik, canlıların nasıl hareket ettiğini ve kinesiyojoloji (insan hareketlerini inceleyen bilim) uzmanlarının hareketleri nasıl daha güvenli hale getirebileceğini anlamak için gerekli olan kavramsal ve matematiksel araçları sağlar (Knudson, 2003, s. 3).

Biyomekanik disiplini, fizik, kimya, matematik, psikoloji ve anatomi bilimlerinin temelleri üzerine kuruludur. İlk biyomekanikçiler Leonardo da Vinci, Galileo, Lagrange, Bernoulli, Euler ve Young'tır (Winter, 2009, s. 1).

Ergonomi insan-makine etkileşimi ile ilgilidir ve endüstri ürünlerinin tasarımında önemli bir yere sahiptir. Biyomekanik analizlere göre ergonomikçiler insan makine ilişkili sistemlerinin gelişimini destekleyebilirler (McLester ve St. Pierre, 2008, s. 12). Ergonomi ve biyomekanik birbiri ile çok yakın ilişkilidir ve bu anlamda ürün tasarımında biyomekanik biliminin bilinirliği önemlidir. Biyomekanik bilimi hareket eden nesnelerin tasarımında da mühendis ve tasarımcıya ışık tutan bir bilimdir. Doğadaki canlıların biyomekanik biliminin bilinirliği ise tasarımda doğadan esinlenme, öğrenme kapsamında faydalı bilgiler sunacaktır.

Biyomekanik bilim dalı, bilhassa son 20 yıl içinde, gerek akademik ortamda ve gerekse endüstriyel ortamda büyük gelişmeler kaydetmiştir. Mühendislikte, nanoteknoloji, bilgisayar, robotik ve ileri malzemeler konularındaki hızlı gelişmeler gerek enstrümantasyon, gerek operasyon yöntemleri bakımından, tıp bilim dallarında uygulamaya başlanmış, dolayısıyla, biyomekanik bilim dalında çalışmalar giderek artmıştır (biyomekanik.itu.edu.tr).

## **2.4 Biyomimikri**

Biyomimikri doğanın en iyi fikirlerini araştıran ve bu tasarımları taklit eden ve insanların problemleri için geliştiren yeni bir disiplindir (Biomimicry Institute). Janine Benyus 1997 yılında ‘Biomimicry: Innovation inspired by nature’ isimli kitabında ilk defa bu terimi kullanmıştır. Doğanın ilkelerinden faydanlanmada biyoloji ve diğer birçok bilim arasında köprü olmayı amaçlayan ‘biomimicry’ terimi bugün akademik çevrelerce sıklıkla kullanılmaktadır. Mühendislik, mimarlık ve tasarım alanında biyomimikri örneklerine rastlamaktayız. Biyomimikrinin tasarım alanında kullanılmasıyla oluşan tasarımlara biyomimetik tasarım diyebiliriz. Janine Benyus bu alanda çok sayıda çalışma yapmış, disiplinlerarası bir kavram olan biyomimikrinin uzmanlık alanı olarak ortaya çıkışını sağlayan önemli bir bilim insanıdır. Janine Benyus ayrıca 1998 yılında Biyomimikri danışmanlık firmasını (Biomimicry Guild) kurmuştur. Bu firma birçok marka ile birlikte çalışmalar yürütmüş ve başarılı sonuçlara ulaşmıştır.

2005 yılında Janine Benyus tarafından kurulan Biyomimikri Enstitüsü (Biomimicry Institute) kar amacı gütmeyen bir örgüttür. Biyomimikri Enstitüsü doğadaki ilgi çekici verimli çözüm modellerini sürdürülebilir teknolojiler yaratmak için kullanmak isteyen biliminsanları, mühendis, mimar, tasarımcı ve yenilikçileri biraraya getirmeyi destekler. Biyomimikri Enstitüsü 12 çalışandan oluşur ve üç temel alan üzerine yoğunlaşır; öğrenciler, profesyoneller ve halk için eğitim programları geliştirmek, sürdürülebilirlik için çözüm olarak biyomimikriyi kullanan kamu politikaları oluşturmaya çalışmak, biyomimikriden yarar sağlayan şirketleri biyoçeşitlilik için mali destek sağlamaya teşvik etmek (biomimicryinstitute.org).

Janine Benyus ayrıca 2008 yılında biyoloji ve tasarım arasındaki “tozlaşma”yı sağlamak amacıyla içinde birçok araştırma bulunan ve doğadaki kaynakların



biyolojik incelemelerine ulaşmamızı sağlayan “Ask Nature” isminde bir internet sitesi kurmuştur (asknature.org).

Janine Benyus biyomimikri yaklaşımını açıklarken şu ifadeyi kullanıyor:

“Biyomimikri yaklaşımı konseptten yaratmaya ve değerlendirmeye kadar tasarımın her aşamasında doğanın tavsiyesini arıyor. Yenilikçiler sonuçlandırmak istedikleri tasarımlarının doğru fonksiyonlarını biyologlarla tasarım masasında birlikte çalışarak keşfediyorlar ve soruyorlar: Hangi organizma veya ekosistem hayatta kalmalarını bu fonksiyonları yerine getirerek sağlıyor?”

Reed (2004) ise biyomimikri yaklaşımını şu şekilde açıklıyor:

“Doğal dünyayı görüş ve etkileşim şeklimizde bir paradigma değişiminin ortasındayız. Bu yeni düşünce hattı – biomimikri- zaten tasarladığımız teknolojik ürün ve sistemler üzerinde muazzam bir etkiye sahip oluyor. Teknoloji literatürünün son derece önemli bileşeni olan biyomimikri ayrıca bilim ve teknolojinin disiplinlerarası doğasının mükemmel bir örneğidir.”

Biyomimikri yaklaşımı gün geçtikçe tanınmakla birlikte, akademik alanda yeni disiplinlerarası alanlar önem kazanmaktadır. Harvard’ta biyo-ilham mühendislik merkezi, Arizona State Üniversitesi’nde biyotasarım enstitüsü, Georgia Tech’te biyolojiden ilham alan tasarım merkezi, Duke Üniversitesi’nde biyolojiden ilham alan malzemeler ve malzeme sistemleri merkezi, Doshisha Üniversitesi’nde biyomimetik araştırma merkezi, Royal Insitute of Technology’de biyomimetik fiber mühendisliği. Bu alandaki konferans, ve kitap sayıları da giderek artmaktadır. Bioinspiration & Biomimetics, Bionic Engineering, Biyomimetic, Biomaterials, ve Tissue Engineering dergileri biyomimikri ile ilgili yayınlardır (Benyus, 1997).

## **2.5 Biyotasarım**

Biyotasarım biyoloji ve tasarım arasında interdisipliner bir terimdir. Mike Jones Jocelyn de Noblet adlı kitabında organizmaların çevresel uyumundan gelişen biçimlerinin bir ürünün görünümüne dönüşmesine ‘biyotasarım’ kelimesini önermiştir. Fakat bu anlam biyomorfolojiye daha yakındır (Chiu ve Chiou, 2009).

Ticarileşmiş biyotasarım ürünlerin sayısı hala azdır. Biyonik, biyomimetik, biognosis, biyomimikri ve biyonik yaratıcılık mühendisliği temelde aynı anlamı ifade etmektedir; doğada bulunan sistem ve metotların mühendislik sistemleri ve modern teknoloji çalışmalarına uygulamak. Evrimsel bir sürece sahip biyolojik strüktürlerin başarısına yapay bir benzetmeyle ulaşmak zordur. Bunları biyoşablon olarak

kullanmak ve inorganik malzemelere dönüştürmek iyi fonksiyonları olan karmaşık nanostrüktür için düşük maliyetli ve tekrar üretilebilir süreç olabilir. Buna örnek olarak *geko kertenkelesi* ve *sinek gözü* verilebilir (Berger, 2009, s. 68). Geko kertenkelesi tasarım fikri ile birlikte üçüncü bölümde açıklanacaktır.

Biyotasarım alanında çalışmalar yapan ürün tasarımcılarının en bilinenleri Luigi Collani yaklaşımını ‘biyotasarım’ ve Ross Lovegrove ise ‘organik özcülük’ olarak nitelendirmişlerdir. Doğadaki çözümleri ekonomik ve estetik biçimlerle ifade etmişlerdir. Bu biçimler televizyon, şezlong, su şişesi, sandalye, aydınlatma gibi ürünlere uygulanmıştır (Parsons, 2003). Tasarım yaklaşımını biyotasarım olarak gören Luigi Collani, kendisini doğanın tercümanı olarak görüyor ve doğayı yakından gözlemleyerek analiz ediyor ve uyguluyor (Colani Trading AG). Collani tasarımlarından ‘drop’ isimli damladan esinlenen çay servis takımını Şekil 2.5’te görmekteyiz.



**Şekil 2.5 :** Luigi Collani tasarımı çay servis takımı.

Şatır (2004)’a göre biyotasarım endüstri ürünleri tasarımı meslek dalının, başlıbaşına bir anabilim dalı olabilecek niteliktedir. Ürün tasarımının geleceğini biyoteknik, biyomekanik gibi alanlardan ayrı düşünmek olanaksızdır. Bu nedenle de endüstri ürünleri tasarımının geleceğe yönelik gelişimlerinde biyotasarım çalışmalarının arttırılması önem taşımaktadır. İlgili bildiride ayrıca biyotasarım çalışmalarının yalnız yüzeysel benzetmelerle kalmaması gerektiği, biyolojik yapıların strüktürel, teknik, mekanik özellikleri incelenerek, tasarıma aktarılması gerektiği açıklanmıştır.

İstanbul üniversite’sinde yapılmış bir çalışmada Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi(AHBB) ‘nin egzotik bitki çeşitliliğinin envanteri çıkarılarak bu örneklerin bazılarında tasarım fikirleri ortaya konmuştur. Çalışmanın ana materyalini AHBB egzotik bitkileri oluşturmuş. Bilimsel isimleri ve etiketleri kontrol edilen bitki taksonlarının fotoğrafları çekilmiş, etnobotanik ve ekonomik botanik özellikleri

verilmiştir. Tasarıma örnek teşkil eden bitkiler ayrılmış; bu taksonların gerek dış görünüşlerinden, gerekse çeşitli açılardan çekilen makro ve mikrofotoğraflarından esinlenerek taslak çizimleri yapılmıştır (Şorlu ve Küçüker, 2010).

Arizona State Üniversitesi'ndeki Biyotasarım Enstitüsü doğanın 3.8 Milyar yıllık örneklerini doğadan ilham alan inovasyona dönüştürüyor. Enstitü, sağlık, sürdürülebilirlik ve güvenlik olarak üç alana yönelik çalışmaktadır (www.biodesign.asu.edu).

Biyotasarım bugün tıbbi bilimlerde yapay cihazların ve robotların tasarlanmasında daha çok kullanılır. Biyotasarım yapay cihazları, protezleri ve sağlık bakımı ile ilgili tasarım ve medikal-biyolojik bilimlerin işbirliği içerisinde olduğu yeni bir yaklaşımdır. Medikal-biyolojik problemleri çözmek için biyotasarımcı tasarım metodolojilerini kullanmaktadır (Canina ve Vicentini, 2006).

## 2.6 Organik Tasarım

Endüstri ürünleri tasarımında teknolojinin gelişimiyle üretimi zor olan biçimlerin yapılabilirliği mümkün kılınmış, doğanın geometrisinden esinlenen tasarımcılar organik tasarım akımını takip etmiştir. Organik tasarım denilince ilk akla gelen tasarımcı Ross Lovegrove'dur. 'Captain organic' (Kaptan organik) lakabıyla tanınan Lovegrove tasarımlarında doğadaki formları inceleyerek tasarımlarına uygulamıştır. Suyun akışından esinlenerek tasarladığı su şişesi, DNA'dan esinlenerek tasarladığı merdiven (Şekil 2.6), ve insan kemiklerden esinlenerek tasarladığı sandalye organik tasarıma verilebilecek en iyi örneklerdendir.



Şekil 2.6 : Lovegrove tasarımı merdiven.

Tasarlanması iki yıl süren merdiven kompozit malzemeden, trabzanı karbonfiberden üretilmiştir. Görsel olarak yokmuş izlenimi veren trabzan sadece iki noktadan desteklenmektedir. İçinde güçlülüğünü sağlayan bir trabzan daha bulunmaktadır. (Lovegrove, 2005)

Ross lovegrove 2005 yılında verdiği konferansta birçok tasarımında doğadan esinlendiğini, doğanın ihtiyacı olduğu kadar malzeme kullandığını ve kendisinin de malzemeyi olabildiğince minimum düzeyde kullandığını belirtmektedir. Amacının tasarımda akışkan stilde ürünler ortaya koymak olmadığını, Janine Benyus, Amory Lovins ve James Watson'ın tasarım felsefelerine yakın durduğunu açıklamıştır (Lovegrove, 2005).

Lovegrove'un suyun etkisinden esinlenerek tasarladığı su şişesi içine su doldurulduğunda hiçbirşey yokmuş izlenimi vermekte ve suyun seviyesine göre şişenin görünümü değişmektedir. Ayrıca kullanıcı şişeyi kolayca tutabilmektedir. Suyun Ross Lovegrove'nun zihninde bıraktığı etki tasarım fikrini ortaya çıkarmıştır. Doğaya öykünerek tasarlanmış su şişesini Şekil 2.7'de görmekteyiz. Bu ambalajın doğadaki öykündüğü örneği içinde somut olarak barındıyor olması kullanıcı üzerinde duygusal bir etki oluşturmaktadır (Lovegrove, 2005).



**Şekil 2.7 :** Lovegrove su şişesi tasarımı.

'Go' isimli sandalye tasarımı dünyanın ilk magnezyumdan üretilen sandalyesidir ve kemik struktüründen esinlenilmiştir (Şekil 2.8). Minimum malzeme ile tasarlanmış olup Lovegrove'un kendi deyimiyle tasarımda "biyolojik düşünebilme" nin bir örneğidir ve 2001 yılında Time dergisinde '21. Yüzyılın yeni dili' olarak haberi çıkmıştır. (Lovegrove, 2005)



**Şekil 2.8 :** Lovegrove ‘Go’ sandalyesi.

Lovegrove’un tarzını tanımladığı organik özcülük kapsamında doğanın örneklerinden biçimsel olarak ilham alındığı gibi, doğanın tekniğinin de değerlendirildiği görülmektedir. Adına organik tasarım denilen yumuşak, akışkan biçimler üretim yöntemlerinin gelişmesiyle birlikte gündeme gelmiştir. Organik tasarım kapsamına Lovegrove örneklerinde olduğu gibi doğaya öykünen, doğanın tekniğini değerlendiren tasarımlar dışında doğadan esinlenen akışkan biçimler de dahil edilmektedir.

Ürün tasarımında on yıl öncesinde ‘organik’ denilen biçimler gündemdeydi, ürünler yumuşak, akışkan biçimler ve yuvarlak hatlara sahipti. Bunlar doğadan ilham alan tanımına uyabilir ama biyomimetik tanımına uymamaktadır. Biyomimetik bir ürün hayvan şekillerine benzeyebilir ama bu gerekli değildir. Tasarımcıların biyomimetik görünümü ve ürünün stilini etkilemesinin gerekli olmadığını anlamaları çok önemlidir. Etkileyebilir ama bu şart değildir (Hollington, 2007).

Biyoloji ve tasarım ilişkili kavramların incelenmesi endüstri ürünleri tasarımında doğadan esinlenme, doğanın tekniğini değerlendirme yöntemlerini anlamak için önemlidir. Bu kavramların ortaya çıkışı, uygulama alanları, birbirleri ile ilişkileri değerlendirilmiş olup biyomimetik tasarımın bu kavramlar ile ilişkisi ortaya konmuştur.

Biyomimetik tasarım kavramının tüm bu incelenmeler sonucu endüstri ürünleri tasarımında doğadan esinlenme, doğanın tekniğini değerlendirme konusuyla en yakın ilişkili kavram olduğu saptanmış olup, son yıllarda kullanım alanı genişleyen bu kavramın gelecekte daha sık kullanılacağı ve tasarım alanında önemli bir yere sahip olacağı öngörülmüştür.



### **3. BİYOMİMETİK TASARIM ÖRNEKLERİ**

Biyomimetik tasarım örnekleri doğanın yapı, işlev ve biçimlerinden esinlenen tasarımlarından oluşmaktadır. Biyomimetik tasarım örneklerine kitap, dergi, makale, internet gibi kaynaklardan ulaşılmıştır. Örnekler incelenerek malzeme ve yapı yönünden doğayı taklit eden tasarımlar olarak iki sınıfa ayrılmıştır. Yapı yönünden taklit etme yapısal ve dokusal olarak sınıflandırılmış, yapısal yapılar ise işlevin yapıyı oluşturduğu yapısal ve biçimin yapıyı oluşturduğu yapısal olarak kategorize edilmiştir.

Biyomimetik ürünlerinin doğadaki biçimlere benzemesi gibi bir algı söz konusudur. Sonuç ürünler biçimsel olarak esinlenen ürüne benzeyebilir fakat biyomimetik tasarımda amaç analogi değil doğanın dehasını kullanmaktır. Biyomimetik tasarım örneklerinde de açıklanacağı üzere, doğadan esinlenme sadece biçimsel değil malzeme, yapı ve işlevsel boyutlarda olabilir. Biyomimetik tasarım örneklerinin uygulanmasında kullanılan yöntemler ise dördüncü bölümde açıklanacaktır.

Doğadaki örneklerin sadece biçimsel özelliklerinin kullanılarak işlevin değerlendirilmediği tasarım örneklerine tezin 4. Bölümünde doğaya benzetme, doğaya öykünme kavramları kapsamında değinilmiş olup, canlıların biçimsel özelliklerinin işlevsel amaçlarla kullanılması biçimin yapıyı oluşturduğu yapılar yapısal başlığı kapsamında bu bölümde örneklerle açıklanmıştır.

#### **3.1 Malzeme Yönünden Doğayı Taklit Eden Tasarımlar**

Biyomimetikğin yeni malzemelerin gelişiminde önemli bir yeri vardır. Ürün tasarımı sürecinde malzeme son derece önemlidir. Malzeme seçimi tasarım aşamasında yapılırken yeni ürün tasarımlarında istenilen amaca yönelik olarak malzeme ön plana çıkabilmektedir. Bu anlamda doğanın örneklerinden ilham alınarak geliştirilen ileri teknoloji malzemeler geniş bir ürün yelpazesi sunabilmekte ve ürünün çekiciliğini sağlayan ana unsur olabilmektedir.

Biyolojik yapıların kullandığı doğal malzemeler incelenerek endüstriyel malzemeler üretilmektedir. Doğadaki malzemelerin dayanıklılığı, kendini temiz tutabilme özelliği, tutunabilme, yapışabilme özelliği gibi birçok özellik bugün endüstriyel ürünlerde kullanılmaktadır. Doğanın gözlemlenmesi ve biyolojik araştırmalar sayesinde ortaya çıkan biyomimetik malzeme örnekleri incelenmiştir. Örneklerde esinlenen örneğin özelliği ve aktarılan uygulama alanı belirtilmiş, daha iyi anlaşılabilmesi açısından görseller kullanılmıştır.

### **Nilüfer yaprağı-kir tutmama özelliği**

Araştırmacı Wilhelm Barthlott nilüfer yaprağı ile ilgili yaptığı araştırmada yaprağın küçük kabarcıkları olan ve suyu iten yapışkan kristallere sahip olduğunu keşfetmiştir. Nilüfer yaprağının yüzeyindeki kirli moleküller yaprağın üzerinde bulunan tümsekler sayesinde yükselmekte ve su damlacıklarıyla kolayca toplanabilmektedir. Nilüfer yaprağının kirletici maddeleri geride bırakan bu özelliği Barthlott tarafından dış cephe boyamaları gibi çeşitli ürünlere uygulanmıştır. Bu özellik 'lotus etkisi' olarak bilinmekte ve tekstil, ahşap, cam gibi malzemelerde bu özellik kullanılmaktadır (www.designboom.com). Şekil 3.1'de nilüfer yaprağının tümsekli yapısını ve su tutmama özelliğini görmekteyiz. Yaprağın üzerinde 0.005-0.01 mm yükseklikteki küçük sayısız tümsek ve balmumu gibi bir tabaka vardır. Su damlaları bu sayede yaprağın üst noktalarında kalabilmektedir. Bu kısıtlı tutunabilme yüzünden damlacıklar yaprak üzerinden hızlıca yuvarlanmakta, yuvarlanırken de toprak parçalarını yaprağın üzerinden almaktadırlar (Deyoung ve Hobbs, 2009, s. 113).



**Şekil 3.1 :** Lotus etkisi ve nilüfer yaprağı.

Nilüfer yaprağının kabarcıklarının biçimsel özelliği ve yapışkan kristal yapısı endüstri ürünleri tasarımında malzeme yönünden taklit edilerek başarılı sonuçlara ulaşılmış olup yüksek gökdelenlerin camlarının temizliğinde, otomobil yüzeylerinin



temizliğinde, duvar boyalarında ve daha birçok alanda hijyen ve kolaylık bakımından önemli bir keşif sayılmaktadır. Malzemenin bu devrimsel özelliği piyasada birçok üründe karşımıza çıkmakta ve kullanım alanı git gide artmaktadır. Türkiye’de Eczacıbaşı firması Vitra markalı lavabolarında bu özelliği yenilik olarak kullanmıştır.

### **Penguen gözü-gözlük camı**

Penguenler, kutuplardaki güneş ışığının yoğun parlaklığına rağmen net bir görüş gücüne sahiptir. Bu hayvanların gözlerinde, güneş spektrumunun mavi ve ultraviyole renkleri filtrelemelerini sağlayan bir sıvı bulunmaktadır (Şekil 3.2). Araştırmacıların penguenlerin görüş üstünlüğünü turuncu renkli filtreyle tasarıma aktarmaları, kaynak ustalarının önceden kullandıkları maskelerden daha şeffaf ve güvenli turuncu renkli maske ve ekran kullanmalarına sebebiyet vermiştir (Şekil 3.3). Ayrıca turuncu renkli güneş gözlükleri pilot, denizci ve kayakçılara parlak ışık, pus ve siste daha net bir görüş olanağı sağlamaktadır. Turuncu renkli gözlüklerin katarakt ve maküler dejenerasyondan (merkezi görüşünüzü bulanıklaştırırken yan ve küresel görüşünüzü etkilemeyen bir göz hastalığı) kaynaklanan göz rahatsızlığı olan hastalara da yardımcı olabileceği düşünülmektedir (Deyoung ve Hobbs, 2009, s. 113)



**Şekil 3.2** : Penguen gözü.



**Şekil 3.3** : Turuncu renkli gözlük.

Penguenlerin gözündeki bu filtreleyici özellikten esinlenerek tasarlanan turuncu renkli gözlük camları kullanılan malzemenin özelliği ile ön plana çıkmaktadır. Bu biyomimetik tasarım örneği malzeme yönünden doğayı taklit eden tasarımlar kategorisinde yer almaktadır. Gözlük ve maske tasarımında kullanımı, bu ürünlerin

kullanım amaçlarını en uygun şekilde gerçekleştirmesini sağlamakla birlikte göz sağlığı açısından da kullanıcıya büyük katkı sağlamaktadır.

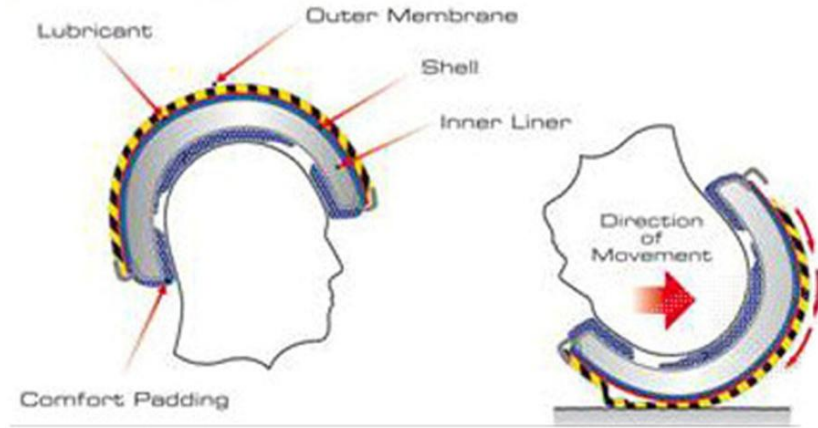
### **İnsan derisi-kask örneği**

Motosiklet kazalarındaki yaralanmaları önlemek için 15 yıl önce çalışmalar yapan İngiliz doktor Ken Philips, en güvenli kaskın bile çarpışmadan hemen sonra başın dönüşünü durduramadığını tespit etti. Philips daha sonra doğanın insanın başını korumak için müthiş bir icadı olduğunu farketti. İnsan derisi, bu örnekte kafa derisi, etkinin yönüne doğru hareket etmeye karşı bir hareket sağlar ve böylece kafatasımızdaki baskının etkisini azaltmış olur. Dr. Philips kaskın üzerinin kafa derisi gibi ince bir malzeme ile kaplanmasının yaralanmaları önleyeceğini, kullanıcıların kafatasını ve beynini koruyacağını önermiş ve 'Superskin' teknolojisini yaratmıştır (Şekil 3.4). Test sonuçlarına göre yeni kask tasarımı yaralanmaları % 67.5 oranında azaltmıştır (inventorspot.com).



**Şekil 3.4 :** İnsan derisi-kask örneği.

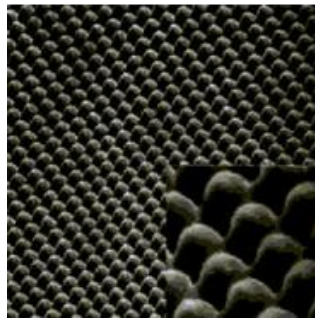
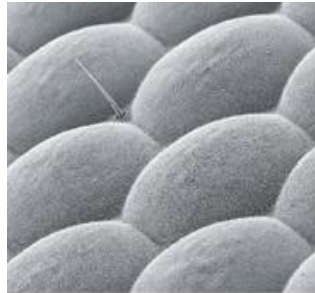
Kask üzerine kaplanan malzeme insanın derisi gibi esnek bir yapıya sahip olup, bu özellikten ilham alarak geliştirilmiştir. Malzeme yönünden insan derisini taklit eden bu tasarım, ilham alınan örneği ile aynı işlevi gerçekleştirmesi bakımından değerlendirilmiş, yeni malzeme tasarımı ile bunu mümkün kılmıştır. Şekil 3.5'te görüldüğü gibi malzemenin esnekliği darbenin etki yönünün tersine bir etki yaratarak darbenin şiddetini azaltmaktadır.



**Şekil 3.5 :** Kaskın çarpışma etkisi.

### **Güve gözü-ekran teknolojisi**

Autotype isimli bir malzeme firması, güvenin gözünde bulunan, yansıtma yapmadan ışığı olabildiğince toplayan karmaşık mikrostrüktürden esinlenerek plastik bir film geliştirmişlerdir (Şekil 3.6). Bu filmi cep telefonu ekranlarına uygulayarak telefon ekranının yansıtma yapmamasını ve ekranı aydınlatmak için daha az ışık kullanarak pil ömrünün uzamasını sağlamışlardır (The Economist, 2005).



**Şekil 3.6 :** Güve gözü-ekran teknolojisi.

Güve karanlıkta uçan ve büyük gözlere sahip bir canlıdır. Bu büyük gözlerinin ışığı yansıtmadan daha iyi görebilmesini ve diğer canlılara gözükmeden bunu yapabilmesini sağlayan dalgalı çıkıntılı yapısı vardır. Bu yapının tasarıma aktarımı

yenilikçi bir malzeme ile sonuçlanmıştır. Bu malzeme telefon ekranlarında kullanıldığı gibi solar panel, gözlük gibi birçok alanda kullanılabilir. Güvenin gözündeki ışığı yansıtıcı özellik malzeme tasarımında kullanılmış olup malzeme yönünden doğayı taklit eden bir biyomimetik tasarımdır.

### **Morfo kelebeği-strüktürel renk**

Biliminsanları nanoteknolojiyi kullanarak Morphotex ürününün hareket ettikçe renk değiştiren etkisini yaratmışlardır. Bu etki 'strüktürel renk' olarak bilinmektedir. Morfo kelebeğinin kanatlarını taklit eden Japon tekstil firması Teijin 61 çok ince dalgalı polyester katman ve naylon kullanarak Morphotex fiberini yaratmıştır (Şekil 3.7). Her katmanı 70-100 nanometre kalınlığında yaparak saçılan ışık sekmelerini kontrol etmektedir. Bu yapı kırmızı, yeşil, mavi, mor renklerini oluşturmaktadır (antenna.sciencemuseum.org.uk). Boya kullanmadan renk oluşumunu sağlayan bu teknoloji boyama için enerji harcanmaması bakımından sürdürülebilirlik açısından da önemli olmaktadır. Günümüzde tekstil, ürün tasarımı gibi birçok alanda bu biyomimetik örneğinin kullanılabilme potansiyeli vardır.



**Şekil 3.7 :** Morfo kelebeği- Strüktürel renk.

### **3.2 Strüktür Yönünden Doğayı Taklit eden Tasarımlar**

Ürün tasarımında strüktür ürünün görünümünü, imalatını, görsel kimliğini, kullanımını etkilemektedir. Şatır (2004) ilgili bildirisinde endüstri ürünleri tasarımında strüktür yönünden doğayı taklit etme ile ilgili olarak şu ifadeyi kullanmıştır:

“Tasarım geniş bir anlam içerir ve strüktürü, iskeleti, konstrüktif yapısı olmayan tasarımlara çok ender durumlarda rastlanabilir; bir kumaşın ya da estetik ağırlıklı bir tasarım grubuna

giren basit bir takımın bile kendi içinde yapısı ve strüktürü vardır. Buna göre canlı varlıkların yapıları ve strüktürleri tasarım alanı için vazgeçilmez örneklerdir.”

Ertaş ve Bayazıt (2009)’a göre farklı bilim dallarında strüktürden elemanlar ve parçalar arası ilişkiler düzeni ve bu ilişkileri biçimlendiren bir kavram olarak bahsedilmektedir. Tasarımda strüktürün ise bir tasarım nesnesinin fiziksel yapısını tanımlayan bir terim olduğu ifade edilmiştir. Endüstri ürünleri tasarımında strüktür, tasarımları ayakta tutan, biçiminin oluşmasına yardım eden, özel bir düzenle biraraya getirilmiş parçaların meydana getirildiği sistem olarak tanımlanmaktadır. İlgili makalede ayrıca tasarımın ortaya konmasında, onu ayağa kaldıran düzen olarak strüktürün önemli bir yeri olduğu, strüktür sisteminin bir ilişkiler bütünü olduğundan strüktürü oluşturan öğelerin ve bunlar arasındaki ilişkilerin doğru tanımlanması gerektiğinden bahsedilir. Strüktürü oluşturan öğeler göz önünde bulundurularak biyomimetik tasarım örnekleri strüktür kapsamında incelenirken bu öğeler arasında sınıflandırma yapılarak, örneklerin daha iyi anlaşılması amaçlanmıştır.

Strüktür yönünden doğayı taklit eden tasarımlar yapısal ve dokusal strüktürler olarak iki ana başlık altında, yapısal strüktür ise işlevin yapıyı oluşturduğu strüktürler yapısalı ve biçimin yapıyı oluşturduğu strüktürler yapısalı olarak iki alt başlık altında incelenmiştir. İşlevin yapıyı oluşturduğu strüktürler yapısalı doğanın örneklerinden işlevsel boyutta esinlemeyi ifade eden yapısalıdır. İstenilen işleve yönelik doğadan araştırılan örneklerin tekniği, sistemi tasarıma aktarılır. Biçimin yapıyı oluşturduğu strüktürler yapısalında ise, istenilen amacı gerçekleştiren örneklerin biçimleri taklit edilerek tasarıma aktarılır.

### **3.2.1 Yapısal strüktür**

Biyomimetik tasarım örneklerinde yapısal strüktür örnekleri işlevin yapıyı oluşturduğu ve biçimin yapıyı oluşturduğu strüktürler yapısalı olarak sınıflandırılmıştır. Yapısal strüktürü oluşturan biçim ve işlev öğeleri ayrı ayrı değerlendirilerek doğadan esinlenmede problemlerin çözümüne yönelik değerlendirilen işlevsel ve biçimsel yaklaşımlar örneklendirilmiştir.

Doğanın yapısal strüktürlerinden esinlenerek ortaya çıkan biyomimetik tasarım örnekleri dışında ağaç ve kemiklerden dayanıklılık ve malzemeyi en uygun hale getirmeyi öğrenme konusunda bir yazılım da geliştirilmiştir. Ağaçların dayanıklılıklarını arttırmak için lif düzenlemeleri, dayanıklılığın gerektiği yerde daha

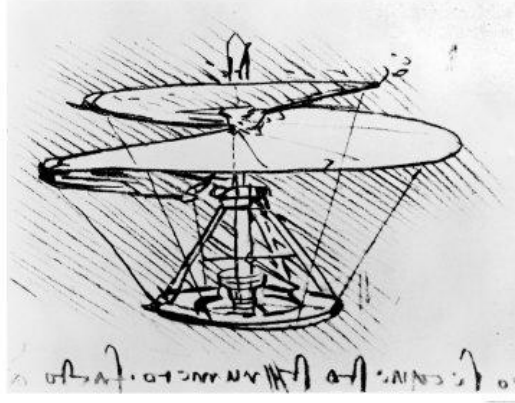
fazla malzeme kullanma gibi çeşitli yolları vardır. Kemikler ise ağaçların aksine hareketli yükler taşımak zorundadır. Bu yapılar gerekli olmayan yerlerdeki fazla malzemeyi ortadan kaldırarak dinamik iş yükleri için yapılarını en uygun hale getirmektedirler. Mühendisler bunları birleştirerek, ağaçların ve kemiklerin dayanıklılıklarını en ideal hale getirme ve malzeme kullanımını en aza indirmenin nasıl gerçekleştiğini yazılım tasarımı programlarına aktarmışlardır. Claus Mattheck endüstriyel tasarımda devrim niteliğindeki ‘Soft Kill Option’ yazılımını geliştirmiştir. Araba tasarımlarında bu programın kullanımı, yeni araçların tasarımında geleneksel araçlar gibi kaza güvenliği olan ve %30 daha hafif olma gibi sonuçlar vermiştir (biomimicryinstitute.org).

### **3.2.1.1 İşlevin yapıyı oluşturduğu strüktürler yapısalı**

#### **Leonardo da Vinci örnekleri**

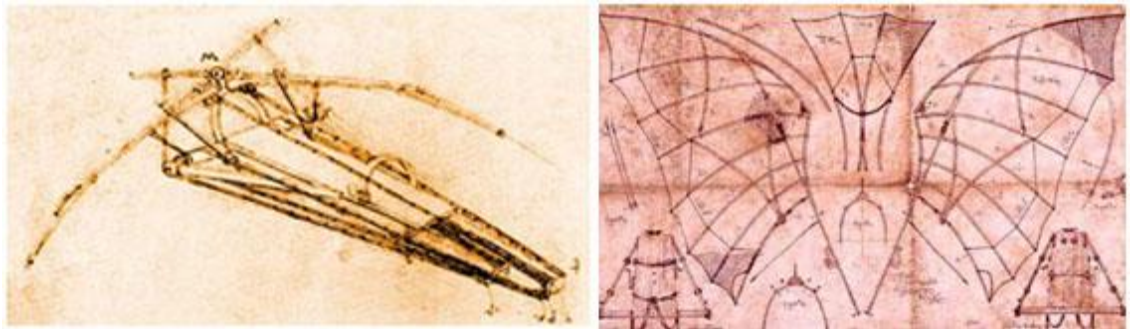
Teknolojik amaçlar için doğayı taklit etme sanatı ve bilimi geçmişe dayanmaktadır. İlham almak için doğayı dikkatle inceleyen tarihin en önemli kişilerinden biri Leonardo da Vinci'dir. 1480'lerde da Vinci kuşların ve yarasaların uçuşlarını araştırmış bu bilgiyi uçan araçlara dönüştürmüştür. Bu tasarımların sahada hiç test edilmediğine dair tartışmalar olmakla birlikte, bu tasarımlar hala bugünkü mucitlere ilham kaynağı olmaktadır (Marshall, 2009, s. 36).

Şekil 3.8'deki çizim Leonardo da Vinci'nin ‘airscrew’ olarak bilinen ve bugünkü helikopterin çalışma prensibine benzeyen bir tasarımıdır. Bir çok da Vinci fikri gibi bu fikir de inşa edilip test edilmemiştir fakat nasıl çalışacağı notlar ve çizimlerle ifade edilmiştir. Makinenin tasarımı havayı sıkıştırarak uçuşu sağlama prensibine dayanır. Saz, keten ve telden yapılan makine, merkezinde duran bir kişinin kolları çevirerek aksı döndürmesiyle çalışır. Yeterli dönmeyle da Vinci icadının yerden kalkacağına inanmıştı. Fakat ağırlık nedeniyle bilim insanları bu icadın uçabileceğini düşünmemektedirler (www.da-vinci-inventions.com).



**Şekil 3.8 :** da Vinci helikopter tasarımı.

Da Vinci doğadaki kanatlı hayvanların uçuşunu gözlemleyerek makinelerinde bu sistemleri taklit etmek istemiştir. Şekil 3.9'da görülen uçan makine olarak bilinen icadı onun gözlem ve hayal gücünü göstermektedir. Da Vinci notlarında yarasa, uçurtma ve kuşlardan esinlendiğini belirtmiştir. Uçan makinenin pilotu yüz üstü yatarak kanatları hareket ettirmek için çubuk ve makara sistemine bağlı kolu çeviriyor. Makine ayrıca enerji verimini artırmak için ve yönlendirmek için elle kullanılan bir kola sahiptir. Pilot elleri ve ayaklarıyla makinenin parçalarını çevirdikçe makine kanat çırpıyor. İcattaki doğadan alınan ilham kanat çırpmasıyla birlikte dönebilme özelliğiyle açıkça görülmektedir. Şekil 3.9'da görülen çizim de Vinci'nin yarasa ve kuşlardan ilham alarak çizdiği mekanik kanatların planıdır ([www.da-vinci-inventions.com](http://www.da-vinci-inventions.com)).



**Şekil 3.9 :** Uçan makina ve mekanik kanatlar.

### **Eastgate merkezi-termit yuvası**

Biyomimikri binaların tasarımında ve mimari altyapının tasarımında da kullanılmaktadır. Arup mimarlık firması termit yuvasının yapısını taklit ederek Eastgate ofis kompleksini tasarlamıştır (Şekil 3.10). Termit yuvasının kendini



soğutma yeteneği bu yapıyı ilham almalarına neden olmuştur (www.designboom.com). Termit yuvasının bulunduğu bölgedeki sıcaklık 3 ve 42 derece arasında değişirken, yuva içindeki sıcaklık 31 derecede sabit kalmaktadır (biomimicryinstitute.org).



**Şekil 3.10 :** Eastgate merkezi-karınca yuvası.

Şekil 3.11’da görülen termit yuvalarının havalandırma sisteminden esinlenen binada temiz hava birinci kattaki açık alanlarından fanlarla içeri alınıyor ve binanın merkezindeki dikey borulara itiliyor, böylece temiz hava her katın tavanındaki egzoz deliklerinden çıkan kirli havayla yer değiştiriyor. Binalardaki enerji kullanımının büyük çoğunluğu ısıtma ve soğutmadan kaynaklanıyor. Bu sebeple ısıyı düzenlemenin sürdürülebilir yollarını bulmak çok önemli olmaktadır. Bu bina büyüklüğüyle karşılaştırıldığında ısıtma ve soğutma işlemlerini %90 azaltmayı başarmıştır (www.designboom.com).



**Şekil 3.11 :** Termit yuvası havalandırma sistemi.

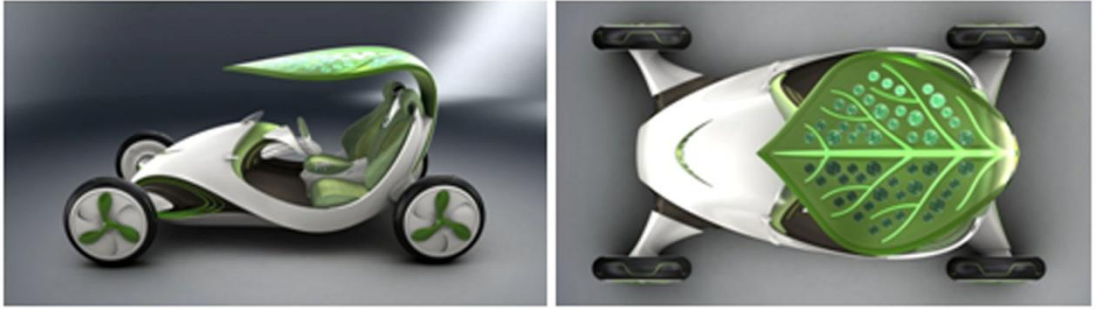


Bulduğumuz ortamdaki ısının ideal olması gerekliliği lüks ve konfora verilen önemle doğru orantılı olarak artmakta, bu da daha fazla enerji harcanmasına sebebiyet vermektedir. Karınca yuvasının ısıyı düzenleyen işlevsel özelliğinin binada uygulanmasını ortaya çıkardığı %90 enerji tasarrufu sonucu, ekonomik açıdan olduğu gibi ve çevresel koruma açısından da dikkate değer ve önemli bir gelişmedir.

### **Fotosentez yapan araç**

Çinli otomobil üreticisi SAIC'in (Shanghai Otomotiv Endüstrisi Kurumu) "Yez" isimli prototip otomobili, karbondioksidi emerek havaya oksijen veriyor. SAIC'in (Shanghai Automotive Industry) Yez (Çince'de yaprak) isimli konsept aracı fotosentez yapabilme özelliğine sahiptir. Ayrıca güneş ve rüzgarı kullanarak fotoelektrik dönüşüm yapabiliyor ([www.sayisalgrafik.com.tr](http://www.sayisalgrafik.com.tr)).

Fotosentez yapan aracın üst kısmında solar paneller, tekerleğinde ise rüzgar türbinleri bulunuyor (Şekil3.12). Araç ilerlerken oluşan esintiden üretilen enerji pillerde depo ediliyor. Sensörler ve GPS teknolojisine sahip araç, otonom çalışabiliyor.



**Şekil 3.12 :** Fotosentez yapan araç.

Doğadaki fotosentez olayı birebir taklit edilerek aynı işlev için tasarıma uygulanmıştır. Sürdürülebilirlik için doğanın stratejisini araca uygulayan tasarım örneğinde doğadan yeşil yaprağın fotosentez olayını güneş ve rüzgar enerjisini kullanarak bu özellikleri yaprak adı verilmiş otomobile aktararak uygulayarak doğayı kirletmeden işlevini yerine getiren bu araç tasarımı yaprağı sembolik olarak değerlendirmiştir. Güneş pilleri ise yaprak üzerine monte edilmiştir.

### **Tesbih böceği-katlanabilme**

Doğadaki birçok böcek, iç organlarını ve kaslarını dış etmenlerden koruyan dış iskelete sahiptir. Tesbih böceği olarak bilinen isopoda da dış kabuğu sayesinde bükülerek korunmasını sağlar ve bunu kabuğunun katmanlı yapısını kullanarak

yapar. Bu katmanlı yapı birçok üründe uygulanmıştır (Kın, 2007, s. 26). Şekil 3.13'de görüldüğü gibi tesbit böceğinin iç içe geçebilen kabuk yapısı süzgeç tasarımına ilham olmuştur. Tesbit böceğinin işlevinden kaynaklanan yapısal süzgeç işlevinin yapısını oluşturmaktadır.



**Şekil 3.13 :** Tesbit böceği- katlanabilme.

### **3.2.1.2 Biçimin yapıyı oluşturduğu strüktürler yapısalı**

Biyomimetik tasarımda biçimin yapıyı oluşturduğu strüktürlerde doğadan esinlenen örneğin mantığı tasarıma aktarılırken bir amaca yönelik olarak biçim taklit edilmektedir. Bu biçim üründe görsel olarak farklılık yaratmak için değil istenilen fonksiyonu gerçekleştirmek için kullanılır. Amaç biçimsel benzetme değildir fakat aranan fonksiyon biçimi sayesinde bunu gerçekleştiriyorsa ürün doğadaki örneğine biçimsel olarak benzeyebilmektedir. Biyomimetik tasarım örneklerinde biçim estetik görünüme yönelik olarak değil strüktür yapısına yönelik olarak değerlendirilir ve tasarıma aktarılır.

### **Yalıçapkını kuşundan öğrenilen verimlilik**

West Japan Railway Şirketinin Shinkansen Bullet treni saatte 200 mile ulaşan hızıyla dünyadaki önemli hıza sahip bir trendir. Tren tünelden geçerken hava basıncı değişimiyle büyük bir gürültü çıkarma ve çeyrek mil uzaklıktaki sakinlerin şikayetlerine sebebiyet vermekteydi. Eiji Nakatsu, trenin şef mühendisi ve bir kuş gözlemcisi doğada iki ortam arasında çok hızlı ve sarsıntısızca geçiş yapan birşey olup olmadığını sorguladılar. Yapılan araştırmalar sonucunda trenin ön ve arka kısmı yalıçapkını kuşunun gagasından esinlenerek tasarlandı (Şekil 3.14). Yalıçapkını havada süzülerek suya dalmakta ve bunu balıkları yakalamak için çok az bir sarsıntıyla yapmaktadır. Trenin yeni tasarımı sadece daha sessiz bir trenle sonuçlanmayıp, %10

daha hızlı olduğu gibi, %15 daha az elektrik kullanımına sebebiyet vermiştir (biomimicryinstitute.org).



**Şekil 3.14** : Yalıçapkınıkuşu ve hız treni.

Yalıçapkını kuşunun gagasının biçiminden kaynaklanan işlevini trende uygulamak isteyen mühendisler, gaganın biçimini trenin strüktürel yapısında taklit ederek problemlerinin çözümüne ulaşmışlardır. Bu örnek biçimin yapıyı oluşturduğu strüktür yapısına en uygun örneklerden biridir. Biçim yapısalı işleve yönelik tasarlanmış olup, bu biçimin aynı zamanda enerji kullanımını da azaltması doğadaki çözümlerden fikir alınmasının sürdürülebilirlik temelinde fayda sağlayacağı düşüncesini pekiştirmiştir.

### **Mercedes-Benz konsept otomobili**

Mercedes-benz mühendisleri yeni aerodinamik konsept otomobil tasarlamaya çalışırken ilham almak için su altındaki balıkların formlarını araştırmaya başladılar ve kutu balığı olarak da bilinen ‘ostracion cubicus’ balığına odaklandılar. Bu balık büyük hacimli bir gövdesi olmasına rağmen, düşük sürtünme katsayısı ve sert iskeleti sayesinde çok hızlı yüzme yeteneğine sahiptir. Otomobil ve kutu balığı arasındaki benzerlikleri tesbit ederken tasarımcılar yeni bir araç modellediler (Şekil 3.15). Ortaya çıkan tasarım kutu balığına benzeyen alışılmamış bir forma ve test sonuçlarına göre şimdiye kadar test edilmiş en düşük sürtünme katsayısına sahip olmuştur (www.designboom.com). Kutu balığının strüktürel biçimi tasarıma aktararak balığın düşük sürtünme katsayısına sahip özelliği otomobile uygulanmıştır.



**Şekil 3.15 :** Kutu balığı-Mercedes Benz otomobili.

### **Balina yüzgecinden ilham alan rüzgar türbini**

Araştırmacılar kambur balinanın yüzgecindeki tümseklerin aerodinamik çalışmasının hızın kesilmesini önlediğini keşfetmişlerdir. Bu fikir Whale Power firması tarafından rüzgar türbinlerine uygulanmıştır. Kambur balinadan ilham alınan prototipler ürünün performansını saatte 17 mil hızında ikiye katladığını göstermiş ve daha verimli türbinlerin ortaya çıkmasına sebebiyet vermiştir ([www.designboom.com](http://www.designboom.com)) (Şekil 3.16).



**Şekil 3.16 :** Balina yüzgeci- rüzgar türbini.

Kambur balinanın yüzgeci diğer balina türlerinden farklı olarak gelişmiştir. Bu yapı sayesinde kambur balinalar suyun kaldırma kuvvetinden daha fazla yararlanmakta ve sürüklenmeyi en aza indirmektedir. Kambur balinanın yüzgecinin bu biçimi rüzgar türbinine aktarılarak yeni kanat tasarımı geliştirilmiştir. Bu teknolojiye tüberkül (yumru) teknolojisi denmektedir. Tüberküllü kanat ve düz kanat karşılaştırıldığında



tüberküllü kanadın daha fazla yükselim yaptığı ve hızının daha geç kesilmeye başladığı görülmüştür. Kanadın önündeki tümsekli kanallar rüzgar akışını ayırarak düz zemindeki ivmeyi artırıyor ve kanadın genişliği boyunca hava akımını engelliyor. Hava akışının kanallar içine saklanmasıyla daha fazla rüzgar yakalanıyor. Belli açı yönünde eğilen kanatlar gelen rüzgarın yönüyle çakıştığı için daha çok dönüyor. Bu sayede düşük hızlarda bile enerji üretimi mümkün hale gelmekte ve verim artmaktadır (Elektrikport.com).

Tüberkül teknolojiisiyle yeni pervane tasarımları geliştirilmektedir. Bu pervaneler geleneksel modellere göre daha fazla hava çevirerek daha az enerji kullanmaktadır. Yine tüberkül teknolojisi ile üretilen bilgisayar fanlarında verimliliğin %11 arttığı tespit edilmiştir (Elektrikport.com).

### **Okalıptus Çiçeği-Sokak Lambası**

Batı Avustralya’da kullanılan güneş enerjisiyle çalışan sokak lambası yerli okalıptus ağacının çiçeğinden esinlenerek tasarlanmıştır (Şekil 3.17). Tasarımcılar: Cassandra Rowles, Bronwen Vines ve diğ.

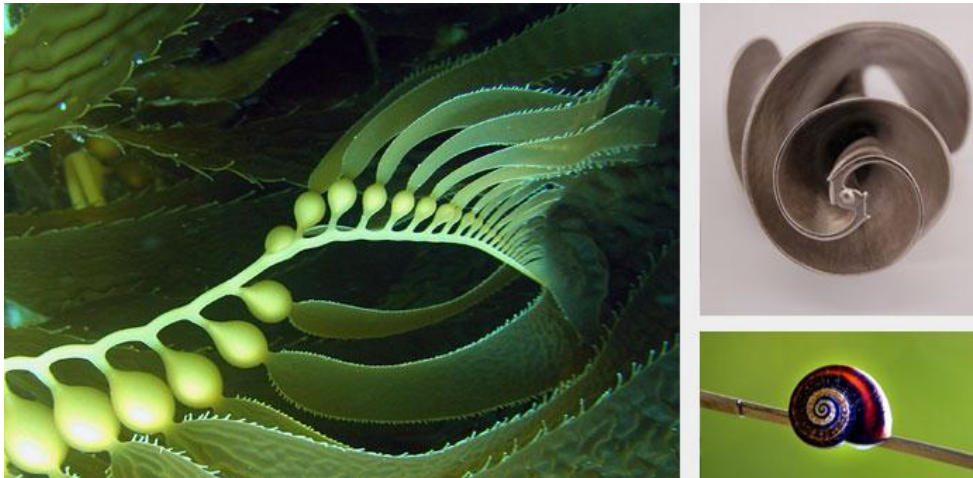
Gün ışığında solar hücreler Avustralya’nın güçlü güneş ışığını toplayarak koni biçimli alanın içindeki batarya bölmesinde depo edilir. Gün batımından sonra, elektrik yüzlerce enerji tasarruflu tübüllerden transfer edilir ve ışık aşağı doğru yayılarak sokağı aydınlatır (Marshall, 2009, s. 26).



**Şekil 3.17** : Okalıptus çiçeği-sokak lambası.

### Fanlarda enerji verimliliği

Günlük hayatımızda sessiz bir ortamda bile, kullandığımız bilgisayar, klima, elektrikli aletler vb. sistemlerde kullanılan bir fanın çalışması sesini duymaktayız. Fan ve diğer döngüsel sistemler enerji kullanımının önemli bir bileşenidir. Bu gibi aletler daha önce doğadan ilham alınarak tasarlanmamıştı. Doğadaki akışkan sıvı, gaz ve ısı insan üretimi pervanelerden şekilsel olarak farklı bir geometrik düzeni takip etmektedir. Doğa su ve havayı deniz kabuğunda gördüğümüz logaritmik katlanarak büyüyen spiral kullanarak taşır. Fibonacci serisi ve altın oran bilinen bu matematiksel oranı filin hortumunda, bukalemunun kuyruğunda, galaksinin dönen örneklerinde, okyanusun kıyıya vuran dalgalarında, iç kulaktaki kulak salyangoz kemiğinin şeklinde ve cilt gözeneklerimizde görebilmekteyiz. Doğadaki su ve havanın geçişini sağlayan bu örneklerden ilham alan mühendislik araştırmaları ve ürün tasarımı yapan Pax Scientific firması, bu faydalı geometriyi ilk defa fan, mikser, pervane, türbin, pompa gibi döner çalıştırılan aletlere uygulamıştır (Şekil 3.18). Uygulamaya bağlı olarak, sonuç tasarımlar, geleneksel pervanelere oranla enerji kullanımını %10-85, gürültüyü %75'e kadar azaltmıştır (biomimicryinstitute.org).



Şekil 3.18 : Enerji verimli fan.

### 3.2.2 Dokusal Strüktürler

Doku, nesnenin üst yüzey niteliği olarak tanımlanır. Ürünlerde kullanılan malzemenin yapısı da aynı zamanda dokuyu oluşturmaktadır fakat bu, ürünün yapısal dokusu değildir. Ürünün genel yapısını ve biçimini oluşturmak için kullanılan doku yapısal doku olarak tanımlanmaktadır (Kın, 2007, s.29). Ertaş (2007)'a göre nesnelere göz yoluyla zihinde bıraktığı etki olan görsel dokunun yanı sıra tasarımın

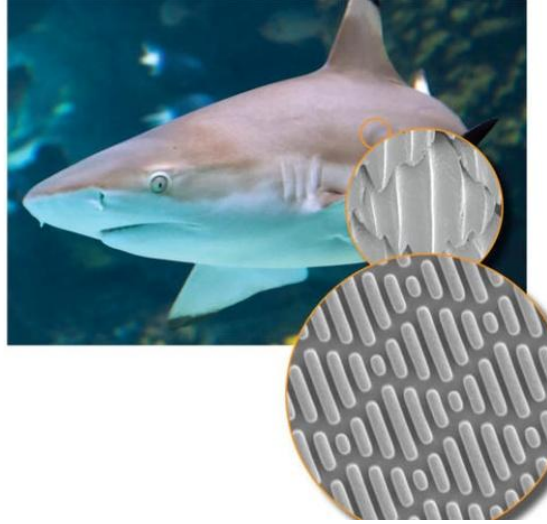
yüzeyinde üçüncü boyutu belirgin olan dokular görsel etkiyi artırmaktan çok işlevsel olarak kullanılmaktadır. Ayrıca tasarımda yaratılan bu dokuların strüktürel özelliği etkilediği belirtilmiştir.

Doğada deniz kabuğu, salyangoz gibi canlıların dokuları suda yok olmadan var olabilmelerini sağlamaktadır. Bazı plastik mobilyalarda tekdüze devam eden yüzeyler estetik bakımdan istenilen etkiyi sağlamazken, ürünler üzerinde yaratılan farklı dokular tasarımın görsel etkisini de arttırmaktadır (Ertaş, 2007, s.51).

Biyomimetik tasarımda doğanın dokusal strüktürlerinden ilham alırken amaç görsel etkiyi artırmak değil, dokunun sağladığı işlevi yerine getirmektir. Bu kapsamda biyomimetik tasarım örneklerinde dokusal strüktürden faydalanarak geliştirilen ürünler incelenmiştir. Kın (2007)'a göre teknolojik gelişmeler, duyularımızla algılayamayacağımız mikro ve makro boyutlardaki dokulara ulaşabilememize olanak sağlamıştır. Ayrıca ilgili tezde mikroskopla doğal bir yapının dokusu incelenerek yapının hangi işlevsel özellikler gösterdiği belirlenip yeni ürün tasarımlarında bu bilgilerden ilham alınabileceği ifade edilmiştir. Doğadaki dokuların incelenerek tasarıma aktarılmasında geliştirilen yeni ürünler detaylı mikroskobik incelemeler gerektirmekte ve tasarımcının diğer disiplinlerle çalışmasını gerekli kılmaktadır.

### **Köpek balığı derisi- bakteri önleyici**

Balinanın derisi bakteri ve yapışkan tip deniz canlılarını kolayca barındırabilirken köpekbalıkları temiz kalmaktadır. Bu parazitler köpekbalığı derisine de gelmesine rağmen tutunamamaktadır. Biliminsanları köpek balığı üzerindeki dokudan esinlenerek bu dokuyu yapışkan film üzerinde uygulamışlardır (Şekil 3.19). Florida'da bulunan biyoteknoloji firması Sharklet Technologies tarafından patenti alınan film mikroskobik elmas şeklinde tümseklere sahiptir ve bakterilere koloni oluşturmak için uygun bir yer sağlamamaktadır. Bu tasarım hastanelerde, halka ait tuvaletlerde, kapı kolları ve su depoları gibi nesnelere yaşayan bakterileri önlemeyi amaçlamaktadır (Cooper, 2009).



**Şekil 3.19 :** Köpek balığı derisindeki doku.

### **Ağaç kurbağası ve geko kertenkelesi-yapışma özelliği**

Ağaç kurbağaları yaprakların ıslak ve alt tarafına tutunabilme yeteneğine sahiptir. Ancak onların tutma kabiliyeti geko kertenkelesinden biraz farklıdır. Geko ayakları üzerinde kuru birçok tüye sahipken ağaç kurbağası ayağı ince bir mukus tabakası üzerinde mikroskobik kabarıklıklara sahiptir (Şekil 3.20). Bu kabarıklıklar veya ‘pençe’ yaprakla temas ederek tutunur. Bu çekim geko kertenkelesi tarafından kullanılan moleküler güç ile benzerlik içerir. Bu ayrıca ıslak kağıdın bir cam yüzeye yapışması gibidir. Kurbağa ıslak bir yaprağın üzerindeyken fazla su ayağındaki pençeler arasından kanallarla taşınır. Pençelerin çift mekanizması ve mukus, kurbağaların yüzeyi kuru, ıslak, kaygan veya pürüzlü olmasına bakmaksızın yaprak altında ve üstünde durabilmelerini sağlar. Araştırmacılar ağaç kurbağası çalışmalarının çekiş gücünü koruyarak suyu uzaklaştıran otomobil lastiği tasarımları geliştirileceğine inanmaktadırlar (Deyoung ve Hobbs, 2009, s. 114).





**Şekil 3.20 :** Ağaç kurbağası.

Gecko ise arboreal ve terrestrial (ağaçlarda ve karasal alanlarda) yaşayan kertenkelelerin genel adıdır (Lincoln ve Boxshall, 1995). Bu kertenkeleler duvarda ve tavanda yürüyerek böcekleri avlayabilmektedir. Mikroskopik incelemeler bu hayvanın ayak parmaklarında ince fırça gibi çok sayıda tüyün olduğunu göstermiştir (Şekil 3.21). Her tüy daha ince tüylere ayrılır ve bu tüyler hayvanın yüzeye tutunmasını sağlar. Bu mantık geliştirildiğinde tırmanma aletleri, ameliyatlarda kemikleri yapıştırma ve yapı malzemeleri gibi birçok alanda kullanılabilir (Deyoung ve Hobbs, 2009, s.107).



**Şekil 3.21 :** Geko kertenkelesi ayağı.

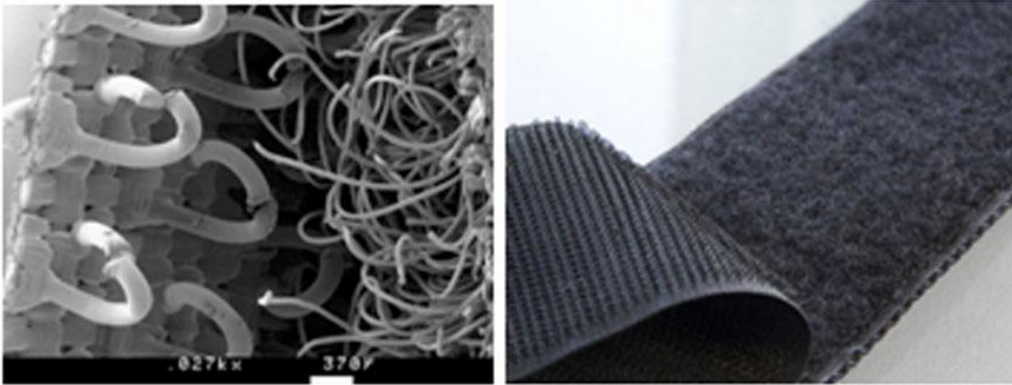
### **Pıtrak otu-cırtcirt**

İşveçli mühendis Georges de Mestral (1907- 1990), 1948 tarihinde Jura Dağı'nda av köpeğiyle yürürken, pıtrak otu ( *Xanthium Spinosum*) meyvelerinin av pantolonunun yününe ve köpeğinin tüyelerine takıldığını farketmiştir (Şekil 3.22). Büyüteçle bakıldığında pıtrak otu meyvelerinde yüzlerce küçük kanca görülür. Bu bulgulara

dayanarak de Mestral genellikle küçük esnek naylon kancalardan yapılmış *velcro* bağını icat etti (Şekil 3.23). Bu fikrin 1951 yılında İsveç'te patenti alınmıştır ve *velcro* ismi Fransızca yumuşak (*velours*) ve kanca (*crochet*) kelimelerinden gelmektedir (Deyoung ve Hobbs, 2009, s.150). Georges de Mestral'ın doğadaki gözleminden ortaya çıkan bu tasarım fikri biyomimetik tasarımın en en çok bilinen ve en iyi örneklerindedir.



Şekil 3.22 : Pıtrak otu meyvesi.



Şekil 3.23 : Cırt cırt.

Velcro günümüzde tekstilde, endüstriyel tasarımda ve birçok alanda sıklıkla kullanılmaktadır. Pıtrak otunun dokusal strüktürü yeni bir ürünün tasarımına ilham vermiş ve bu özellik taklit edilerek başarılı sonuçlara ulaşılmıştır.

### **Kedi dili-diş fırçası**

İnsanlar temizlik için çeşitli araçlar kullanmışlardır. Çalından süpürge yapımından son teknoloji diş fırçalarına kadar bir arada bulunan lif dokusundan faydalanmışlardır. Kediler dillerindeki tüylü yapı sayesinde vücut tüylerini tarayabiliyor ve temiz kalabiliyorlar. Benzer doku diş fırçasının arkasına uygulanarak ağız içindeki bakterilerin temizlenmesini sağlamaktadır (Kın, 2007, s. 28) (Şekil 3.24).



Şekil 3.24 : Kedi dili- diş fırçası.

### Çam kozalağı-akıllı giysi

Akıllı giysiler değişen hava koşullarına uyum sağlamaktadırlar. Vücut ısısı arttıkça, kumaştaki ufak açıklıklar ortaya çıkarak hava sirkülasyonunu sağlıyor, vücut ısısı düşünce tekrar kapanıyor. Akıllı giysilerin bu özelliği çam kozalağından ilham alınmıştır. Çam kozalağı ağaçtan düştükten sonra kuruyarak açılıyor ve tohumlarını bırakıyor (Şekil 3.25). Dış kabuklar sert liflere sahip iki katmandan oluşuyor ve farklı yönlerde uzanabiliyor. Kozalak düşünce dıştaki lif içteki liften daha fazla küçülerek kabuğun eğilmesini sağlıyor ve böylece içteki tohum ortaya çıkıyor.



Şekil 3.25 : Çam kozalağı.

Akıllı giysiyi örten insan saçı genişliğinde sayısız kapak çam kozalağı ile aynı işlevi yapıyor. Kumaş ısıyla genişleyip daralan kapakçıklardan oluşmaktadır. Giysi vücutta serinlemesine ihtiyaç duyulan bölgede bu işlevi gerçekleştirebilmektedir. Akıllı giysiler ilk olarak İngiltere’de askeriye için geliştirilmiştir, daha sonra biyomimikri uzmanı Julien Vincent bu giysi üzerine çalışmalar yapmıştır (Deyoung ve Hobbs, 2009, s. 160). Çam kozalağının kabuklarının lif yapısındaki prensibin tasarıma aktarımıyla giysinin dokusal strüktürünü oluşturmuş olup biyomimetik tasarımda dokusal strüktürler kapsamı içerisinde yer almaktadır.

### **3.3 Biyomimetik Tasarım Örneklerinin Değerlendirilmesi**

Biyomimetik tasarım örnekleri daha iyi anlaşılabilmesi açısından sınıflandırılarak açıklanmıştır. Bu örneklerde doğanın tekniğini değerlendirme söz konusudur. Biyomimetik tasarım alanında en bilinen örnekler seçilmiş olup, endüstri ürünleri tasarımında biyomimetikğin anlaşılması için önemli örneklerdir. Biyomimetik tasarım örnekleri doğadaki gözlemlerden ortaya çıktığı gibi biyolojik incelemeler gerektiren farklı disiplinlerin birarada çalışarak uyguladığı çalışmalardır.

Doğanın tekniğini değerlendirmede, doğadaki örneklerin malzemesi, biçimi, işlevi, dokusu taklit edilerek endüstriyel ürünlere uygulanır. Biyomimetikğin metodolojileri ve süreçleri 4. Bölümde detaylı olarak açıklanacaktır.

Biyomimetik örnekleri tasarım problemlerine çözüm olabildiği gibi, enerji verimliliği yaratan sonuçlar da doğurmaktadır. Teknolojik gelişmeler doğanın tekniğini değerlendirerek tasarım prensiplerine dönüştürme ve uygulama konusunda imkan sağlamaktadır. Endüstri ürünleri tasarımında biyomimetik tasarımın uygulanışı yenilikçi malzeme, sistem ve biçimlere sebebiyet vermektedir. Biyomimetik tasarım örneklerinde açıklandığı üzere, biyomimetik bir yenilik birçok alanda kullanılabilir.

#### **4. ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMINDA DOĞADAN ESİNLENME YÖNTEMLERİ VE BOYUTLARI**

Endüstri ürünleri tasarımının gelişimi ile birlikte tasarım metotları da ortaya çıkmıştır. Bu bölümde doğadan esinlenirken kullanılan tasarım metotları araştırılacak ve son yıllarda gelişmekte olan, doğanın örneklerini tasarıma aktarmayı amaçlayan biyomimetik tasarım metodu üzerinde durulacaktır.

Metodoloji düzeyi detaylı olmasa da, teknoloji tarihi ‘biyoteknik’ literatüründen haberdar olsun olmasın birçok tasarımcı ve mühendis, organizmalardaki yapısal ve işlevsel prensipleri mekanizmalarda taklit etmişlerdir. Örneğin havacılığın tarihinde, özellikle ilk zamanlarda öncülerin, kuşların, yarasaların ve kanatlı tohumların uçuşlarını dikkatlice araştırdıkları görülür. Diğer benzer örnekler gemi tasarımında da görülmektedir (Steadman, 2008) Organizmaların yapısal ve işlevsel prensipleri mühendislik, tasarım, mimari gibi birçok alanda kullanılmıştır. Bu kullanımlar Velcro örneğinde veya Leonardo da Vinci örneklerinde olduğu gibi gözlem yoluyla veya biyolojik incelemelerle süregelmiştir.

Dr. Vincent’e göre mevcut problemlerin çözümü için teknolojik ve biyolojik mekanizmaların benzerliği %10 düzeyindedir. Yani doğada kullanılabilir yararlı mekanizma potansiyeli çok fazladır (The Economist, 2005). Tasarımcıların bu potansiyelin farkında olup, doğru metodolojiyle doğadan ilham arayışları günümüzde amaçlanan bir durumdur. Bu doğrultuda çeşitli metodolojiler geliştirilmiştir. Güncel bu metodolojilerden önce de tasarımcılar doğadaki yapılardan örnek alıyorlardı. Soyutlama, doğaya öykünme, doğaya benzetme kavramları ile açıklanan bu yöntemler tasarımcının farklı disiplinlerle işbirliği yapmadığı biyolojik kaynakları görsel esinlenme veya gözlemleri üzerinden gerçekleştirdiği yöntemlerdir. Biyomimetik tasarlama ise biyoloji kaynaklarının kullanılmasıyla tasarım problemlerinin çözümlendiği, tasarımcıya farklı bakış açıları kazandıran yenilikçi fikirlere ilham oluşturabilecek bir yöntemdir. Bu bölümde tüm bu metodolojiler açıklanacak ve biyomimetik tasarım metodolojileri ve aşamaları tanımlanacaktır.

## 4.1 Doğadaki Yapıların Tasarım bilinci ile Tipik özellikleri

Doğada tasarıma ilham olabilecek sonsuz kaynak vardır ve tasarımcı mesleki bakış açısıyla doğadaki yapıları değerlendirmekte ve tasarım problemlerine çözüm geliştirmektedir. Doğada tasarım bilinci ile örnek gösterilebilecek sonsuz kaynak vardır ve bu yapılar tasarım alanında birçok yeniliğe ilham kaynağı olmaktadır.

Doğadaki basit strüktürlerin en bilinenleri, altın oran Fibonacci numaraları ve altın orandır. Fibonacci numaraları çiçeğin taçyaprakları, çam kozalağı, yaprak dizilişi ve bunun gibi işlevlere örnek olarak tekrar eder. Fibonacci numaraları gizemli bir öge olarak adlandırılmıştır fakat bunun için gizeme veya bir sihre gerek yoktur. Bu sadece işlevsellik ve evrimin sonucudur (Koivunen, 2005).

Doğadaki sistematik süreci, canlıların ve nesnelerin yapısını anlamak, tasarımcı ve mühendisler için yeni ufuklar açmakta ve ürün gelişimine katkı sağlamaktadır. Uzun bir biyolojik evrim tarihi olan mikroorganizmalar, bakteriler, bitkiler gibi birçok örnek yaşamlarını sürdürmeyi geliştirdikleri sistemlerle sağlamaktadırlar. Doğadaki öğretilerden biri de her şeyin geometrisinin olmasıdır ve doğa tasarım için tüketilmeyen bir kaynak niteliğindedir. (Ertas, 2007, s. 8) Doğadan esinlenmede yaratıcı süreç derin bir tecrübe ve algı gerektirir.

### 4.1.1 Fibonacci serisi ve altın oran

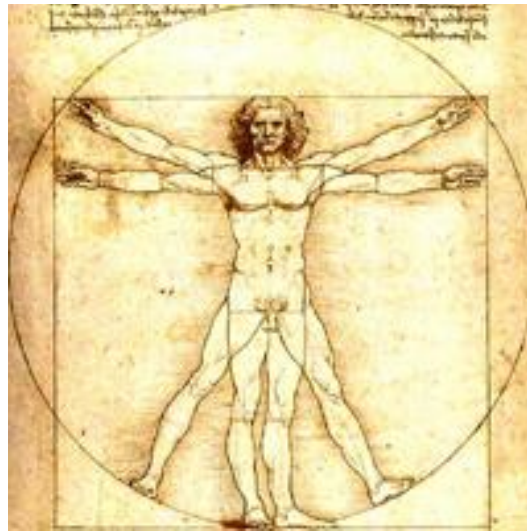
Doğadaki spiral şeklini sıklıkla görmekteyiz. Spiral şekiller doğada merkez bir nokta etrafına eklenecek olan yeni strüktürlerin kaplayacağı alanı en aza indirgeme gibi fiziksel süreçlerin bir sonucudur. Bitkilerin bu spiral yapıları Fibonacci sayıları ile ilgilidir. Bu sistem parçaların bir nokta etrafında en verimli şekilde sarmalanmasını sağlar (Şekil 4.1). Fibonacci numaraları 0'den başlayarak sonsuza kadar gider. Dizilimdeki her rakam bir önceki iki rakamın toplamı kadardır. Rakamlar 0,1,1,2,3,5,8,13,... gibi sıralanır (Williams, 2005). Fibonacci numaraları orta çağın en büyük matematikçisi olarak Fibonacci ismiyle bilinen İtalya'nın Pisa şehrinde doğmuş Leonardo Fibonacci (1170-1250) tarafından ortaya konmuştur (Ambrose ve Harris, 2003).



**Şekil 4.1 :** Ayçiçeği.

Fibonacci numaralarının oranı ‘altın oran’ olarak bilinen 8:13 oranını verir. Dizilimdeki büyük rakamın bir önceki rakama oranı yaklaşık 1.6 değerindedir. Örneğin  $13/8 = 1.625$ . Dizilim boyunca bu işlemi yaptığımızda sonuç ‘altın oran’ olarak bilinen 1.61804 değerine yaklaşır. Bu oran belki de doğada bulunduğundan dolayı göze hoş gelebilir ve grafik tasarımında kağıt ölçülerinde tasarımda dengeye ulaşmak için kullanılır (Ambrose ve Harris, 2003).

Altın oran doğada sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Mısırlılar piramitlerin boyutlarında, Eski Yunanlılar yapı süslemerinde altın oranı kullanmışlardır. Altın oran ayrıca Rönesans sanatında da görülmektedir. Leonardo da Vinci birçok eserinde bunu kullanmıştır. ‘Vitruvius adamı’ isimli insan vücudu eskizinde de bu oran kullanmıştır (Taylor, 2010) (Şekil 4.2).



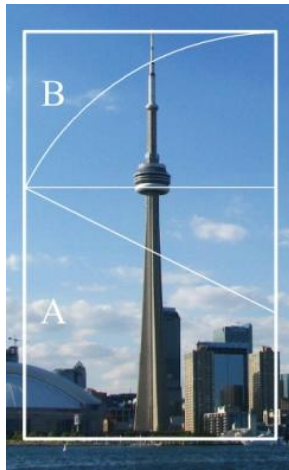
**Şekil 4.2 :** Vitruvius adamı.



Altın oran mimarlık ve iç mimarlık alanında da kullanılmaktadır. Mimaride altın oranın kullanımının ilk örnekleri M.Ö 2650 yıllarında yapıldığı belirlenen Keops Piramiti, M.Ö 447-423 yıllarında Atina’da inşa edilen Parthenon Tapınağı (Şekil 4.3), İtalya’nın güneyinde M.Ö. 460 yıllarında yapılmış Poseidon Tapınağı, Ortaçağ’da 1163-1245 yılları arasında yapılan Paris’in ünlü Notre- Dame Katedrali’dir (Çakar, 1992). Ayrıca Şekil 4.4’te görülen Toronto’daki CN Tower (Şekil 4.4) ve New York’daki Birleşmiş Milletler binası altın oranın kullanıldığı mimari örneklerdir (Ambrose, Harris ve Stone, 2008, s. 136)



Şekil 4.3 : Parthenon Tapınağı.

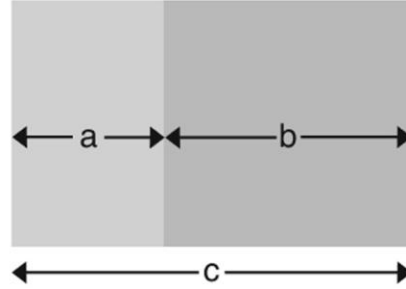


Şekil 4.4 : CN Tower.

20. yüzyıl modern mimarının öncülerinden, Le Corbusier altın oran ile yakından ilgilenmiş, yapılarının plan ve cephesinde bu oranı kullanmış, Altın Oran ve Fibonacci dizisinden yararlanarak özgün bir ölçü-orantı sistemi olan Modulor’ü geliştirmiştir. Le Corbusier mimaride bu oranı kullandığı gibi mobilya tasarımlarında da kullanmıştır (Tekkanat, 2006).

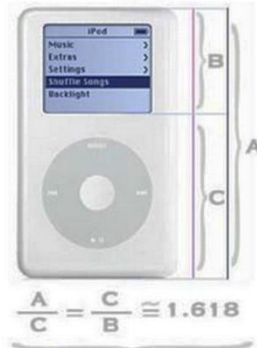


Alman ürün tasarımcısı Dieter Rams ve Apple tasarımcısı Jonathan Ive altın oranı ürün tasarımlarında kullanan tasarımcılar arasındadır (Taylor, 2010). Örneğin aşağıdaki dikdörtgenin a:b oranı b:c oranına eşittir ve 'altın oran' dır.(Williams ve Newton, 2009) (Şekil 4.5).



**Şekil 4.5 :** Altın oran gösterimi.

İpod arayüz tasarımlarında altın oran kullanımını Şekil 4.6'te görmekteyiz. İpod'un boyutuna A, ekran bölümüne B, kumanda kısmını C, olarak oranladığımızda  $A/C=C/B=1,618$  oranını elde ederiz (Tekkanat,2006). Grafik ve web tasarımında doğadaki bu oranın kullanımı oldukça fazladır. Sürekli kullandığımız a4 sayfasının oranının da altın oran olduğu bilinmektedir.



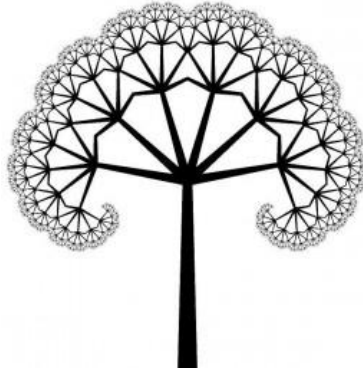
**Şekil 4.6 :** İpod altın oran ilişkisi.

Altın Oran ve Fibonacci Serisi mimari, sanat ve tasarım alanında sıkça kullanılmaktadır. Tasarımcıların üründe estetik kaygılarla bu oranı kullanmasının yanı sıra, form, fonksiyon ve strüktürdeki eniyilenme durumunun da bir aracı olduğu görülmektedir (Selçuk, Sorguç ve Akan, 2009) Altın oran tasarımcılarda bilinçli olarak kullanıldığı gibi tasarım tarihinin önemli ürünlerinin incelenmesi sonucu birçok tasarımda altın oran tesbit edilmiştir. Bilindiği gibi altın oran insan vücudunun oranlarında da bulunmaktadır. Tasarımcıların insan vücudunun oranlarına göre tasarlamış oldukları bazı ürünler araştırıldığında altın oran karşımıza çıkabilmektedir.

#### 4.1.2 Fraktal geometri

Doğadaki birçok örnek, büyümek için fraktal özellik gösterir. Fraktal Latince “parçalanmış, kırılmış” anlamına gelen “fractus” sözcüğünden gelmektedir. 1975 tarihinde Polonya’lı matematikçi Beneoit B. Mandelbrot tarafından ortaya konulan fraktal kavramı birçok alanla önemli etkiler yaratan yeni bir geometri sisteminin doğmasını sağlamıştır.(Kın, 2007, s. 20)

Doğal biçim ve ritimler, yaprak, ağaç dalları, dağ sırtları, nehrin su düzeyleri, dalga biçimleri, sinir uyarıları fraktal devamlılık gösteren yapılardır (Şekil 4.7). Fraktal konseptler fizikten müzik kompozisyonlarına, mimarlıktan tasarıma birçok alanda kullanılır. Tasarımcıların doğadaki bu fraktal yapıların zenginliğini farketmeleri yeni formların bilincini arttıracak ve geliştirecektir (Bovill, 1996). Şekil 4.8’de brokoli (*brassica oleracea*) örneğinde fraktal geometriyi görmekteyiz. Gaudi bu geometriyi tasarladığı binalarda kullanmıştır.



Şekil 4.7 : Fraktal özellik gösteren ağaç dalları.



Şekil 4.8 : Fraktal özellik gösteren brokoli bitkisi.

Endüstriyel tasarımcılar yıllarca simetri ve Öklid geometrisinden ilham alarak ürün tasarlamışlardır. Teknoloji ve malzemelerin gelişimi tasarımcılara Öklid geometrisinin sınırlarını aşmaya olanak sağlamıştır. Tasarımcılar inovatif

malzemelerle birlikte fraktal geometriye dayalı karmaşık şekiller kullanarak yeni ürünler tasarlamaya başlamışlardır. Bu karmaşık şekiller bazen doğadaki örnekleri taklit ederek tasarlanmaktadır (Novak, 2006, s. 176). Doğadaki örneklerin geometrik biçimleri de tasarımcılara ilham kaynağı olmakta ve çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır.

#### **4.2 Soyutlama Yöntemi İle Doğadan Esinlenme**

Soyutlama doğadaki prensiplerin biyolojik terimlerden sıyrılarak özündeki amaca yönelik kavramsallaştırılmasını ifade eder ve bu sayede farklı alanlara ilham kaynağı durumuna gelebilir. Soyutlama ürün tasarımında olduğu gibi, mimarlık ve sanat alanında çok kullanılan bir yöntemdir.

Endüstri devrimiyle birlikte gelişen sosyo-kültürel ortam birçok sanat dalını etkilemiş ve yirminci yüzyılın değişen modern toplumunda düşünce sistemleri de değişmiş, sanatçılar daha özgür kılınmış, soyutlama modern sanatın önemli bir tavrı haline gelmiştir. Doğadan hareket ederek öze ulaşma çabası ilk olarak Cezanne'de karşımıza çıkmaktadır (Yavuz, 2007, s. 14).

Resim sanatında nesne ile ilgili izlerin ortadan kalktığında soyut kavramından söz edilebildiği, soyutlamanın nesnenin özüne yönelik bir arayış olduğu belirtilmiştir. Ayrıca soyut, Malevich gibi Süprematist yaklaşımı benimseyen sanatçılar için saflığa ulaşmak anlamını taşımaktadır (Yavuz, 2007, s. 5-9). Saflığa ulaşmak tasarım dilinde günümüzde önemli bir yere sahiptir ve tasarımcılar üründe saflığa ulaşmaya çalışırlar. Bunun özündeki sebepler kullanım kolaylığı ile birlikte ekonomik ve çevresel faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Doğadaki canlıların ve nesnelerin soyutlamasının tasarım alanındaki ilk örneklerine mimaride rastlamaktayız. Mimaride geometrik şekillerin soyutlanarak yapıya aktarılması dışında doğanın soyutlanmasında Le Corbusier, tasarımlarında vücut şeklinin, dönen rampaların kabuk şekillerinin hacimsel varlığıyla mekanın soyutlanması yoluna gitmiştir (Yavuz, 2007, s. 84-87). Ayrıca Frank Gehry 'nin Bilboa Müzesi fraktal geometrinin soyutlaştırılmasının bir örneğidir.

Doğadan ilham alınan bir çok örnekte soyutlama metodunu kullanmaktayız. Doğaya benzetme, doğaya öykünme gibi doğadan esinlenme yöntemlerinde de soyutlama yapılmaktadır. Biçimin, kavramın özünü arama anlamında soyutlama tasarımı

oluşturan önemli bileşenlerden biridir. Soyutlama biyomimetik tasarım metodolojisinin içerisinde de yer alan bir kavramdır. Biyomimetik tasarım metodolojilerinde soyutlamanın ne şekilde yapıldığı biyomimetik tasarlama metodolojileri kısmında açıklanacaktır.

### **4.3 Doğaya Öykünme**

Doğaya öykünme, doğadan tasarıma aktarılacak konuya kapsamlı bir bakış açısıyla gerçekleşir. Burada birebir benzetimden uzak, doğadaki örneğin taklit edilmesi, form, işlev ya da sürecin değerlendirilmesi değil de, çağrışım yapılarak fikir aktarılması söz konusudur.

Doğaya öykünme soyutlama kavramı ile yakın ilişkili olup, soyutlama gibi üstü kapalı bir aktarım olarak değil çağrışım yapılan örneğin temel ve doğrudan özelliğinin fikir aktarımı yapılır. Biyomimikri yaklaşımı da doğaya biçim, süreç ve sistem temelinde öykünmeyi esas alır ve bunları tasarım prensiplerine dönüştürür.

Doğaya öykünme yöntemine örnek olarak Interface halı markasının Biyomimikri Birliği ile birlikte çalışarak tasarladığı halı örneğini gösterebiliriz (Şekil 4.9). Biyomimikri takımı orman zemininde bulunan renk ve dokuların rastgele halini taklit ederek modüler halı sistemi tasarlamışlardır (Şekil 4.10). Halı üzerinde tekdüze renkler oluşturmayı denemek yerine, entropi (doğanın düzensiz ve rastgele biçimi) hattı rastgeleliği oluşturarak tasarıma entegre etmiştir. Bu tasarım, halının parçalarının farkedilmeden değiştirilebilmesini sağlamıştır ([www.designboom.com](http://www.designboom.com)). Interface tasarımcıları ve biyomimikri ekibi doğanın farklı ve rastgele düzenini konsept olarak ele almış ve bu konsept çerçevesinde orman zeminine öykünerek halı tasarımlarını rastgele renk ve desenlerle oluşturmuştur.



**Şekil 4.9 :** Interface modüler halı tasarımı.



**Şekil 4.10 :** Orman zeminindeki renk ve doku.

Interface markasının en hızlı büyüyen ürünü olan ‘Entropi’ adlı ürünü, halı pazarının en sürdürülebilir ürünlerinden biri olmuştur. Bir parçanın alınıp yerine herhangi bir parçanın konulabilme özelliği sayesinde ürünün onarımı oldukça kolaydır (Oakey, 2003). Modüler parçaların yapıştırılması için biyomimikri takımı doğada yapışan özellikteki örnekleri incelemeye başladı. Geko kertenkelesinin tutunabilme özelliğini araştırdı fakat bu örneğin günümüz teknolojisinde halı için yapıştırıcı bir özelliğe dönüşmesinin olamayacağını ve doğadaki örnekleri ararken sordukları sorunun tamamen yanlış olduğunu farketti. Doğada sabit kalabilen neler var gibi bir soruyla araştırmaya başladıklarında tüm örneklerin yerçekimi ile kendi başlarına sabit kalabildiklerini gördü. Bu mantıktan yola çıkarak modüler parçaların kaymamasını sağlayan her dört parçanın köşesine konulan TacTile adını verdikleri esnek PVC plastik bir pul icat etti (biomimicryinstitute.org). Doğaya öykünen bu tasarımın üretimde, rulo halinde halı üretmek yerine parçalı olması, fazla ve hatalı parçaların kolayca iptal edilmesi ve yerine küçük boyutta yenisinin konulabilmesi yönüyle ürün daha sürdürülebilir hale gelmiştir.

#### 4.4 Doğaya Benzetme

Tasarımda doğaya benzetme kavramı, doğadaki örneklerin biçim, işlev veya sistemlerinin değerlendirilerek tasarıma aktarımıyla ilgilidir. Bu benzetme biçimsel olduğu gibi işlevsel de olabilir. Bu yöntem tarihin ilk çağlarından itibaren süregelen bir yöntemdir. İnsan doğada gördüğü biçimleri yarattığı çeşitli ürünlere aktarmıştır. İnsanların yaratıcılık düzeyinin giderek artması ve teknolojik imkanların gelişmesiyle tasarımdaki bu sınırlar aşılarak benzetme görsel düzeyin ötesine geçmiştir. Fakat görsel benzetme farklılık yaratma, yaratıcı olma, objeye anlam kazandırma, estetik gibi birçok sebeple günümüzde tasarımcılarda kullanılan bir yöntemdir.

Hareket özelliği ve teknik işlevi çok az ya da hiç olmayan kullanım ve süs nesnelere çağın getirdiği nitelikte tasarımcının felsefi düşünce tarzına göre sembolik özellikler ortaya çıkacaktır. Nitekim doğa çiçeklerde, böceklerde vb. canlılarda işlevin yanı sıra, doğayı süslemenin en güzel türlerini vermiştir (Şatır aracılığıyla Şorlu, 2010).

Doğa, tasarımcı için sonsuz ilham kaynağıdır. Biçim, renk, doku, işlev gibi tasarımda etkin birçok unsur için ilham doğada mevcuttur. Doğadaki bu örneklerin tasarıma aktarımında örneği bulmak bir bitiş noktası değildir, bu örneğin tasarıma aktarımı, ürünün kullanım amacına yönelik olarak uyarlanması tasarımcının yaratıcılığı ile ilişkilidir ve benzetme (analoji) yöntemi bu noktada bilinmesi ve üzerinde durulması gereken bir yöntemdir.

Analoji iki nesne arasındaki benzerlik esasına dayanır. Benzetme yaratıcılığın en önemli aracıdır. Yaratıcı benzetmeler daima endüstri ürünlerinin dışındaki bir takım nesnelere olan benzetmeler olmaktadır. Örneğin kuşa benzetilerek uçak yapılması (Bayazıt, 1994, s. 220). Yaratıcılık noktasında, analogi önemli bir yere sahiptir. Kullanıcıyı şaşırtan, ürün ve kullanıcı arasında duygusal bağ kuran bir yaklaşımdır. Bu benzetmeler doğadan aktarma yolu ile de yapılabildiği gibi bir nesneden başka bir nesneye de yapılmaktadır.

Doğaya benzetmeye örnek olarak Brezilyalı Humberto ve Fernando Campana kardeşlerin tasarladıkları doğadaki karmaşık şekillerden ilham alan oturma elemanı gösterilebilir. Şekil 4.11'de görülen oturma elemanı Campana kardeşler tarafından tasarlanmış 2000 yılında Edra tarafından üretilmiştir. Tasarım, latince 'Spirographis

spallanzani' adı verilen yelpaze kurdu, yelpaze solucanı olarak bilinen bir deniz canlısından esinlenilmiştir (Novak, 2006, s. 175) (Şekil 4.11). Deniz canlısının hareket eden ipliksi yapısına benzer bir yapıdaki eleman sandalye strüktürüne sarmalanarak deniz canlısının görünümünü çağrıştıran bir özellik göstermektedir.



**Şekil 4.11** : Spirographis spallanzani ve koltuk örneği.

İngiliz aydınlatma tasarımcısı Paul Cocksedge pangolin (pullu memeliler)'den Manis cinsinin derisinin üzerindeki dokudan esinlenerek 'Styrene' isimli lambayı tasarlamıştır (Novak, 2006, s. 179) (Şekil 4.12). Bu lamba örneğinde pangolinin sadece biçimsel özelliği alınarak lamba üzerinde uygulanmıştır. Pangolinin bu yapı sayesinde tehlikelere karşı vücudunu top haline getirerek yavrusunu koruyabilme özelliği yani biçimin işlevselliği tasarıma aktarılmamış doğrudan benzetme yapılmıştır.



**Şekil 4.12** : Pangolin ve lamba örneği.

Analoji yöntemi tasarımcıların sıklıkla kullandığı bir yöntemdir. Doğadaki biçimlere benzeterak ürün tasarlama sıklıkla karşılaştığımız bir durumdur. Tasarımcının doğadaki örnekleri biçimsel olarak taklit ettiği bu yöntem farklı disiplinlerle ortak çalışmayı gerektirmemektedir. Tasarımcı teknik ve biyolojik bilgilere gerek

duymaksızın biçimsel çözümlerinde görseller üzerinden bu uygulamayı gerçekleştirebilmektedir.

‘Görsel esinlenme’ tasarım ve mühendislik alanında sıklıkla kullanılır. Canlı organizmaların görselleri ve sistemleri mühendislik sistemleri yaratmak için de kullanılır. Görsel esinlenme iyi sonuçlar oluşturabilir fakat tasarımcının yanlış kaynağı kullanmaması için yapı mühendisliği de bilmesi gerekir ( Arciszewski ve Kicing, 2005). Mühendislik sistemleri gibi teknik amaçlar doğrultusunda doğaya benzetme söz konusu olduğunda tasarımcının yeterli donanıma sahip olması ve farklı disiplinlerle birlikte çalışması gereği doğmaktadır. Biyolojik prensibin anlaşılması, tasarıma aktarılması ve teknik çözümlenmeleri görsel bilgiyle yeterli olamayacak bir durumdur. Bu noktada yöntemler arasındaki farkın anlaşılabilmesi açısından doğaya benzetme kavramından ziyade doğanın tekniğini değerlendirme ifadesi daha doğru bir ifade olmaktadır.

#### **4.5 Biyomimetik Tasarlama- Doğanın Tekniğini Değerlendirme**

Ürün tasarımında doğanın tekniğini değerlendirme söz konusu olduğunda tasarımcı detaylı biyolojik bilgiye ihtiyaç duyar ve projenin derinliğine göre farklı disiplinlerden kimselerle ortak çalışma gerekliliği oluşur. Tasarımcının bakış açısı, teknik bilgi donanımı ve bu konudaki eğitimi bu yöntemi gerçekleştirebilmede önemli unsurlardır.

Doğanın tekniğini değerlendirme söz konusu olduğunda biyonik, biyomimetik, biyomimikri kavramlarından bahsedebiliriz. Bu kavramların doğuşu ve uygulama alanlarından birinci bölümde detaylı olarak açıklanmıştır. Ürün tasarımında doğanın tekniğini değerlendirme ile ilgili olarak biyomimetik tasarlama kavramı öne çıkmaktadır. Biyomimetik tasarlama doğadan öğrenme, doğanın tekniğini değerlendirme konusunda çeşitli metodolojiler içerir. Bu metodolojilerden biri Janine Benyus’un ortaya koyduğu biyomimikri yaklaşımında detaylı olarak açıklanmaktadır.

Biyomimikri tasarım süreci olarak iki temel kısımdan oluşur. Bunlardan ilki tasarımın biyolojiye dahil olarak cevap araması, diğeri ise biyolojinin tasarıma dahil olmasıdır. Birinci yaklaşımda tasarımcının problemi tanımlaması ve biyoloğun doğadaki çözümünü bulması gerekir. İkinci yaklaşımda ise biyologlar, biyolojik bir



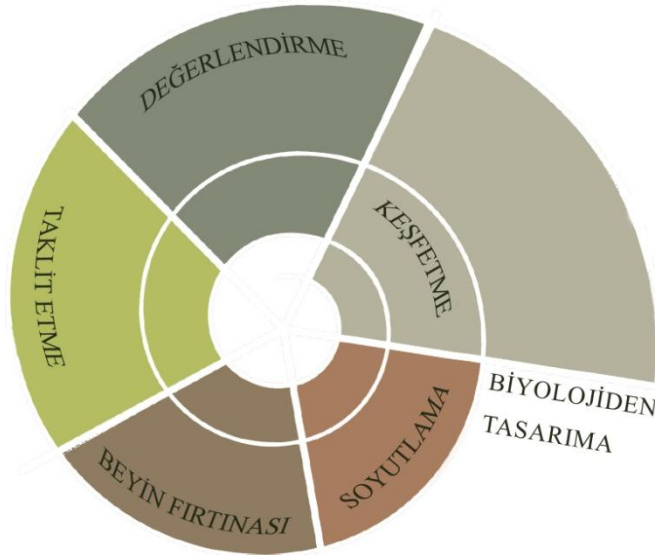
durumu tanımlayarak bunun insanlar için tasarlanabilecek ve uygulanabilecek potansiyelini keşfederler. Bu yaklaşımın dezavantajı tasarımcının tasarım parametrelerini sürecin başından itibaren kontrol edememesidir. Bu yöntemin tasarım için büyük bir potansiyeli vardır ve disiplinler arası güçlü işbirliği gerektiren bir yaklaşımdır. (Brebbia ve Carpi, 2010)

Biyomimetik bir ürün hayvan şekillerine benzeyebilir ama bu gerekli değildir. Tasarımcıların biyomimetikğin görünümü ve ürünün stilini etkilemesinin gerekli olmadığını anlamaları çok önemlidir. Etkileyebilir ama bu şart değildir (Hollington, 2007, s. 37). Biyomimetikğin anlaşılmasındaki en önemli adımlardan biri de budur. Tasarımcı doğaya benzetme (analoji) ile biyomimetik tasarlama yöntemlerini birbirinden ayırt etmelidir. Biyomimetik tasarımda amaç doğaya benzetmek değil doğadan öğrenmektir. Doğadan öğrenme sürecinde sonuç ürün biçimsel olarak esinlenen örneğe benzeyebilir fakat amaç biçimsel benzetim değildir.

#### **4.5.1 Biyomimetik tasarım metotları**

Biyomimetik tasarlama konusunda araştırmacılar farklı yöntemler ortaya koymuştur. Bu yöntemler tasarım, mühendislik gibi alanlar için geliştirilmiş olup, biyomimetik yaklaşımının metodolojisi yaklaşımın farklı disiplinlerle işbirliği ve elde edilen ürünün sürdürülebilir olması gerekliliğinden, temelde diğer yöntemlerle benzer olsa da farklılık göstermektedir.

Biyomimetik metodolojisinde izlenecek adımlar ‘tasarım spirali’ olarak isimlendirilen şemada iki farklı yöntemle açıklanmıştır. Bunlardan ilki doğada keşfedilen, tasarıma uyarlanabilecek örneklerin değerlendirilmesiyle yürüyen süreçtir. Aşağıdaki şemada beş aşamalı olarak belirtilmiştir. Metodolojinin açıklamaları beşinci bölümde açıklanacak olan Biyomimetik Enstitüsü’nün düzenlediği biyomimetik tasarım yarışması katılımcılarına sunulan eğitim bilgilerinden elde edilmiştir. Beşinci bölümde biyomimetik tasarım metodolojisi yarışmanın belirlediği konuda uygulamalı bir çalışmayla açıklanacaktır; bulgular ve sonuçlar tartışılacak, sonuç ürün ile yarışmaya katılım gerçekleştirilecektir.

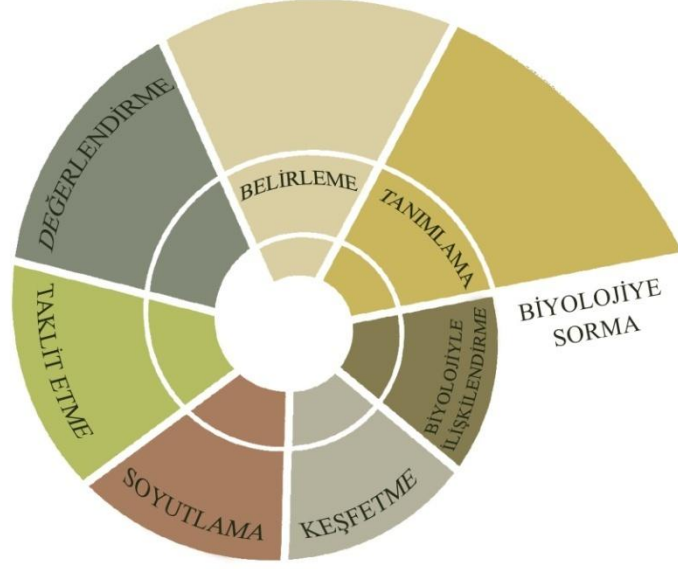


**Şekil 4.13** : Biyolojiden tasarıma.

Biyolojiden tasarıma;

1. Doğadaki modelleri keşfetme: Doğadaki canlıları ve ekosistemleri yakından gözlem yaparak, literatür taraması ile, biyologlarla fikir alışverişi yaparak, 'asknature.org' gibi veritabanlarına ulaşarak keşfetmeyi gerektiren aşamadır.
2. Biyolojik prensipleri soyut hale getirme: Doğada tesbit edilen form,süreç veya sisteme karar verilir ve bu aşamada belirlenen strateji tasarımcılara anlatılmak üzere soyut hale getirilir.
3. Olası uygulamaları düşünme: Tanımlanan çözümün hangi alanda yenilik getireceği, mevcut problemlere çözüm niteliğinde olabileceği düşünülen aşamadır.
4. Doğanın stratejisini taklit etme: Belirlenen mevcut çözümler bir süzgeçten geçirilerek detaylandırılır. Sürdürülebilirlik çerçevesindeki ilkeler tasarıma dahil edilir.
5. Yaşamın ilkelerini değerlendirme: Çözüm belirli ilkeler kapsamında değerlendirilir ve gözden geçilir. Çözümün sonraki aşamaları geliştirilmek üzere tanımlanır ve yeni sorular belirlenir. Çözümün çevreye uyumluluğu, malzeme veya enerji tasarrufu gibi sürdürülebilirlik ile ilgili konular göz önünde bulundurularak süreç tamamlanır (Biyomimikri Enstitüsü ders notları).

İkinci yöntem ise tasarım için aranan çözüm için doğadaki örneklerin araştırılmasını sağlar. Bu yöntemde tasarımcının daha çok söz sahibi olduğu ve tasarımcının belirlediği problemin çözümüne yönelik araştırma yapılır.



**Şekil 4.14 :** Biyolojiye sorma.

Biyolojiye sorma;

1. İşlevi belirleme: İşlevi belirleme olan ilk adımda ne tasarlamamız gerekiyor sorusu yerine tasarımımızın ne yapması gerekiyor sorusuna cevap belirlemeliyiz. Örneğin belirlediğimiz konu bir klima tasarlamak değil, insanların serinlemesi, sıcaklıktan etkilenmemesi gibi bir tanım olmalıdır.

2. Kapsamı tanımlama: İşlevi belirdikten sonra çalışmanın kapsamını tanımlamamız gerekir. Örneğin iklim koşulları, sosyal koşullar gibi parametrelerin değerlendirilmesi, malzeme ve enerji verimliliği olması, değişen koşullara adapte olabilmesi, yaşam dostu olabilmesi gibi kriterlerin dahil edildiği aşamadır.

3. Problemi biyoloji ile ilişkilendirme: Belirlenen işlevin doğada nasıl gerçekleştiğini araştırmak için tanımlanan aşamadır. Bu aşamada doğa bu fonksiyonu nasıl gerçekleştirir ve belirlenen parametreler ile ilişkilendirilen tanım çerçevesinde ne şekilde gerçekleştirir gibi sorular oluşturulur. Sorular ek anahtar kelimelerle zenginleştirilir.

4. Doğadaki örnekleri keşfetme: Bu aşamada biyoloji literatürü taranır ve biyologlarla beyin fırtınaları yapılır. Doğada belirlenen fonksiyonları gerçekleştiren organizmalar aranır. Spektrumdaki uç habitatlara bakılır. Örneğin soğutma işlevi için yalnızca çöle değil bataklıklara da bakılır. ‘asknature.org’ gibi tasarımcı ve mühendisler için biyologlar tarafından geliştirilen kaynaklardan ve biyolojik bilgilerin bulunduğu veritabanlarından araştırma yapılır.

5. Soyutlama: Belirlenen fonksiyonları gerçekleştiren örnekler sınıflandırılır ve ortak stratejileri, farklılıkları göz önünde bulundurulur ve aranılan işleve en yakın olanlar bulunur. Bulunan örneklerin gerçekleştirdiği strateji ve fonksiyonlar biyolojik terimlerden uzaklaştırılarak tasarıma aktarımı için net ifadelerle soyutlanır.

6. Doğanın stratejisini taklit etme: Belirlenen çözümler beyin fırtınası yapılarak değerlendirilir. Detaylı inceleme gerektiğinde biyoloji uzmanlarından yardım alınır. Tasarım çözümlerinin yapıldığı aşamadır. Biçim, süreç veya ekosistemi taklit ederken morfolojik, biyolojik süreç, ekosistem koşullarının detayları araştırılır ve işlevin, sürecin veya ekosistemin hangi şartlarda bunları gerçekleştirdiğine bakılır.

7. Yaşamın ilkelerini değerlendirme: Tasarım çözümlerinin yerel çevreye uyumluluğu, malzeme ve enerji verimliliği, çevreye duyarlılığı, geri dönüşümü olup olmadığı değişen koşullara uygunluğu gibi birçok kriter değerlendirilir ve sürdürülebilir, çevreye zarar vermeyen bir anlayışla sonuca varılır (Biyomimikri Enstitüsü ders notları).

Biyomimikri süreci yukarıda görüldüğü gibi yedi aşamadan oluşur. Doğada bulunan tasarım çözümlerinin uygulanmasıyla biyomimikri süreci bitmez, biyomimikrinin sürdürülebilirlik yaklaşımı devreye girer ve sonuç ürünler bu çerçevede olmak durumundadır.

Biyomimikri doğaki form, süreç ve ekosistemin taklidi olmak üzere üç farklı düzeyde gerçekleşir (Biomimicry Guild, 2011). Bu düzeylerin her birinde taklidin yapıldığı beş olası boyut vardır. Bunlar; biçim, malzeme, yapı, süreç ve işlevdir (Zari, 2007).

Biyomimetik tasarım yaklaşımı biyomimikri sürecinden farklı olarak da uygulanabilir. Akademik çalışmalarda sürecin gidişatına benzer yöntemler keşfedilmiştir. Örneğin, Helms, Vattam ve Goel (2009) biyolojiden ilham alan tasarım yöntemini anlattığı ve Georgia Teknoloji Enstitüsü biyolojik tasarlama dersi kapsamında farklı disiplinlerden gelen öğrencilerle gerçekleştirilen uygulamalı bir çalışma sonuçlarına yer verdiği makalede probleme yönelik ve çözüme yönelik olarak iki farklı yöntem belirlemiştir. Problem odaklı yöntemin aşamalarını şu şekilde belirtmiştir:

1. Problemi tanımlama

2. Kapsamı tanımlama

3. Biyolojik çözüm arayışı
4. Biyolojik çözümün tanımı
5. Prensibin çıkarımı
6. Prensibin aktarımı.

Biyolojik çözüme yönelik olan yöntem ise;

1. Biyolojik çözümün saptanması ( bu aşamada tasarımcı aklından bir çözüm belirler).
2. Biyolojik çözümün tanımlanması
3. Prensibin çıkarımı,
4. Çözümün belirlenmesi
5. Problem araştırması
6. Problem tanımlanması
7. Prensibin uygulanması

Doğadaki tekniğin tasarım uygulamalarına dönüştürülmesindeki biyomimetik süreç problem çözümüne yönelik olarak, neyin gerekli olduğunu tanımlamakla başlar. Sonrasında doğadaki örneklerin gözlemlenmesi ve gözlemlenen çözümlerin projeye uygulanması olarak özetlenebilir ( Colombo, 2007).

Aalborg Üniversitesi'nde geliştirilen biyo-ilham tasarım metodu (Colombo, 2007) dört aşamalı olarak açıklanmıştır. Mühendislikle yakın ilişkili olup ürün geliştirme amaçlı uygulanan bir yöntemdir.

**Analiz:** Doğadaki örneğin seçimi ve analizi ile ilgili bu aşamanın amacı, doğal sistemin biçim, stüktür ve fonksiyonel prensiplerini anlamaya yöneliktir.

**Dönüştürme:** Biyolojik sistemin özelliklerinin soyutlaştırılarak ve sadeleştirilerek teknik ve mekanik terimlere dönüştürülmesidir. Genel prensipten belirli bir detaya gidilir.

**Uygulama:** Yeni ürün gelişimi için doğadaki sistemin analizlerinden biçim ve strüktür prensiplerinin belirli bir detaya doğru uygulanmasıdır. Bu aşamada biyo-ilham metodu tasarımcıya yenilikçi çözümler sunar.

Çözüm bulmadaki aşamalar şu şekilde belirtilmiştir; gerekli teknik işlev tanımlanır, bu işlevi yerine getiren biyolojik örnek bulunur, elde edilen bilgi problemin çözümüne dönüştürülür.

Ürün Gelişimi: Çevresel ve ekonomik faktörler dikkate alınarak yeni ürünün gelişimi ve değerlendirilmesi

Colombo (2007) biyomimetik tasarımın disiplinlerarası olmaya başladığını fakat gerçekleşen projelerin sayısının hala az sayıda olduğunu belirtmiştir. Biyomimetik tasarımın gelecekteki profesyonelleri yetiştirmek üzere eğitimde yer almasının önemli olduğunu, tasarım sürecinin öğretilmesi ve güçlendirilmesi için eğitim kurumlarının biyomimetik tasarımı kullanması gerekliliğini savunmuştur.

Biyomimikri tasarım metodu, Junior ve diğ. aracılığıyla Versos ve Coelho (2011) tarafından şu şekilde belirtilmiştir.

İhtiyacın saptanması: Belirli bir problemin potansiyel çözümlerinin analizi için tatmin edici bir şekilde ihtiyacın belirlenmesi.

Seçme ve örnekleme: Problem ve ihtiyaca yönelik doğadaki örneklerin seçilmesi aşamasıdır.

Örneğin gözlemlenmesi: Morfolojik yapılar, işlev ve süreçlerin çevre ile ilişkilerinin bileşenlerinin analizi ve gözlemlenmesi. Bu aşamada örnekler sınıflandırılır.

Ürün ve doğadaki sistemin analojisi: İşlev analizleri, morfoloji ve yapı bilgileriyle tasarımcı tasarlanacak ürünün ve bulunan örneğin analoji uygulamasının imkan ve uygulanabilirliğini düşünmeye başlar.

Tasarım uygulaması: Fonksiyonel, biçimsel ve yapısal analizlerinden yola çıkarak seçilen örneğin özelliklerinin tasarıma uygulanması, önerilen ürünün ihtiyaç ve gerekliliklerinin yanısıra sistemin analizinin yapıldığı aşamadır.

Doğadaki kaynaklara ulaşma biyomimetik tasarımda önemli bir yere sahiptir. Biyolojik işlev ve çözümlerin bulunduğu 'asknature.org' online veritabanı biyomimikri sınıflandırmasını kullanarak doğadaki 1400 stratejiyi belirlemiştir. Bu sınıflandırma 8 temel işlev grubu altında 30 alt gruba ve 162 işleve ayrılmış, ve bu işlevi yerine getiren örnekler açıklamalarıyla birlikte sunulmuştur (asknature.org).

Dr. Vincent'e göre mühendislerin doğada aradıkları czmler biyologlar tarafından zaten görülen ve bilinen bilgilerdir. İki alan cok farklı Şekilde hareket ediyor ve doğadaki mekanizma önce biyologlar tarafından keŐfedilmeli ve teknik terimlerle tanımlanmalı daha sonra bu potansiyel mühendisler tarafından algılanmalıdır. Bu sebeple Britanya Mühendislik ve Fiziksel Bilimler Araştırma Konseyi mühendislik ve tasarım problemlerine czm olabilecek doğa sitemleri üzerine veri tabanı oluşturmaktadır. Dr. Vincent ve calıŐma arkadaŐları bu bilgileri 'biyolojik patenler' olarak tanımlamakta ve doğanın akılcı tasarımlarının bu veritabanından daha hızlı kolay bir Şekilde elde edilip kullanılmasını amaçlamaktadır (The Economist, 2005).





## **5. BİYOMİMİKİRİ VE BİYOMİMETİK TASARIMLARIN UZMAN BAKIŞ AÇISI VE ENDÜSTRİYEL TASARIM TEMELİNDE SORGULANMASI**

### **5.1 Prof. Dr. Orhan Küçüker ile Görüşme Değerlendirmesi**

Prof. Dr. Orhan Küçüker İstanbul Üniversitesi'nde bitki morfolojisi ve anatomisi, bitki sistematigi, bitki mikroteknigi, biyoloji tarihi ile ilgili araştırmalar yapan ve biyotasarım ile ilgili tez çalışmaları yürütmüş olan bir akademisyendir. Sayın Küçüker ile yapılan görüşmede biyomimikri, biyotasarım kavramları, bu kavramların tasarım ile ilişkisi, biyoloji ve tasarım disiplinlerinin işbirliği ile ilgili konular bir doğa bilimci bakış açısıyla değerlendirilmiştir.

Küçüker biyotaklit ve biyomimikri kavramlarını, doğadaki modelleri inceleyen, bunlardan ilham alarak insanların problemlerine çözüm getirmeyi amaçlayan yeni bir bilim dalı olarak ifade etmiştir. Biyomimikri kavramının insanlık tarihi kadar eski olduğunu, ilk insanların yaşamını sürdürmek için, çevresini değiştirmek ve dönüştürmekte olan doğadan ödünç aldığı esinlenmelerden yararlandığı başlıca kaynağın bitkiler ve hayvanlarda görülen, biyoloji eğitiminde mimikri (taklit) olarak açıklanan özellik olduğunu belirtmiş, bazı bitkilerin meyvelerini tıpkı bir kırkayak ve tırtıla benzetmesini, bu taklidin ise kuşların böcek var zannederek bitkiye konmasını, kopardığı meyvelerle beslenirken, tohumları da uzaklara taşıyarak bitkinin yayılmasına yardımcı olduğunu örnek olarak açıklamıştır.

Prof. Dr. Orhan Küçüker, bir biyolog olan Özlem Sorlu'nun biyotasarım konulu bir tez çalışmasının danışmanlığını yapmış ve Prof. Dr. Seçil şatır ile birlikte yürütölen bu tezde bitki biçimlerinden tasarım fikirleri üretilmiştir. Uluslararası katılımlı Biyoloji Kongresinde sunulan poster oldukça ilgi çekmiştir.

Küçüker, Türkiye'de bu alandaki en eski bilimsel çalışmanın 2003 tarihli N.Doğan tarafından 'İnsan ve çevre ilişkilerinin tasarımda temel kaynak olarak tanımlanması' adlı, Prof. Dr. Önder Küçükerman danışmanlığındaki bir doktora tezi olduğunu belirtmiş, 2004 yılında Mimar Sinan Üniversitesi'nde yapılan İç Mimar Merih Vural tarafından hazırlanan 'Doğadaki formların mobilya tasarımına etkisi' adlı tezin ve Prof. Dr. Önder Küçükerman'ın doğadan etkilenererek 'Tasarımda doğayı aşmak

yerine anlayabilmek' adlı makalesinin, 2007 tarihli İ.T.Ü'den Mimar Ethem Gürer'in 'Doğadan esinli yenilikçi tasarım yöntemlerine çok katmanlı bir yaklaşım' başlıklı çalışmanın ve 2007 tarihli Prof. Dr. Seçil Şatır danışmanlığında Rengin Ege Kın'a ait 'Tasarımda doku kavramı ve işlevselliği' adlı çalışmanın bu alanda Türkiye'de yapılmış önemli çalışmalar olduğunu ifade etmiştir.

Küçüker, son yıllarda yapılan çalışmalarda doğadan çok fazla etkilendiğini, biyologların anatomik ve morfolojik olarak yüzlerce kez, gerek çıplak gözle gerekse mikroskop altında incelediğimiz bitkisel veya hayvansal özelliklerin, dokuların veya organların özelliklerinin insan yaşamında endüstriyel ürün olarak görmenin sevindirici, olumlu bir gelişme olduğunu ifade etmiştir. Küçüker, biyotasarım alanında tasarımcıların bir botanikçi, zoolog ve genel ifadesi ile bir biyolog ile çalışmalarını önermektedir.

Özlem Sorlu'nun tez çalışmasında, Süleymaniye Botanik Bahçesi envanteri çıkarılarak tropik bitkiler arasından yaprak ve çiçek özellikleri dikkat çeken bitkilerin organlarından endüstriyel ürün olarak ne yaratılabileceği mevcut kaynaklardan da faydalanarak belirlenmiştir. Yürütülen tez çalışmasında makroskobik (çıplak gözle) bitkileri inceleme yöntemi uygulanmış olup, Küçüker, eğer bir tasarımcının tatlı sularda ve denizlerde yaşayan mikroskobik organizmalardan faydalarak tasarım çalışması yapmak istediğinde hem dijital fotoğraf çeken ışık mikroskobun hem de üç boyutlu görüntü alınabilen Tarama Elektron Mikroskobunda yardımcı olabileceğini belirtmiştir.

Prof. Dr. Orhan Küçüker biyoloji eğitim-öğretim programlarında salt biyomimikri ve biyotasarım konularının yer almadığını, Bitki Morfolojisi gibi bazı derslerde tozlaşma ve tohum dağılımında kısaca mimikriye değinildiğini açıklamıştır. Bilgiyi sentez etme gücü ile yüksek öğretim elemanlarının bu konudan fikir üretebileceğini belirtmiş, bunun, dersi veren biyologların kültürel birikimi ve doğa ile ilgili olguları merak edip sorgulama yetenekleri ile ilgili olduğunu, kendisinin Biyoloji Tarihi giriş dersinde tahtaya yazdığı latince ifade ile '*Curiosi Rerum Naturae*' (Doğayı ve doğadaki olayları merak edip araştırma etkinliği) duygularının tüm doğa bilimcilerinde artarak sürmesi temennisini anlatmıştır.

Bir doğa bilimci olarak tasarımcılarla çalışmanın çok verimli olabileceğini, biyolog-tasarımcı işbirliğini desteklediğini belirten Prof. Dr. Orhan Küçüker biyomimikri tasarım sürecinin uygulanabilirliğine gönülden katıldığını belirtmiştir.

## 5.2 Özlem Sorlu ile Görüşme Değerlendirmesi

Özlem Sorlu İstanbul niversitesi'nde yüksek lisansını biyotasarım konulu bir tez ile tamamlamış ve bu konuda çalışmalar yapan bir biyologtur. Sorlu tez çalışmasında 400 takson içeren egzotik bitkinin morfolojik yapısından esinlenerek tasarım fikirleri sunmuş ve bu sunumu Ulusal Biyoloji Kongresi'nde poster olarak sergilemiştir.

Sorlu ile gerçekleştirilen görüşmede biyomimikri, biyotasarım kavramları, bu kavramların endüstriyel tasarım ile ilişkisi, biyoloji tasarım işbirliği gibi konular yorumlanmıştır.

Sorlu'ya göre biyotasarım, tasarıma örnek teşkil edilebilecek endüstriyel ürünlerin biyolojik unsurlar kullanılarak yeniden yorumlanmasıdır. Sorlu'nun ifade ettiği üzere, doğada binlerce yıldan beri süregelen evrimleşme sürecinde canlıların kalıcı adaptasyonları türlerin devamlılığını saylamıştır. Bu noktada doğadan alınması gereken birçok ders vardır. Tasarımın önemli unsurlarından biri kalıcılıktır. Taklit etme yeteneği binlerce yılın sınamasından geçmiş canlı birlikleri, tasarımcılara yeni fikirler verme açısından en iyi örnekleri sunar. Dünyada çoğu tasarım şirketinde bu konular tartışılmakta, doğadan en iyi şekilde nasıl yararlanılacağına dair fikirler ortaya konmaktadır.

Bir biyolog olarak Sorlu, tasarımcıların bu konuda biyologlarla işbirliğinin daha etkili olacağını belirtmiş, canlı bilimi konusunda akademik bilgiye sahip kişilerin biyomimikriye dair bulabileceği birçok örnek bulunduğunu ifade etmiştir.

Sürdürülebilirlik ve biyomimikri arasındaki ilişkiyi değerlendiren Sorlu, bir şeyin sürdürülebilir olması için adapte olma yeteneği geliştirmiş olması, diğerlerine göre üstün nitelikler barındırıyor olması, bu niteliklerin yarar sağlaması ve estetik değerler açısından yaratıcı olması gerektiğini belirtmiş ve doğadan taklidin bu noktada tüm bu özellikleri birarada bulundurması nedeniyle tasarım için mükemmel bir esinlenme kaynağı olduğunu açıklamıştır.

Sorlu, doğa yasalarını taklit ederek evre kirliliğine çözüm geliştirilebileceğini, bu alandaki çalışmaların gelecekte hızla önem kazanacağını belirtmiştir. Gelecekte

tasarımcılarla ortak çalışmalar yapmak istediğini açıklayan Sorlu, biyoloji ve tasarım işbirliğini desteklemekte olup, bu çalışmaların gerçekleşmesinden büyük mutluluk duyacağını ifade etmiştir.

### **5.3 Zeynep Arhon ile Görüşme Değerlendirmesi**

Biyomimikri eğitimi almış, Türkiye'nin ilk biyomimikri uzmanı Zeynep Arhon ile gerçekleştirilen görüşmede biyomimikrinin tanımı, biyomimikri ve biyomimetik kavramlarının endüstri ürünleri tasarımı ile ilişkisi, biyomimikri metodolojisi, biyomimikrinin sürdürülebilirlikle ilişkisi, tasarımcıların doğadan esinlenirken gerekli kaynaklara ne şekilde ulaşabileceği gibi konular değerlendirilmiş ve çalışmanın konusunu oluşturan biyomimetik kavramı uzman görüşü ile açıklanmıştır.

Zeynep Arhon'a göre biyomimikri yaşamın dehasının bilinçli taklididir. Biyomimikri canlı türlerinin hayatta kalmaları için geliştirdiği stratejileri, çözümleri anlayıp, bunların özünü, üzerinde çalışılan problemlere uygulamaktır. Ayrıca; biyomimikri yaklaşımında üretimin çevreye zarar vermemesi ve doğada olduğu gibi döngüsel bir sistem yaratmak amaçlanmaktadır. Tasarımın her aşamasında çevreye duyarlılık söz konusudur.

Bir biyomimikri ekibinde tasarımcı, mühendis, biyolog ve iş insanı bulunmaktadır. Biyomimikri çalışmasında biyolog ve tasarımcının çok yakın çalışıyor olması gerekmekte, iş insanının sürece hakim olması, projenin ihtiyacına göre mühendisin de sürekli ekiple işbirliği içerisinde olması gerekmektedir. Gerekli biyolojik kaynaklara biyoloji veritabanlarına üye olarak ve 'asknature.org' online veritabanlarından ulaşılabilir.

Biyomimikri metodolojisi problemin tanımlanması ve problemin soruya çevrilmesiyle başlar. Belirlenen sorulara biyolojik kaynaklardan yanıt aranır, doğadaki örnekler incelenir ve problemin çözümüne yönelik ortak tasarım prensipleri keşfedilir. Ardından bu stratejilerin kavramsal hali ve tasarım prensibi belirlenir. Müşteri tasafından sonuç olarak tasarım stratejileri istenebildiği gibi final ürün de istenebilir, bu durumda tasarımcının rolü çok daha ağırlıklı olmaktadır.

Tasarım biyomimikri alanındaki ilk dört disiplinden biridir. Türkiye'de doğanın dehasını kullanarak yapılmış tasarımlar varsa bile, adına biyomimetik tasarım denmiş çalışmalar bulunmamaktadır. Türkiye'de farklı disiplinleri birleştiren eğitim

anlayışının olmayışı da bu yöntemi uygulanmasındaki zorluklardan biridir. Diğer konu ise biyolojik kaynaklardan esinlenmede bu kaynaklara ulaşılabilse bile biyolojik bilgileri tasarım stratejilerine dönüştürebilmek gerekmektedir. Biyomimikri eğitimin temel amacı da biyolojik bilgileri tasarım stratejilerine dönüştürebilen uzmanlar yaratabilmektir.

Biyomimikri çalışmaları farklı disiplinlerin birarada olmasını gerektirmektedir. Tasarımcı bugünün tasarım eğitimiyle biyolojiden ilham alarak görsel kopyalamanın ötesine geçememektedir. Fakat ileride yöntemin anlaşılmasıyla birlikte tasarımcı daha yetkin olup, doğadaki fonksiyonları anlayıp, tasarım stratejilerine dönüştürebilir.

#### **5.4 Günümüz Endüstri Ürünleri Tasarımcılarının Biyomimetik Tasarıma Bakışı**

Günümüz endüstri ürünleri tasarımcılarının biyomimetik tasarıma genel bakışını değerlendirmek üzere tasarımcılarla anket çalışması yapılmıştır. Bu çalışma tasarımcılarının çalışmalarında doğadan esinlenip esinlenmedikleri, yapıyorlarsa bu uygulamayı ne şekilde yaptıkları, biyoloji ve tasarım ilişkili kavramların tanınırlığı ve bu konudaki genel düşüncelerinin ne olduğu gibi sorulara yanıt bulmak amacıyla yapılmıştır.

##### **5.4.1 Anket çalışması kapsamı**

Anket çalışması Türkiye’de çalışmakta olan endüstri ürünleri tasarımcılarına uygulanmıştır. Örnekendirme ETMK ( Endüstriyel Tasarımcılar Meslek Kuruluşu) üye sayısı göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Katılımcı sayısı mevcut 300 üye sayısı ve üye olmayanlar da göz önünde bulundurularak 50 olarak sınırlandırılmıştır.

Katılımcılara e-posta, Etmk platform aracılığıyla ve görüşme yapılarak ulaşılmıştır. Anket çalışması ‘kwiksurveys.com’ sitesi üzerinden hazırlanmıştır. Katılımcılar belirli link üzerinden anket formunu doldurmuştur.

## 5.4.2 Anket örneği

Endüstri Ürünleri Tasarımcıları Kapsamında Anket Çalışması

Bu anket Doç. Dr. Seçil Şatır tarafından yürütülen İstanbul Teknik Üniversitesi Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü yüksek lisans tezi için hazırlanmıştır. Biyotasarım kavramlarının profesyonel tasarımcılarla ilişkisini incelemek üzere kullanılacaktır.

Hazırlayan: Hanife Yıldız, İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü, Yüksek lisans öğrencisi

Katıldığınız için teşekkür ederim.

Adınız, soyadınız:

Mezun olduğunuz okul ve mezuniyet tarihiniz:

1. Tasarımda doğadan esinleme, doğaki canlıları ve sistemleri taklit etme kavramlarını duydunuz mu? Hangi nedenle?

Evet/ Hayır .....

2. Tasarımlarınızda doğaya benzetmeye hiç ihtiyaç duydunuz mu/ duymadınız mı?

Neden?

Evet/Hayır.....

3. Doğadadan esinlenirken bu kavramı ne şekilde uygulamaya geçersiniz?

Gözlem yaparak

Kaynak taraması ile

Görseller üzerinden

Bilgi birikiminden faydalanarak

Merakla

Diğer.....

4. Hangi amaç doğrultusunda doğadaki kaynakları inceliyorsunuz?

Biçime yönelik

Renk uyumu için

İşleve yönelik

Yapıya yönelik

Konsept olarak

Sürdürülebilirlik için

Farklılık yaratmak için

Diğer.....

5. Kaynakları incelerken daha detaylı bilgiye ihtiyaç duyuyor musunuz? Örnek verir misiniz?

Evet/Hayır.....

6. Doğadan esinlenmenin tasarımlarınıza sağladığı katkılar neler olmuştur/ olabilir?

Estetik

İşlevi geliştirme

Daha az malzeme

Daha az enerji kullanımı

Zaman

Yaratıcı olması

İlgi Çekici olması

Diğer.....

7. Tasarım derslerinde doğadan esinlenme ya da doğaya benzetme kavramlarının kullanımıyla ilgili bilgi edindiniz mi ? Cevabınız olumlu ise, hangi ders kapsamında, hangi bilgileri ?

Evet/Hayır.....

8. Doğadaki kaynakların tasarıma aktarımı üzerine bilgi edinmek ister miydiniz?

Neden?

Evet/Hayır.....

9. Aşağıdaki biyo kavramlarından hangilerini tanıyorsunuz?

Biyotasarım

Biyonik

Biyomimetik

Biyomimikri

Biyomekanik

Biyoteknoloji

Diğer.....

10. Tasarımda doğadan esinlenme, doğaya benzetme, doğadaki işlevleri aktarma konusunda serbest düşüncelerinizi yazınız.

.....

11. Tasarımda doğadaki çözümlerden öğrenme, esinlenme ya da taklit etme konusunda bildiklerinizi ya da gördüğünüz örnekleri açıklayınız.

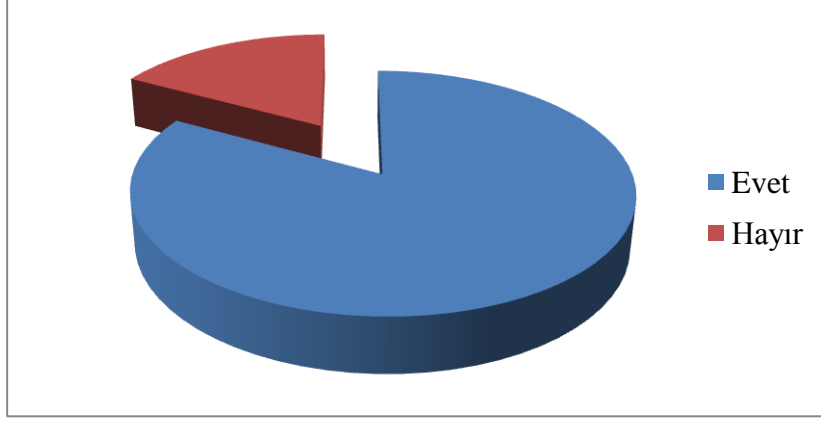
.....

### 5.4.3 Anket sonuçları ve değerlendirilmesi

1. Tasarımda doğadan esinlenme, doğadaki canlıları ve sistemleri taklit etme kavramlarını duydunuz mu? Hangi nedenle?

Katılımcılar anketin ilk sorusuna % 97.96 oranında ‘evet’ yanıtını vermişlerdir (Şekil 5.1). Duyma sebepleri olarak ise, bu yöntemi uygulayan tasarımcılar aracılığıyla,

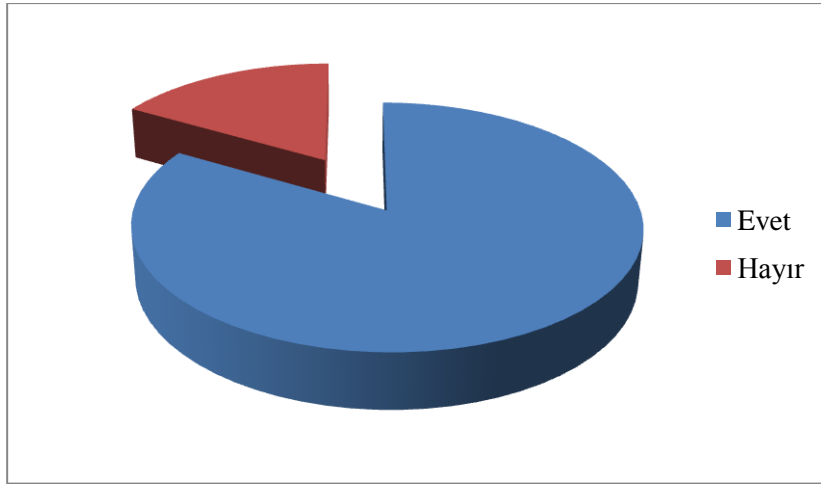
lisans eğitimlerinde, dergi ve makalelerde, yüksek lisans tez araştırmaları kapsamında, tasarım tarihi araştırmalarında gibi yanıtlar vermişlerdir. Tasarım eğitimi süresince bu kavramları duyanlar olduğu gibi, kişisel araştırma esnasında bu kavramları öğrenenlerin sayısı çoğunluktadır.



şekil 5.1 : Anket 1. Soru grafiği.

2. Tasarımlarınızda doğaya benzetmeye hiç ihtiyaç duydunuz mu/ duymadınız mı? Neden?

Katılımcıların büyük bir çoğunluğu tasarımlarında doğaya benzetmeye ihtiyaç duymuştur (şekil 5.2). Sebepleri olarak izelge 5.1’de belirtilen açıklamaları yapmışlardır.



şekil 5.2 : Anket 2. Soru grafiği.

Çizelge 5.1’de yapılan açıklamalarda da görüldüğu gibi tasarımcılar tasarım problemlerinin çözümünü bulmak, doğanın geometrisinden faydanlanmak, estetik ve duygusal ürünler yaratmak, fonksiyonel çözümler geliştirmek, altın oranı kullanmak,



biçim yaratmak gibi sebeplerle doğaya benzetme, doğadan esinlemeye ihtiyaç duymuşlardır.

**Çizelge 5.1 : Anketin 2. Sorusuna verilen cevaplar.**

“Doğada bu sorun nasıl çözülmüş sorusunu sorduğumda cevabını doğaya bakarak ararım.”
“Doğadaki geometri tasarımına yön veriyor.”
“Pek çok konuda doğa optimum çözümleri sunmaktadır.”
“Eğitimim sırasında görsel olarak esinlendim ve konsept için yola çıkış noktası olarak kullandım.”
“Doğa en iyi ilham kaynağı.”
“Daha doğal görünümlü ürün tasarımları için doğaya benzetme yöntemini kullandım.”
“Doğadaki mükemmel mekanizmalardan ve formlardan esinlenmek, tasarımlarımızı da daha iyiye ulaştırır. Bu yüzden doğaya yönelmeye sık sık ihtiyaç duyarım.”
“Doğadaki uyum ve kombine ilişkileri tasarıma uyarlamak için.”
“Okuldaki çoğu projemde başlangıç noktası olarak aldım doğaya benzetmeyi. Bunda sanırım ilk çizim dersimizde doğa ürününden endüstriyel ürüne diye bir konuyla başlamamızın etkisi var.”
“Genellikle doğada olan objelere öykünen konularda çalışıyorum.”
“Doğal formlardan esinlenen tasarımlar insanlara samimi gelir. Taş duvar, ahşap döşeme nasıl sıcak bir hava yaratırsa, doğadan esinlenen tasarımlar da insana öyle hissettirir.”
“Altın oranı tasarımlarımda kullanmak için.”
“Objelerin insanlarda bazı duygular uyandırması için insanların objeleri doğada gördükleri şeylere benzetmesi gerekebiliyor. Bu şekilde insanlarda zarafet duygusu yaratmak ya da onları gülümsetmek gibi duyguları yaratmak mümkün.”
“Doğadaki işleyişin sorunsuz çalışması örnek alınması gereken bir durumdur.”
“Bir projemde netbook case tasarımını, sarmaşıktan esinlenerek yapmıştım. Genç, trendy kızlara yönelikti, dolayısıyla estetik bir görünüme ihtiyacım vardı. Ve de sonuç olarak ortaya çıkan ürün ayrıca emotional bir getiriyle geldi.”
“Hem kavramsal hemde fonksiyonel anlamda bu benzetmeye/esinlenmeye ihtiyaç duydum diyebilirim.”
“Kişisel bakım ürünleri projesi için, bir traş makinesi ve epilasyon aleti ikilisi tasarlamıştık. Kullanıcı grubumu yeni traşa veya epilasyona başlayan gençler olarak belirlemiştim. İkili için ortak bir form diline ve konsepte ihtiyacım vardı. Ben ürünlerin çıkardığı seslerden yola çıkarak, form çalışmasında böcekleri kullanmıştım. Traş makinesinde arı formundan, epilasyon aletinde tutuş kolaylığı ve benzerlik nedeniyle uğurböceği formunu kullanmıştım.”

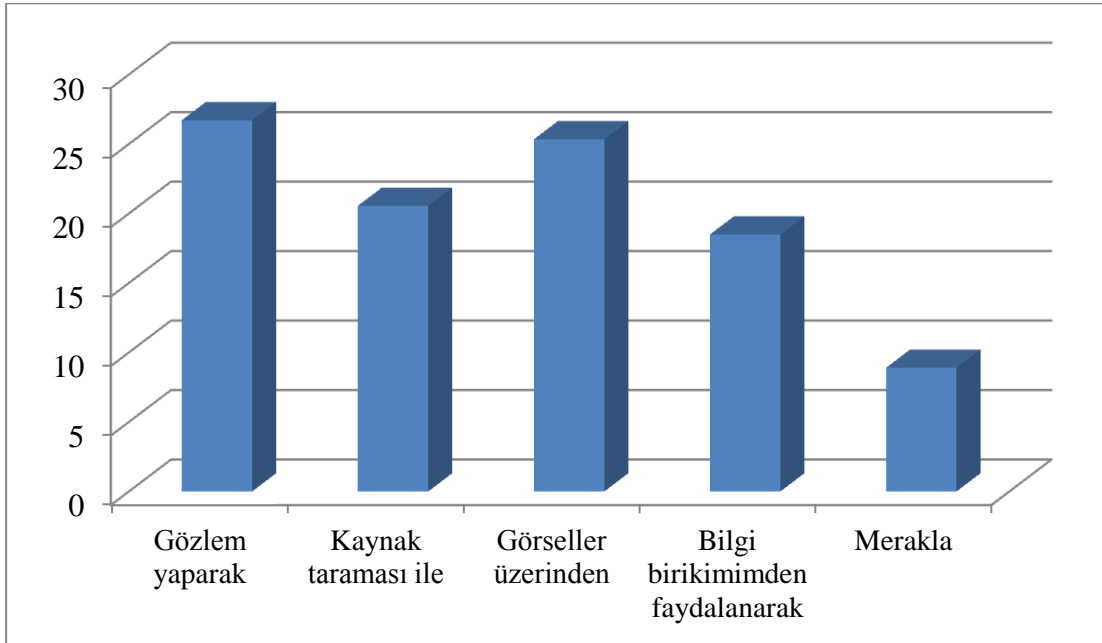
“Benzetmeye değil de esinlenmeye ihtiyaç duymuştum.”

“Analojik tasarımların bir özgünlüğü olduğunu düşünmemekteyim.”

“Yapıları tasarlarken doğaya uyum konusu başlığı altında çalışmış ve doğanın renklerinden ve doğadaki örneklerin biçimlerinden esinlenmişim.”

### 3. Doğadan esinlenirken bu kavramı ne şekilde uygulamaya geçersiniz?

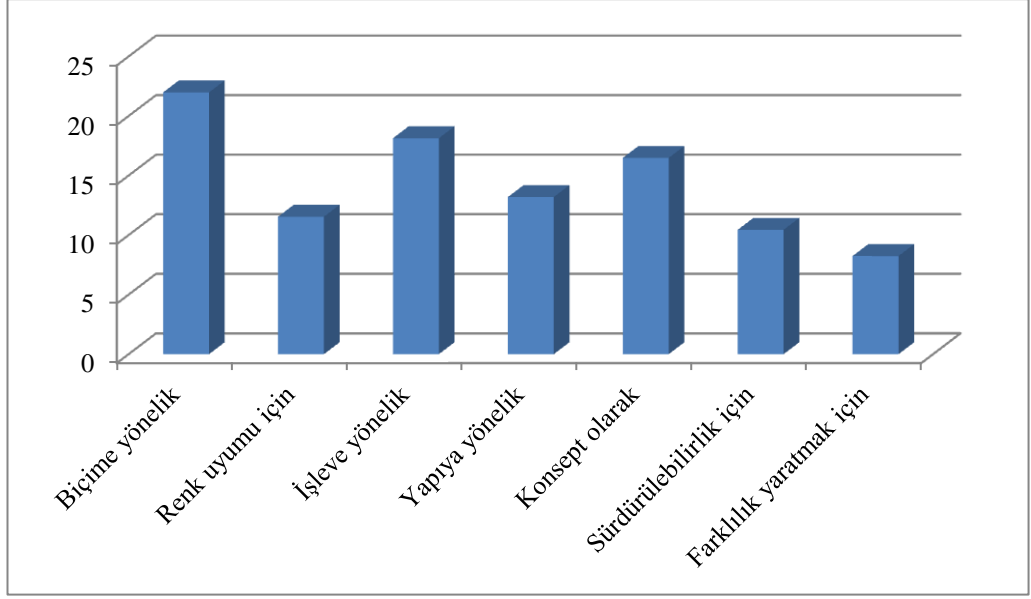
Katılımcıların doğadan esinlenirken uygulamaya ne şekilde geçtiklerini anlamak amacıyla sorulan soruda katılımcıların verdikleri yanıtlarda ‘gözlem yaparak’ ve ‘görseller üzerinden’ seçenekleri çoğunluktadır. Devamında ‘kaynak taraması’ ve bilgi birikiminden faydalanarak’ cevabı gelmektedir. Yüksek oranda işaretlenen ‘gözlem yaparak’ ve ‘görseller üzerinden’ cevapları tasarımcıların doğadan esinlenirken biyolojik bilgi ve kaynakları çok fazla kullanmadığı göstermektedir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 : Anket 3. Soru grafiği.

### 4. Hangi amaç doğrultusunda doğadaki kaynakları inceliyorsunuz?

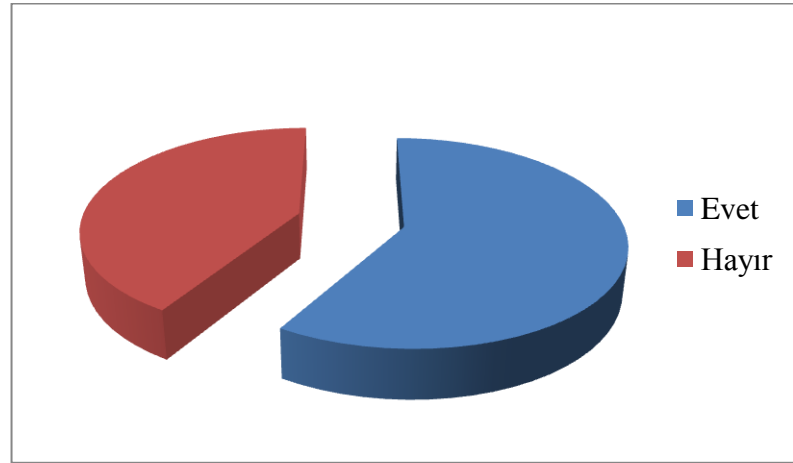
Tasarımcıların çoğunluğu biçime yönelik olarak doğadaki kaynakları incelemektedir. İşleve yönelik olarak doğadaki kaynakları inceleme ise daha düşük oranda işaretlenmiştir (Şekil 5.4). Tasarımcıların çoğunlukla biçime yönelik olarak doğadaki kaynakları incelemelerinin sebepleri sonraki sorularda araştırılmıştır.



**Şekil 5.4 :** Anket 4. Soru grafiği.

5. Kaynakları incelerken daha detaylı bilgiye ihtiyaç duyuyor musunuz? Örnek verir misiniz?

Katılımcıların % 60'ı kaynakları incelerken daha detaylı bilgiye ihtiyaç duymaktadır (Şekil 5.5).



**Şekil 5.5 :** Anket 5. Soru grafiği.

Çizelge 5.2'de katılımcıların ne gibi detaylı bilgiye ihtiyaç duyduklarını açıklayan cümleler yer almaktadır.

**Çizelge 5.2 :** Anketin 5. Sorusuna verilen cevaplar.

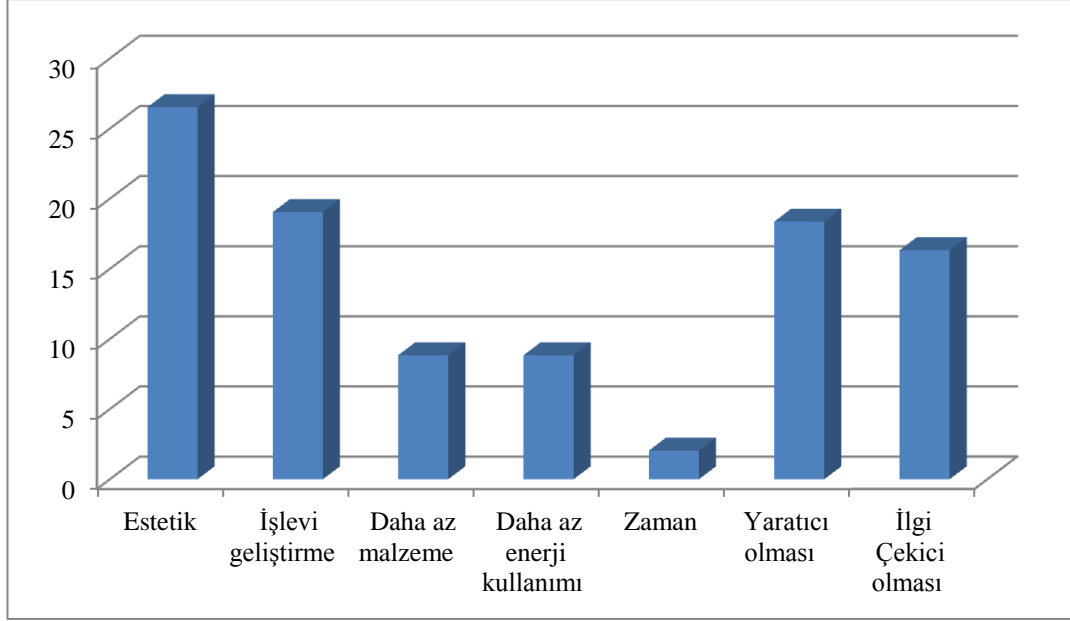
“Örneklerdeki mekanizmanın nasıl çalıştığı ve uygulama alanları ile ilgili bilgiye ihtiyac duyuyorum.”

“Detaylı anlatımlara ulaşamıyorum.”
“İnternet taraması esinlenme boyutunda yardımcı oluyor. Fonksiyonla ilgili olduğu zaman kütüphaneleri kullanmaya ihtiyaç duyuyorum.”
“İlham veren bir imaj yeterli olmuyor. Konseptin temelini, işleyişini, tekniğini anlamamız gerekiyor.”
“Çalışma mekanizması ile ilgili toparlanmış ve basitleştirilmiş bir kaynak bulunamıyor.”
“Detaylı konularda, örneğin, yengecin kışkacı-kas bağlantısının nasıl olduğu konusunda bilgi bulmak zor.”
“Yapısal detaylandırmalar, form detaylandırmaları, ilgili işleyişin detaylı açıklamaları.”
“Teknik bilgiye ihtiyaç duyuyorum.”

Tasarımcılar kaynakları incelerken doğadaki örneklerin işleyişi, tekniği, mekanizması, yapısal detayları gibi bilgilere ihtiyaç duymaktadırlar. Tasarımcılar bu detaylı bilgileri bulmakta güçlük çektiklerini ifade etmişlerdir.

6. Doğadan esinlenmenin tasarımlarınıza sağladığı katkılar neler olmuştur/ olabilir? Katılımcıların doğadan esinlenmenin tasarımlarına sağladığı katkıyı değerlendirmek amacıyla sorulan soruda ‘Estetik’ cevabı ilk sırada yer almaktadır (Şekil 5.6). Doğadan esinlenen tasarımların estetik getirileri olduğu sonucu tasarımcıların bu amaçla doğadan esinlendikleri için olabileceği gibi, farklı amaçlar doğrultusunda da olsa sonucun estetik yönlerinin ön planda olduğu düşünülebilir.

İşlevi geliştirmenin sağladığı katkı da yüksek oranda işaretlenmiş olup, devamında yaratıcı ve ilgi çekici olması da, fazla sayıda işaretlenen seçeneklerdir. Doğadan esinlenen tasarımların daha az malzeme ve daha az enerji kullanımı ile sonuçlanması seçeneğinin oranı düşük olmakla birlikte tasarımcıların bu amaçlar doğrultusunda doğadan esinlenme gereksinimlerinin düzeyi düşünülmelidir. ‘Zaman’ seçeneği en düşük oranda işaretlenmiş olup doğadan esinlenmenin tasarım sürecini daha az bir zamanda gerçekleşmesini sağlayacağını yalnızca üç kişi düşünmektedir. Doğadan esinlenme renk uyumu ve biçimsel fikir oluşturması açısından tasarımcıya zaman kazandırabilir, fakat bu yöntem doğadaki örnekleri detaylıca araştırma ve tasarıma uyarılma süreci gerektirdiğinden daha kapsamlı bir süreçtir.

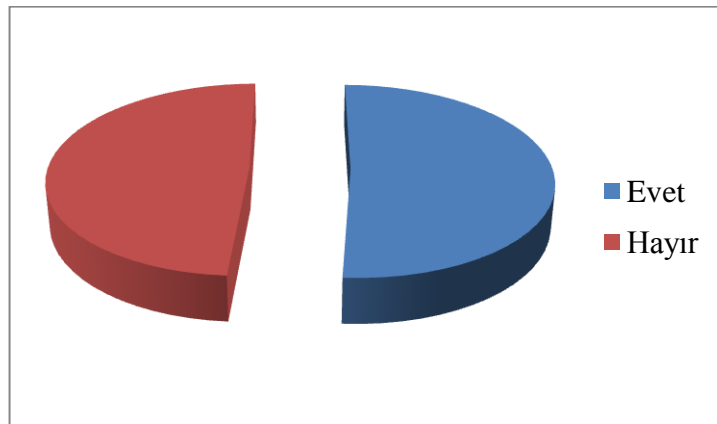


Şekil 5.6 : Anket 6. Soru grafiği.

Cevaplara ek olarak sonuç ürünün basit ve işlevsel olması, kullanıcı dostu, anlaşılır, yapısal güç gibi yanıtlar verilmiştir.

7. Tasarım derslerinde doğadan esinlenme ya da doğaya benzetme kavramlarının kullanımıyla ilgili bilgi edindiniz mi ? Cevabınız olumlu ise, hangi ders kapsamında, hangi bilgileri ?

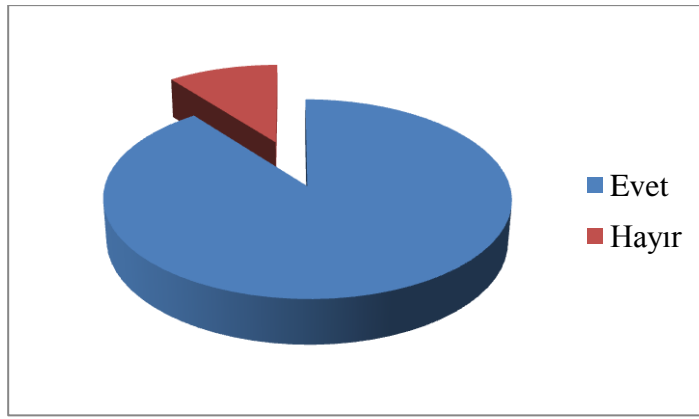
Estetik, temel tasarım, proje, struktur, biçim arama yöntemleri, temel sanat eğitimi, tasarım tarihi, tasarım kuram ve metotları, tasarım yönetimi gibi derslerde katılımcıların bazıları bu konuda bilgi edinmişler fakat çoğunluğa göre yüzeysel bir şekilde ve biçime yönelik olarak bu konuya değinilmiştir.



Şekil 5.7 : Anket 7. Soru grafiği.

8. Doğadaki kaynakların tasarıma aktarımı üzerine bilgi edinmek ister miydiniz?  
Neden?

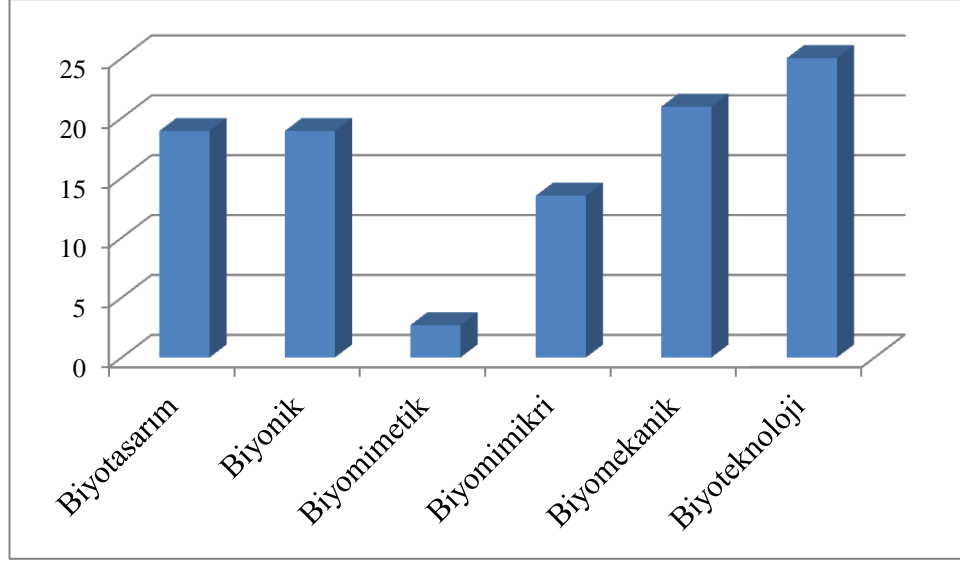
Katılımcıların büyük çoğunluğu doğadaki kaynakların tasarıma aktarımı üzerine bilgi edinmek istediklerini belirtmişlerdir (Şekil 5.8). Sebepleri olarak ise, biçimsel ve yapısal olarak farklı yaklaşımlar geliştirebilmek, doğanın sadeliğini tasarıma uygulamak, yaratıcı ve sürdürülebilir ürünler tasarlamak , ürünün albenisini arttırmak, farklı bakış açıları kazanmak, daha basit ve verimli tasarımlar yapabilmek, kullanıcıların ürünle daha samimi ve tanıdık ilişkiler kurabilmeleri için gibi açıklamalar yapmışlardır.



Şekil 5.8 : Anket 8. Soru grafiği.

9. Aşağıdaki biyo kavramlarından hangilerini tanıyorsunuz?

Katılımcılar tarafından en çok bilinen biyo-kavramı biyoteknoloji olup, biyomimetik son sırada yer almaktadır. Endüstriyel tasarımla ilişkisi biyomekanik,biyoteknoloji ve biyonik kavramlarına göre yüksek düzeyde olan biyomimetik kavramı tasarımcılar tarafından pek bilinmemektedir (Şekil 5.9).



**Şekil 5.9 :** Anket 9. Soru grafiği.

10. Tasarımda doğadan esinlenme, doğaya benzetme, doğadaki işlevleri aktarma konusunda serbest düşüncelerinizi yazınız.

Katılımcıların Çizelge 5.3'te görülen serbest düşüncelerini yazdıkları açıklamalarda genel olarak doğanın yol gösterici olduğundan, doğadaki uyumdan, birçok tasarım probleminin doğada var olduğundan, doğadaki tasarımların basit, pratik ve akılcı olduğundan bahsetmişlerdir.

**Çizelge 5.3 :** Anketin 10. Sorusuna verilen cevaplar.

“Doğa yol gösterici olması açısından ilgi çekicidir. Doğada müthiş bir uyum ve denge vardır.”
“Doğadan esinlenme birçok noktada tasarımcının işini kolaylaştırabilir. Çünkü yüzyıllardır geçen zaman içerisinde doğa ve içindekiler evrimleşmekte ve adaptasyonla birlikte daha süper bir forma doğru gelişmekte. Sonuç olarak, bir çok tasarım probleminin çözümü doğada zaten mevcut. Yalnızca araştırıp doğru ilişkiyi kurmak gerek.”
“Doğada var olan sistemler çok uzun bir süre boyunca var olduğu için optimum seviyeye oldukça yakındır. Gerek biçimsel oranlar, gerek sistemin sürekliliği olsun, bir çok konuda doğadan faydalanıp tasarımda iyi çözümlere gidilebilir. Sonuç olarak insan da bu doğanın bir parçasıdır ve doğadaki sistemler insanların yarattığı yapay doğaya(tasarıma, sanata) uygulanabilir. Doğadan örnek almak, doğada yüzyıllardır çözümü zaten bulunan bazı problemlere kısa yoldan çözüm getirmeyi sağlar. Zaman , günümüzde en önemli kısıtlardan biridir. En hızlı şekilde çözümler üretmemiz gerekirken, doğa eğer doğru bir şekilde incelenirse, tasarım sürecinde oldukça faydalı olacaktır.”
“Altın oranı bütün tasarımlarımda kullanmaya çalışırım çünkü bu oran ve ölçü, zannedildiğinden daha çekici, estetik ve bir o kadardır da mükemmeldir.”

“Endüstri ürünleri tasarımı lisans eğitiminde bu konuda daha fazla bilgi verilmeli.”
“Benzetmek için zorlamak bence doğru değil. Uçağın yapısının , kuşun kanatlarından ilham alınarak geliştirilmesi çok özel - ama bu denli faydalı şekilde kullanılsa da, suya taş atıldığında oluşan hareketler, yaprak dokularının ürünlere aktarılması vb. neden olmasın/ bence doğa bize yol gösteriyor.”
“Milyonlarca yılda gelişmiş ve duruma adapte olmuş biçimlerin örnek alınması bunun yanında matematiksel değeri sıfıra yakın olan bir zaman diliminde yapılacak bir iş için hazır kaynak gibidir. Zaten çalıştığımı bildiğimiz olguları tekrar ederek sağlıklı sonuçlara ulaşabiliriz.”
“Endüstriyel hayatta ürünleri konseptleştirirken çok yardımcı oluyor ancak gerçekleştirmelerde sorun yaşıyoruz.”
“Bazen yaptığımız ürünlerin insan için oluşan anlamını desteklemek amacıyla doğadan referanslar kullanırım ama birebir benzetme şeklinde olmaz, sistem veya formu oluştururken çizgileri modifiye ederek kullanırım. İnsanların ürünün işlevini ve kendileri için anlamını bilinç altlarında oluşan benzeşme ile daha yoğun algıladığımı düşünüyorum. Ama asla bu benzeşme alenen olmamalıdır.”
“Her tasarımcının ürün tasarlarırken doğadaki ilişkileri göz önünde bulundurması gerektiğini düşünüyorum.”
“Doğada gözlenen oluşumların işlev, ölçek ve oluşumu, enerjisi, malzemesi ve hafifliğine rağmen dayanıklı olması önemli bir tasarıma neden olacağına inanmaktayım.”
“Çok faydalı olabilir, fakat uygulamaları mühendislik çözümlerden tasarım çözümlerine çekebilmek gerekli.”
“Bence zengin bir kaynak, hem görsel açıdan hem de işlev açısından.”
“Doğaya benzetmek bir amaç olamaz, ihtiyaç halinde bir yöntem olabilir.”
“Doğadaki tasarımlar basit, pratik ve akılcıdır bu nedenle önemli ve kullanılabilir olduklarını düşünüyorum.”
“Ürün veya tasarımın sürekliliği için doğa ile ilgili hertürlü ilişkiyi araştırıp sorgulamak tasarım sürecinin parçalarından biri olmalıdır.”
“Doğada herşey dengeli ve mükemmel, mükemmeli arama iyi tasarım yapma konusunda çok yardımcı.”

11. Tasarımda doğadaki çözümlerden öğrenme, esinlenme ya da taklit etme konusunda bildiklerinizi ya da gördüğünüz örnekleri açıklayınız.

Katılımcılar son soruda doğadaki çözümlerden öğrenme, esinlenme, doğayı taklit etme konusunda bildikleri örnekleri yazmışlardır. Bu örnekler Çizelge 5.4’te belirtilmiştir.



**Çizelge 5.4 : Anketin 11. Sorusuna verilen cevaplar.**

“Kangurudan esinlenen anne kucağı tasarımı.”
“Doğadan esinlenerek kendi enerjisini üreten tasarımlar.”
“İnsan deri yapısını ve onun esnekliğini inceleyerek tasarlanan motosiklet kaskı.”
“Can yalman-reptile, kale seramik fayans tasarımı.”
“Calatrava’nın müze, köprü, anıt, gökdelen, tren istasyonu tasarımları. Form ve taşıyıcı sistemlerde doğadan esinlenmeleri görmek mümkün. Mühendislik alanında helikopter tasarımında hanım böceğinin kanat çırpışından esinlenilmesi, kir tutmayan cam. Ürün tasarımında bu esinlenme form kullanımında ön plandadır.”
“İnsan organları ve zihnin işleyişi birçok tasarıma temel olmuştur.”
“Doğadan esinlenerek daha işlevsel, estetik tasarımlar yapılacağı gibi, fazla ya da yanlış kullanıldığı takdirde ortaya basit ve endüstriyel tasarım anlayışından uzak ürünler de çıkabilir.”
“Doğa tasarım için sonsuz ve doğru kaynaktır.”
“Serbest uçuş ekipmanları, dalış ekipmanları, havacılık teknolojisinden birçok örnek, ayakkabı tabanları, petek dokular.”
“Termit yuvalarındaki mantık ile havalandırma sistemleri tasarımı.”
“Zaha Hadid’in bir çok alanda yaptığı farklı tasarımları doğadaki formlara benzemektedir. Koziol firması tamamen doğayı taklit ederek doğadaki formlara farklı fonksiyonlar yükleyen ürünler tasarlamıştır.”
“Ross Lovegrove’un bazı tasarımları.”
“Doğayı her açıdan örnek almak ve tasarım diline uydurmak önemli.”
“Hareketli strüktürlerin örümcek gibi eklembacaklılardan taklit ederek geliştirilmesi.”
“Uçak tasarımı.”
“Okulda vatos balığından esinlenen gemi tasarımı projesi 1.lık kazanmıştı.”
“Gaudi’in binalarında kullanılan havalandırma sistemi. Kaburga kemiği, yaprak gibi bazı doğa öğelerini bolca kullanmıştır. Betonarmede çelik kullanımı de yaprağın strüktür yapısını örnek alarak uygulanmıştır.”
“Geliştirilmekte olan dünyanın en hafif malzemesi, örümcek ağı.”

Anket sonuçlarına göre katılımcılar tasarımlarında doğadan esinlenmişlerdir fakat bu esinlenme genelde biçimsel düzeyde gerçekleşmiştir. Tasarımcılar doğadaki örneklerin tekniği, işleyişi ve mekanizması ile ilgili bilgilere ulaşmakta güçlük

çekmektedirler. Ulaştıkları kaynaklar görsellerle sınırlı kalmakta, dolayısıyla tasarıma aktarımları da biçimsel düzeyde gerçekleşmektedir.

Ankete katılan tasarımcılar içerisinde doğadan esinlenme ile kavramları eğitimleri kapsamında duyanlar olduğu gibi, kişisel araştırmalarında, proje uygulama sırasında yapılan araştırmalarda öğrenenlerin sayısı da oldukça fazladır. Tasarımcılar doğadan esinlenirken görsel kaynakları çoğunluklu olarak kullanmakta ve kendi gözlemlerinden faydalanmaktadır. Bu sonuca göre de tasarımcıların doğadaki canlılardan esinlenirken biyoloji biliminden faydalanmadıkları ortaya çıkmıştır. Doğadan esinlenmenin tasarımlarına sağladığı katkılardan estetiğin ön planda olması da bu sonucu pekiştirmiş, tasarımlarının görsel etkisini artırmak için bu yöntemin daha sık uygulandığı sonucunu ortaya koymuştur.

Tasarımcıların büyük çoğunluğu doğadaki kaynakların tasarıma aktarımı üzerine bilgi edinmeyi istemektedir. Doğadaki kaynakların tasarıma aktarımı ile ilgili olan biyomimetik kavramı tasarımcılarca pek bilinmemekte fakat biyomimetik tasarım örneklerinden bazıları tasarımcıların doğadan esinlenme, doğaya benzetme, doğadaki işlevleri tasarıma aktarma ile ilgili serbest düşüncelerde yer almaktadır.

Tasarımcılarla yapılan anket çalışması biyoloji ve tasarım ilişkili kavramlarının bilinirliğini, tasarımcıların doğadan ne şekilde esinlendiklerini, gerekli kaynaklara ne şekilde ulaştıklarını belirlemiş olup, endüstri ürünleri tasarımında biyomimetik tasarım metodolojilerinin bilinmediğini, doğadan esinlenmenin endüstri ürünleri tasarımında genellikle biçimsel düzeyde gerçekleştiğini ortaya koymuştur.

## **5.5 Endüstri Ürünleri Tasarımı Kapsamında Biyomimetik Tasarımın Uygulanışı**

### **5.5.1 Biyomimetik tasarım çalışması**

Uygulanacak olan biyomimetik tasarım çalışması, Biyomimikri Enstitüsü'nün düzenlemiş olduğu biyomimikri tasarım yarışması konusunu ele almakta, yarışma katılımcılarına biyomimikri metodolojisi ile ilgili verilen bilgiler doğrultusunda yürülmektedir. Yarışmanın önerdiği gibi farklı disiplinlerden öğrenciler biraraya gelmiş ve yine yarışmanın önerdiği üzere biyoloji alanından kişiler takım kapsamında yer almıştır.

Yarışma katılımcıları, İstanbul Teknik Üniversitesi yüksek lisans öğrencilerinden iki endüstriyel tasarımcı, bir makina mühendisi, bir gemi-inşaat mühendisi, bir fizik mühendisi, bir çevre mühendisi ve Ege Üniversitesi'nden iki biyolog ile oluşturulmuştur.

Yarışma için belirlenen konu, enerji verimliliği yaratan biyomimetik çözümler geliştirmektir. Yarışma konusunun alt başlıklarında biyomimikri uzmanları, sonuç tasarım, sistem ya da süreçlerle, enerjiyi depo edebilen ürün, daha etkili yapı izolasyonu, firmaların veya kullanıcıların mevcut enerji verimli teknolojileri daha fazla sayıda benimsemelerini sağlayan sistemler veya sayısız çözümler geliştirmek için katılımcıların doğadan ilham almalarını önermektedir.

Yarışma katılımcılarına sağlanan bilgiler biyomimikrinin tanımı, kapsamı, amacı ile başlayan ve metolojinin anlatıldığı, uygulanmış çalışmaların açıklamalarının yer aldığı, biyomimikrinin çevreci yaklaşımı kapsamında yaşamın ilkelerinin anlatıldığı konuları içermektedir.

Ayrıca, 1 Aralık tarihinde Biyomimikri Enstitüsü'nün internet üzerinden düzenlediği bir toplantıya katılım gerçekleşmiş olup biyomimetik tasarım süreci ile ilgili biyomimikri uzmanlarına sorular yöneltilmiştir. Biyomimikri uzmanları birçok katılımcının karşılaştıkları zorluklarla ilgili soruları yanıtlamış ve biyolojik kaynaklara ulaşma ile ilgili görsel açıklamalar sunmuştur.

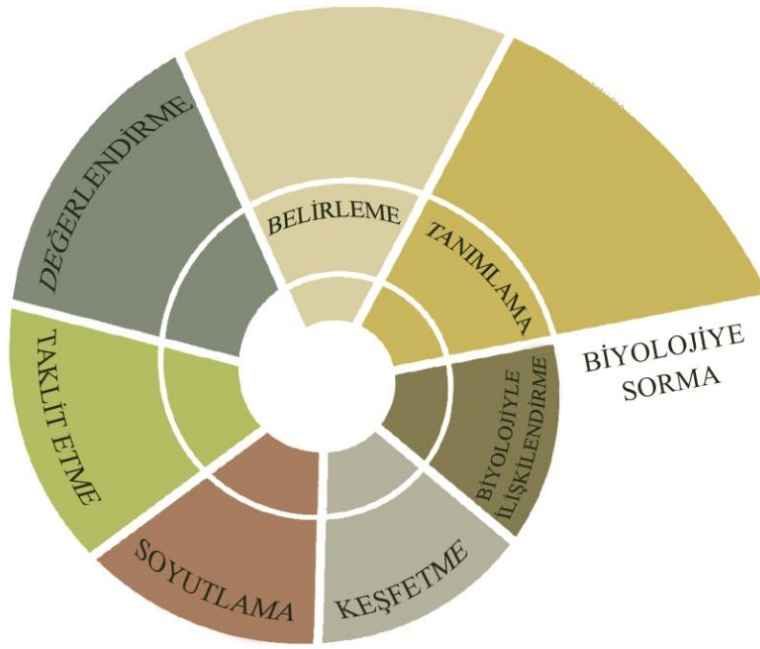
### **5.5.2 Biyomimetik tasarım çalışması süreci**

Biyomimetik tasarım konusunu belirlemeden önce katılımcılar Biyomimikri Enstitüsü'nün sunduğu kaynakları inceleyerek, biyomimikri yaklaşımını ve metolojisini öğrenmek için çalışmış, biyomimetik tasarım örneklerini incelemişlerdir. Ardından yarışma konusu doğrultusunda fazla enerji harcayarak kullandığımız ürünler üzerinde bir beyin fırtınası gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar kağıtlara belirledikleri üç konuyu yazdılar, bunlar yönetici tarafından toplanarak listelendi ve bu konular üzerinde araştırma yapılmaya başlandı.

23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen 7.2 şiddetindeki Van depremi ve afetzedelerin soğuyan hava ile birlikte meydana gelen barınma sorunları çalışmaya yön vermiştir. Van halkının büyük bir çoğunluğu ard arda meydana gelen depremler yüzünden yaşamlarını çadırda sürdürmeye başlamışlardır. Van şehrinden Türkiye'nin diğer bölgelerine göç yaşamakla birlikte soğuk hava koşullarına rağmen çadırda

yaşamlarını sürdüren insanların sayısı oldukça fazladır. 19 Kasım 2011 tarihinde çadırda kullanılan kömür sobasından çıkan yangın sebebiyle 3 kişi hayatını yitirmiştir (haberturk.com).

Biyomimetik tasarım metodolojilerinden Biyomimikri Enstitüsü'nün önerdiği 'Biyolojiye Sorma' yöntemi uygulanmaya başlandı. Biyolojiye sorma yöntemi süreçleri açıklamalarıyla birlikte tezin 4. bölümünde yer almaktadır. Biyolojiye sorma yönteminin süreçlerinin bu çalışmada ne şekilde gerçekleştiği aşağıda açıklanmaktadır (Şekil 5.10).



Şekil 5.10 : Biyolojiye sorma.

**İşlevi belirleme:** Çadırlarda meydana gelen yangınlar ve ısınma sorunları doğrultusunda tasarımın konusunu afet sonrası kullanılabilir, soğuk hava koşullarına karşı korunma sağlayabilecek, havalandırma problemini ortadan kaldıracak enerji tasarrufu sağlayan yapı, sistem tasarımı olarak tanımladı.

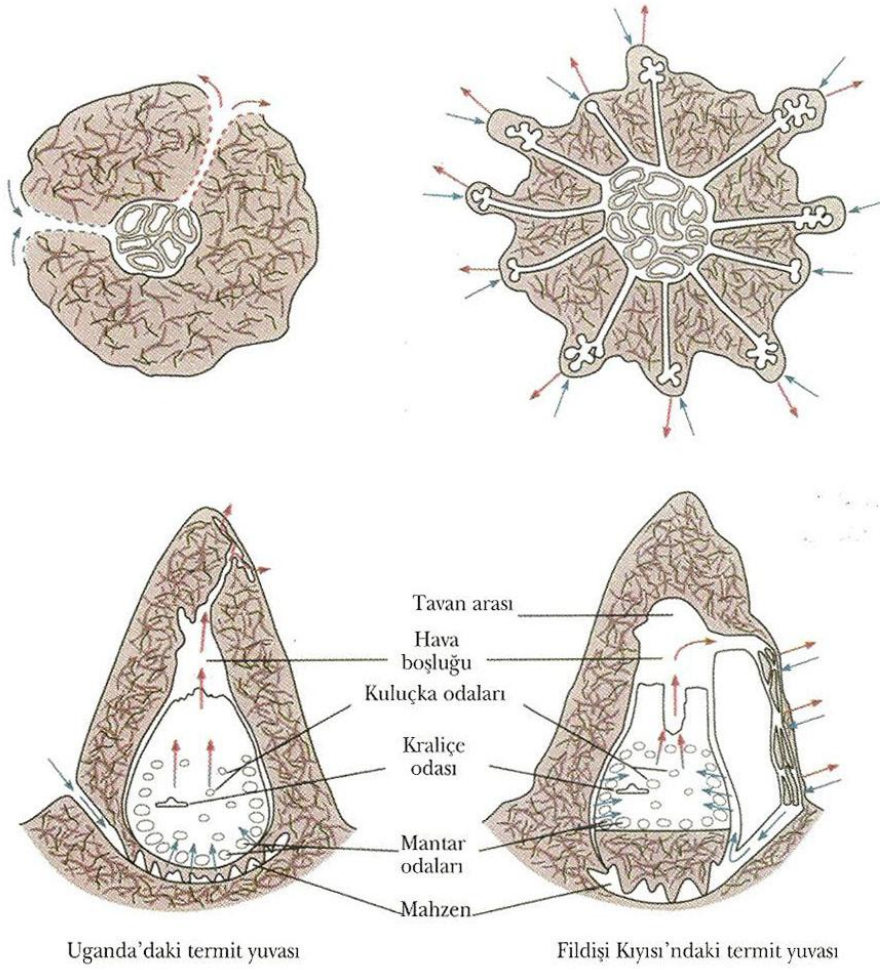
**Kapsamı tanımlama:** Van depreminde çadırlarda yaşamakta olan afetzedelerin problemleri gazete, haber kanalları, basından takip edilerek bu çerçevede soğuk iklimlerde afet sonrası kullanılabilir barınma sağlayan yapı, kapsam olarak tanımlandı. Yapıların büyüklüğünün Van'da yaşayan kalabalık aileler, depremde ailesini kaybetmiş kişiler, görev için orada bulunan kimselerin ihtiyaçları düşünülerek belirlenmesine karar verildi.

**Problemi biyoloji ile ilişkilendirme:** Belirlenen işlevin doğada nasıl gerçekleştiğini araştırmak için tanımlanan bu aşamada doğada canlıların ne şekilde soğuktan korundukları, enerji verimliliğinin bu kapsamda nasıl gerçekleştiği, yuva yapan canlıların havalandırma problemlerini nasıl çözdükleri gibi sorular belirlenerek, araştırma için anahtar kelimeler belirlenmiştir.

**Doğadaki örnekleri keşfetme:** Aranılan işleve yönelik doğadaki çözümleri araştırmaya başlandı. ‘asknature.org’ ve biyologların üye olduğu veritabanlarından doğada ısının nasıl korunduğu, soğuk hava şartlarına rağmen canlıların nasıl hayatta kalabildiği canlılar incelendi.

Biyologlar araştırmalarında penguenlerin su geçirmeyen tüyleri ve balina yağı denilen yağ tabakaları sayesinde soğuktan korunduklarını tesbit ettiler. Bu aşamada mühendis ve tasarımcılar doğada bulunan örneklerin tasarıma uygulanabilirliğini sorgulamaya devam ettiler. Bunun tersi olarak çölde kendini sıcaktan koruyan canlılara da bakıldı, bu kapsamda çöl salyangozu örneği incelendi. Çöl salyangozu kabuğunun yapısı sayesinde güneş ışınlarını yansıtmakta ve iç yapısında zeminden gelen sıcak havayı soğutmaktadır.

Yuva yapan canlıların havalandırma problemlerini nasıl çözdüğü biyolojik kaynaklarda araştırıldı. Araştırma sürecinde biyologlar termit yuvaları üzerinde detaylı literatür taraması yaptılar. Bu yuvalar yapının alt kısmından temiz havayı alarak tepedeki delikten kirli havayı dışarı aktarıyor ve yapının iç kısmının hava almasını sağlıyor. Termit yuvalarında Şekil 5.11’de görüldüğü gibi mavi oklarla gösterilen oksijen yüklü serin hava yuvanın tabanındaki bir açıklıktan içeri girmekte, oda ve tünellerden geçtikten sonra tavan arasına yakın bir bacadan karbon dioksit yüklü sıcak hava olarak dışarı çıkmaktadır (kırmızı oklar).



**Şekil 5.11 : Termit yuvası.**

Ayrıca ısı kaybını önlemek için doğadaki çözümler incelenmeye başlandı. Isı kaybını önlemek için penguenlerin birlikte yaşaması üzerine düşünüldü.

**Soyutlama:** Termit yuvalarındaki havalandırma sisteminin tasarıma uygulanmasına karar verildi. Bu sistem uygulanırken aynı zamanda içerinin soğumasını engelleyecek şekilde temiz havanın içeri alınması gerekiyordu. Bu aşamada zemine yakın kısımda küçük hava boşlukları oluşturmaya karar verildi.

Isı kaybını azaltmak için her ailenin kullandığı yapıların birleştirilmesi fikri oluştu. Tanımlanan kapsam doğrultusunda farklılaşan aile ve kişi sayıları göz önünde bulundurularak dört çadırın bitişik kullanılabileceği, büyüklükleri değişen yapı için doğadaki salyangoz biçiminin soyutlanarak yapıya uygulanmasına karar verildi. Çadır örtüsünün katlanarak kolay taşınabilme ve lojistik açıdan az yer kaplayarak

sera gazı emilimini azaltma amacıyla palmiye yapraklarının biçimi soyutlanarak çadır örtüsüne uygulanması düşünüldü.

**Doğanın stratejisini taklit etme:** Çadırların birleşimleri üzerine doğadaki strüktürler incelendi. Salyangoz biçiminin çoklu yapıyı sağlayabileceği ve ısı kaybını engelleyebileceği düşüncesiyle bununla ilgili skeçler yapıldı (Şekil 5.12). Yapılan skeçlerde salyangoz yapının aranılan çözümlere cevap verdiği görüldü ve bu biçim üzerinden detaylandırmalara gidildi.



**Şekil 5.12 :** Salyangoz biçiminin yapıya dönüşümü.

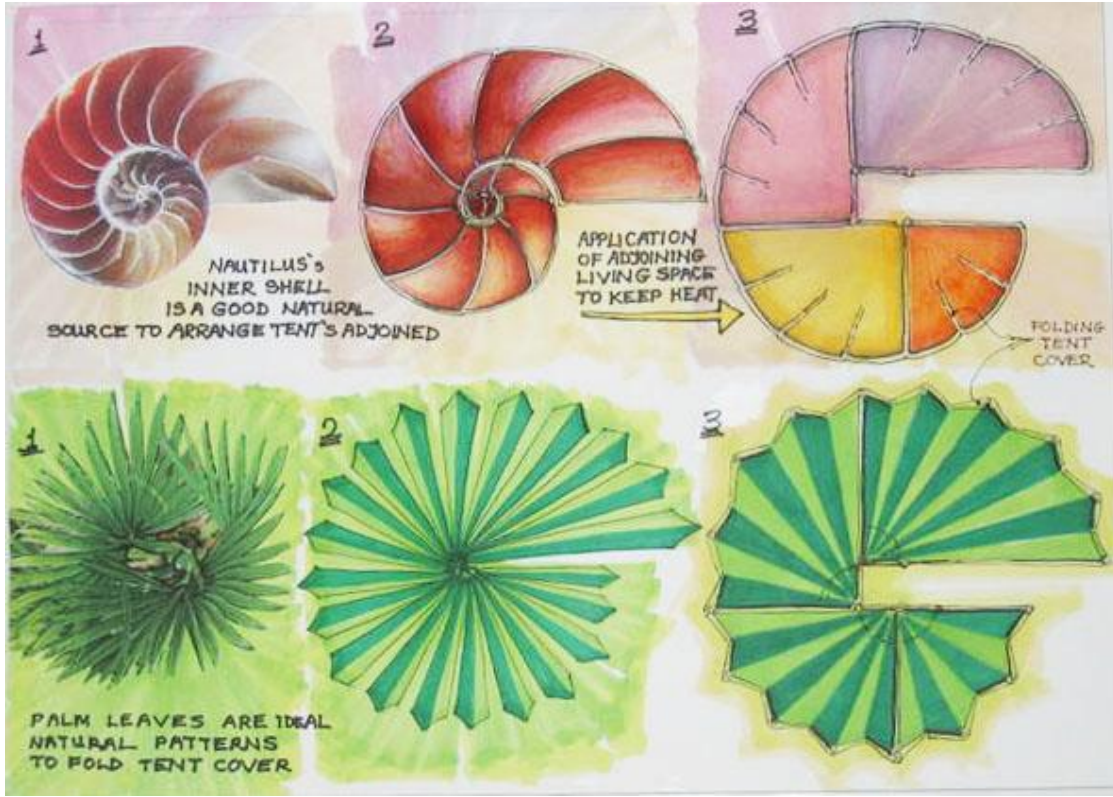
Salyangoz biçimi aşamalı olarak dönüştürülmüş olup çadırın biçimini oluşturmuştur. Bu biçim istenilen işlevi sağlamakla birlikte, katlanarak az yer kaplama özelliğine de sahiptir.

Ayrıca nautilus deniz canlısının iç kabuğunun odacıklı yapısına bakılarak çadırdaki bölümlü yapı değerlendirildi. Büyüklükleri farklılaşan dört bölmeden oluşan çoklu çadır sistemi geliştirildi (Şekil 5.13).

Palmiye yaprağı biçimi soyutlanarak çadırın en küçük bölümünden en büyük bölümüne kadar zigzag şeklinde katlanabilme özelliği tasarlandı (Şekil 5.13).



Katlanarak yassı bir yapı haline dönüştürülen bu sistemin lojistik açıdan az yer kaplaması ve bu sayede sera gazı emilimini azaltması amaçlandı.



**Şekil 5.13 :** Nautilus deniz canlısının odacıklarının ailelerin barınacağı çadır odalarına dönüşümü ve palmye yapraklarının çadır örtüsünün katlanabilme özelliğine dönüşümü.

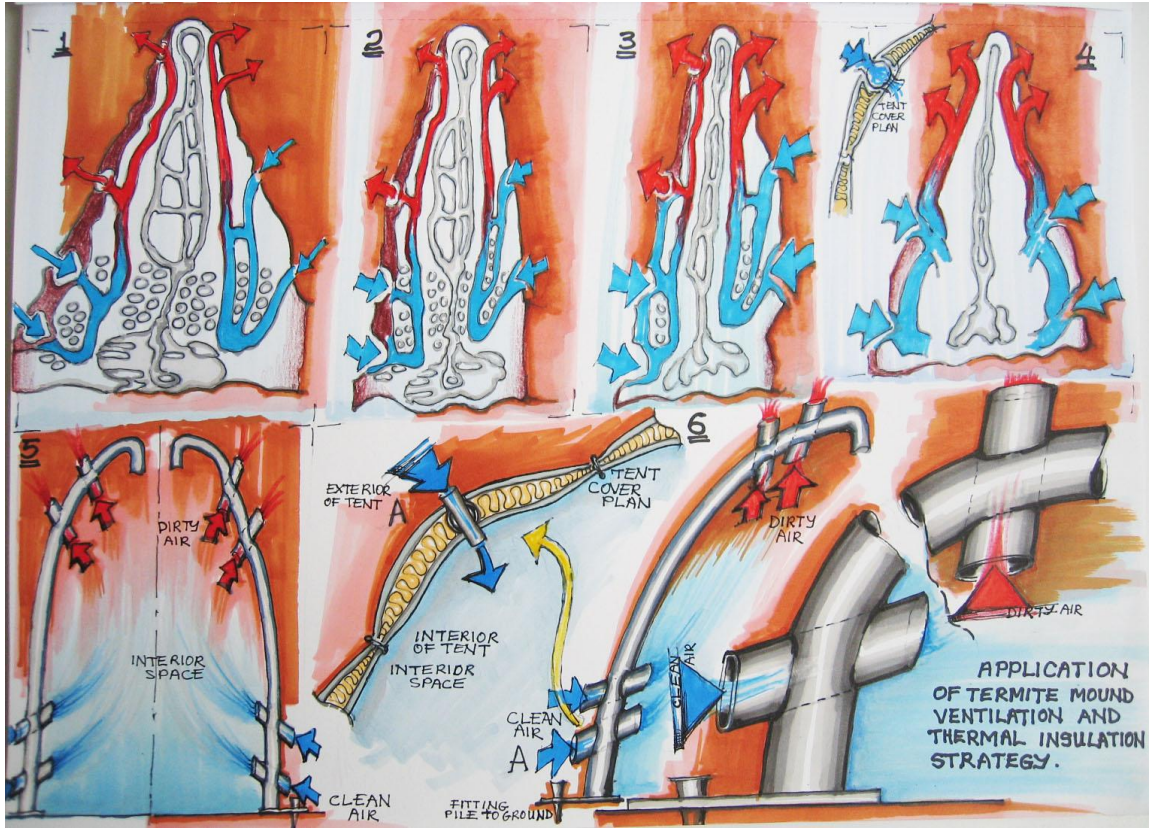
Deniz dibinde yaşayan salyangoz biçimindeki nautilus canlısı kabuğunun iç katmanındaki hücreler sayesinde su püskürterek yüzeye çıkabilmektedir. Nautilus canlısının bu hücreli iç kabuk katmanı, çadır bölmeleri için çok iyi bir örnek olup soyutlanarak çadıra uygulanmıştır. Bu yapı sayesinde bitişik nizamlı çadır odalarının ısı kaybı azaltılmış olup, afet sonrası soğuk iklimde kullanılacak ideal bir barınak tasarlanmıştır.

Palmye yaprakları çadır örtüsünün katlanabilme özelliği için doğadaki en iyi örneklerden biridir. Yaprak biçimi soyutlanarak çadırdaki katlanabilme fikri geliştirilmiş olup, afet sonrası çok önemli olan az yer kaplayarak lojistik açıdan kolaylık sağlama ve kolay kurulum özelliği çadırdaki uygulanmıştır.

Termit yuvalarının havalandırma biçiminden yola çıkarak çadırın havalandırma sistemi tasarlanmıştır. Termit yuvasının temiz havayı çekerek kirli havayı dışarı atma özelliği, çadır örtüsünde uygulandı. Temiz hava çadır örtüsünün zemine yakın

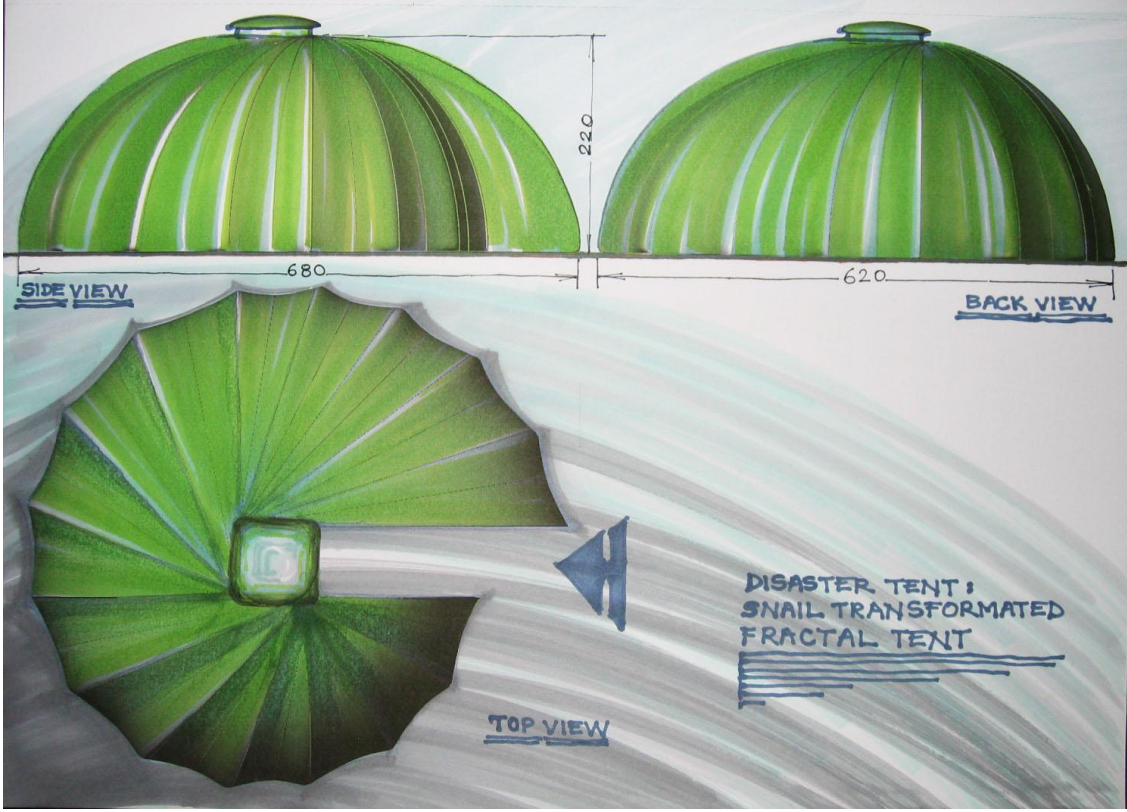


bölgelerindeki borularla içeri alınarak, kirli hava çadırın üst kısımlarındaki borularla dışarı atılmaktadır (Şekil 5.14).



Şekil 5.14 : Termit yuvası havalandırma sisteminin çadıra uygulanması.

Salyangoz dış kabuğu biçimi dönüştürülerek afet çadırına uygulanmıştır. Afet çadırının yüksekliği 220 cm olup yan genişliği 680 cm'dir. Yapının yan, arka ve üst görüşleri Şekil 5.15'te görülmektedir.



Şekil 5.15 : Çadır yan, arka, üst görünüşleri.

Farklı sayıdaki ailelerin kullanabileceği çadır bölmelerini Şekil 5.16’da görmekteyiz. Bu bölmelere giriş şekilde görüldüğü gibi en küçük ve en büyük bölmenin arasındaki koridordan sağlanmaktadır.



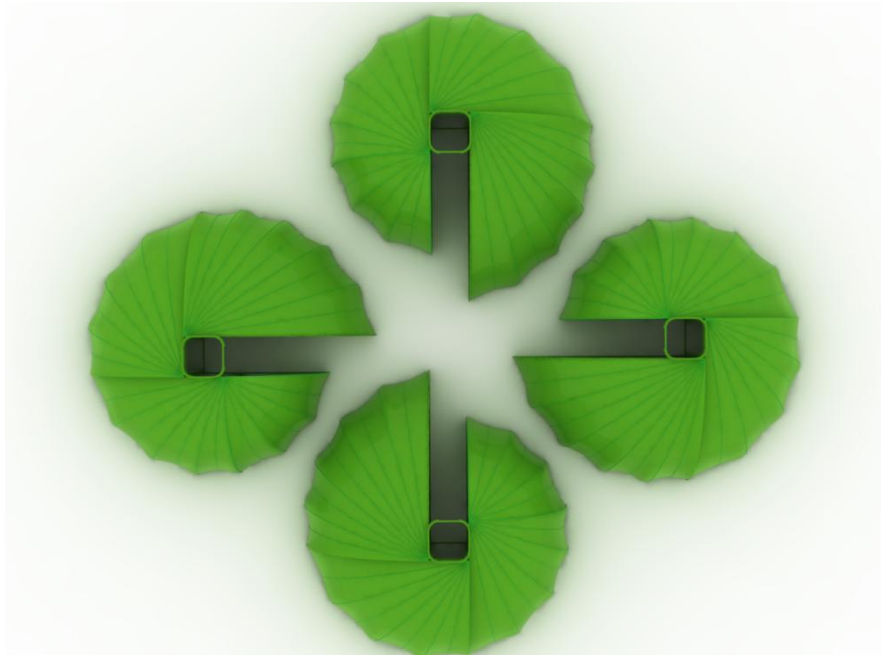
Şekil 5.16 : Çadır bölmeleri.

Afet çadırı perspektif görünümünü Şekil 5.17’de görmekteyiz. Koridordan geçilerek çadırın dört ayrı kapısından bölmelere ulaşılmaktadır.



**Şekil 5.17 :** Çadır perspektif görünümü.

Çadır yerleşimine dair bir örneği Şekil 5.18’de görmekteyiz. Bu yerleşim girişlerinin birbirine bakarak soğuk ve rüzgardan korunmayı sağlamaktadır. Orta alan afetzedelerin ortak kullanım alanı olabilmekte ve birbirleri ile ilişkilerine olumlu katkı sağlayabilmektedir.



**Şekil 5.18 :** Çadır yerleşim örneği.





Çalışmada disiplinler arası diyalog zaman süreç ilerledikçe netlik kazanmış olmakla birlikte, zaman zaman zorluklar yaşanmıştır. Tasarımcı ve biyologlar sürecin tüm aşamalarında etkileşim içerisinde çalışmışlardır. Teknik problemlerin çözümünde makina ve gemi-inşaat mühendisleri, havalandırma konusunda fizik mühendisi etkin olmuş, tasarımın sürdürülebilirliği kapsamında çevre mühendisi sürecin aşamalarında çevresel faktörleri, enerji verimliliğini değerlendirmiştir.

Havalandırma ve az yer kaplama gibi önemli problemler çalışmanın dahilinde çözülmüş olup, ısı verimliliği ile çevreye duyarlı, lojistik açıdan sağladığı avantajla sera gazı emilimini azaltan bir çözüm olarak sonuçlandırılmıştır. Doğadaki örneklerin incelenmesi ve soyutlanarak tasarım stratejilerine dönüştürülmesi ile ortaya çıkan bu tasarım, endüstri ürünleri tasarımında doğanın tekniğini değerlendirme konusunda bir örnek çalışmadır. Doğadaki canlıların biçimsel özellikleri dışında teknik ve işlevsel özellikleri biyologlar aracılığı ile keşfedilerek disiplinler arası işbirliği ile tasarım fikirlerine dönüştürülmüştür.

Farklı disiplinlerden uzmanlarla bir arada çalışmak, farklı bakış açıları kazandırmış, tasarımın her aşamasındaki bu etkileşim sonuca olumlu olarak yansımıştır. Biyomimikri metodolojisi uygulama çalışması ile daha iyi anlaşılmas ve netlik kazanmıştır. Biyolojik kaynaklara ulaşmada 'asknature.org' sitesi fayda sağlamış olmakla birlikte, Biyomimikri Enstitüsü'nün yarışma katılımcılarına sağladığı dersler ve bilgiler metodolojinin doğru uygulanmasına yardımcı olmuştur. Doğadaki birkaç örneğin projede kullanılması biyomimikri uzmanlarınca uygun görülmüş ve desteklenmiştir.



## 6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Biyonik, biyomimetik, biyomimikri, biyotasarım, biyomekanik, organik tasarım gibi kavramların tümünün temelindeki ana fikir 'doğadan öğrenme'dir. Doğadaki canlıların karşılaştıkları problemlere karşı geliştirdikleri çözümler tasarımcıları çözüm arayışlarında doğadan öğrenme ve doğayı taklit etme gibi yaklaşımlara yönlendirmiştir. Tıp, mimarlık, mühendislik, tasarım, sanat gibi bir çok alanda bu yaklaşımlar kabul görmüş ve gelişimini sürdürmüştür.

Tasarım ve doğa ilişkisinde artık salt biçimi ürüne kopyalamanın ötesine geçilmiştir. Doğanın sistem, yöntem ve işlevleri incelenerek karşılaşılan tasarım probleminde doğadaki benzer işlevi yapabilen kaynaklar araştırılarak ürün tasarımındaki uygulamaya geçilmektedir. Sonuç olarak ürün doğadaki örneğine biçimsel olarak çok benzese bile bu benzerlik biçimin, işlevden kaynaklanan bir halidir. Doğadan bu amaç doğrultusunda esinlenmeden bahsetmek istediğimizde biyoloji ve tasarım ilişkili kavramlar, tasarımdaki bu paradigma değişimini daha iyi bir şekilde ifade eder.

Biyoloji ve tasarım ilişkili kavramlardan endüstri ürünleri tasarımı ile yakın ilişkili kavramlar incelenmiş olup, bazı kaynaklarda eş anlamlı kabul edilen biyotasarım, biyonik tasarım, biyomimetik tasarım gibi yaklaşımlar temelde aynı anlamı ifade etse de biyonik tasarım ve biyotasarımın tıp alanında kullanımı yaygınlaşmıştır. Son yıllarda endüstri ürünleri kapsamında doğadanın tekniğini değerlendirme anlamında biyomimetik tasarım ifadesi, daha sık kullanılmaktadır.

Biyomimetik tasarım örnekleri doğadaki gözlemlerden ortaya çıktığı gibi biyolojik incelemeler gerektiren farklı disiplinlerin birarada çalışarak uyguladığı çalışmalardır. Biyomimetik tasarım örnekleri doğanın yapı, işlev ve biçimlerinden esinlenen tasarımlarından oluşmaktadır. Örnekler incelenerek malzeme ve strüktür yönünden doğayı taklit eden tasarımlar olarak iki sınıfa ayrılmıştır. Strüktür yönünden taklit etme yapısal ve dokusal olarak sınıflandırılmış, yapısal strüktürler ise işlevin yapıyı oluşturduğu strüktür yapısalı ve biçimin yapıyı oluşturduğu strüktür yapısalı olarak kategorize edilmiştir.

Biyomimetik ürünlerinin doğadaki biçimlere benzemesi gibi bir algı söz konusudur. Sonuç ürünler biçimsel olarak esinlenilen ürüne benzeyebilir fakat biyomimetik tasarımda amaç analogi değil doğanın dehasını kullanmadır. Biyomimetik tasarımda doğadan esinlenme sadece biçimsel değil malzeme, yapı ve işlevsel boyutlarda olabilir.

Endüstri ürünleri tasarımcıları doğadan esinlenmektedirler. Bu esinlenme çeşitli boyutlarda olabilmektedir. Tasarımcıların doğanın potansiyelini dikkate alarak doğanın tekniğini değerlendirme kapsamında çeşitli metodolojiler geliştirilmiştir. Güncel bu metodolojilerden önce de tasarımcılar doğadaki yapılardan örnek alıyorlardı. Soyutlama, doğaya öykünme, doğaya benzetme kavramları ile açıklanan bu yöntemler tasarımcının farklı disiplinlerle işbirliği yapmadığı biyolojik kaynakları görsel esinlenme veya gözlemleri üzerinden gerçekleştirdiği yöntemlerdir. Biyomimetik tasarlama ise biyoloji kaynaklarının kullanılmasıyla tasarım problemlerinin çözümlendiği, tasarımcıya farklı bakış açıları kazandıran yenilikçi fikirlere ilham oluşturabilecek bir yöntemdir.

Ürün tasarımında doğanın tekniğini değerlendirme söz konusu olduğunda tasarımcı detaylı biyolojik bilgiye ihtiyaç duyar ve projenin derinliğine göre farklı disiplinlerden kimselerle ortak çalışma gerekliliği oluşur. Tasarımcının bakış açısı, teknik bilgi donanımı ve bu konudaki eğitimi bu yöntemi gerçekleştirebilmede önemli unsurlardır.

Biyomimetik tasarım süreci genel olarak iki temel kısımdan oluşur. Bunlardan ilki tasarımın biyolojiye dahil olarak cevap araması, diğeri ise biyolojinin tasarıma dahil olmasıdır. Birinci yaklaşımda tasarımcının problemi tanımlaması ve biyoloğun doğadaki çözümünü bulması gerekir. İkinci yaklaşımda ise biyologlar, biyolojik bir durumu tanımlayarak bunun insanlar için tasarlanabilecek ve uygulanabilecek potansiyelini keşfederler.

Biyomimetik tasarlama konusunda araştırmacılar farklı yöntemler ortaya koymuştur. Bu yöntemler tasarım, mühendislik gibi alanlar için geliştirilmiş olup, biyomimikri yaklaşımının metodolojisi yaklaşımın farklı disiplinlerle işbirliği ve elde edilen ürünün sürdürülebilir olması gerekliliğinden, temelde diğer yöntemlerle benzer olsa da farklılık göstermektedir.



İstanbul Üniversitesi'nde bitki morfolojisi ve anatomisi, bitki sistematığı, bitki mikrotekniği, biyoloji tarihi ile ilgili araştırmalar yapan ve biyotasarım ile ilgili tez çalışmaları yürütmüş olan Prof. Dr. Orhan Küçüker ile yapılan görüşmede biyomimikri, biyotasarım kavramları, bu kavramların tasarım ile ilişkisi, biyoloji ve tasarım disiplinlerinin işbirliği ile ilgili konular bir doğa bilimci bakış açısıyla değerlendirilmiştir. Küçüker biyoloji alanında tasarımcıların kullanabileceği kaynakları detaylı olarak açıklamış ve doğadan esinlenmede biyoloji biliminin sağlayacağı katkının potansiyelini vurgulamıştır.

Egzotik bitkilerden tasarım fikirleri üretmek için çalışmalar yapmış olan Özlem Sorlu ile yapılan görüşmede ise, biyotasarım kavramı ve biyolog tasarımcı işbirliği değerlendirilmiş, sonuçların verimliliği ve doğanın tasarımcıya farklı bakış açıları kazandıran sonsuz kaynak olduğu, biyoloğun ise doğadaki örnekleri tasarım fikirlerine dönüştürebilmedeki önemi açıklanmıştır.

Biyomimikri Enstitüsü eğitmenlerinden, Türkiye'nin ilk biyomimikri uzmanı Zeynep Arhon ile gerçekleştirilen görüşmede biyomimikrinin tanımı, biyomimikri ve biyometrik kavramlarının endüstri ürünleri tasarımı ile ilişkisi, biyomimikri metodolojisi, biyomimikrinin sürdürülebilirlikle ilişkisi, tasarımcıların doğadan esinlenirken gerekli kaynaklara ne şekilde ulaşabileceği gibi konular değerlendirilmiş ve çalışmanın konusunu oluşturan biyometrik kavramı uzman görüşü ile açıklanmıştır.

Bir biyomimikri ekibinde tasarımcı, mühendis, biyolog ve iş insanı bulunmaktadır. Biyomimikri çalışmasında biyolog ve tasarımcının çok yakın çalışıyor olması gerekmekte, iş insanının sürece hakim olması, projenin ihtiyacına göre mühendisin de sürekli ekiple işbirliği içerisinde olması gerekmektedir. Gerekli biyolojik kaynaklara ise biyoloji veritabanlarına üye olarak ve 'asknature.org' online veritabanlarından ulaşılmaktadır.

Biyomimikri metodolojisi problemin tanımlanması ve problemin soruya çevrilmesiyle başlar. Belirlenen sorulara biyolojik kaynaklardan yanıt aranır, doğadaki örnekler incelenir ve problemin çözümüne yönelik ortak tasarım prensipleri keşfedilir. Ardından bu stratejilerin kavramsal hali ve tasarım prensibi belirlenir. Müşteri tasarımdan sonuç olarak tasarım stratejileri istenebildiği gibi final ürün de istenebilir, bu durumda tasarımcının rolü çok daha ağırlıklı olmaktadır.

Yapılan görüşmelerde, Biyomimikri çalışmalarında farklı disiplinlerin birarada olmasını gerektiğini sonucuna varılmış, tasarımcının kendi başına bugünün tasarım eğitimiyle biyolojiden ilham alarak görsel kopyalamanın ötesine geçemediği açıklanmıştır. Biyomimetik yöntemin anlaşılmasıyla birlikte tasarımcının daha yetkin olup, doğadaki fonksiyonları anlayıp, disiplinlerarası işbirliği ile bu fikirleri tasarım stratejilerine dönüştürebileceği düşünülmektedir.

Profesyonel endüstri ürünleri biyomimetik tasarıma genel bakışlarını değerlendirmek üzere tasarımcılarla anket çalışması yapılmıştır. Bu çalışma tasarımcılarının çalışmalarında doğadan esinlenip esinlenmedikleri, yapıyorlarsa bu uygulamayı ne şekilde yaptıkları, biyoloji ve tasarım ilişkili kavramların tanınırlığı ve bu konudaki genel düşüncelerinin ne olduğu gibi konular değerlendirilmiştir.

Anket sonuçlarına göre katılımcılar tasarımlarında doğadan esinlenmişlerdir fakat bu esinlenme genelde biçimsel düzeyde gerçekleşmiştir. Tasarımcılar doğadaki örneklerin tekniği, işleyişi ve mekanizması ile ilgili bilgilere ulaşmakta güçlük çekmektedirler. Ulaştıkları kaynaklar görsellerle sınırlı kalmakta, dolayısıyla tasarıma aktarımları da biçimsel düzeyde gerçekleşmektedir.

Ankete katılan tasarımcılar içerisinde doğadan esinlenme ile ilgili kavramları eğitimleri kapsamında duyanlar olduğu gibi, kişisel araştırmalarında, proje uygulama sırasında yapılan araştırmalarda öğrenenlerin sayısı da oldukça fazladır. Tasarımcılar doğadan esinlenirken görsel kaynakları çoğunluklu olarak kullanmakta ve kendi gözlemlerinden faydalanmaktadır. Bu sonuca göre de tasarımcıların doğadaki canlılardan esinlenirken biyoloji biliminden faydalanmadıkları ortaya çıkmıştır. Doğadan esinlenmenin tasarımlarına sağladığı katkılardan estetiğin ön planda olması da bu sonucu pekiştirmiş, tasarımlarının görsel etkisini artırmak için bu yöntemin daha sık uygulandığı sonucunu ortaya koymuştur.

Tasarımcıların büyük çoğunluğu doğadaki kaynakların tasarıma aktarımı üzerine bilgi edinmeyi istemektedir. Doğadaki kaynakların tasarıma aktarımı ile ilgili olan biyomimetik kavramı tasarımcılarca pek bilinmemekte fakat biyomimetik tasarım örneklerinden bazıları tasarımcıların doğadan esinlenme, doğaya benzetme, doğadaki işlevleri tasarıma aktarma ile ilgili serbest düşüncelerde yer almaktadır.

Endüstri ürünleri kapsamında biyomimetik tasarım bir uygulama çalışması ile açıklanmıştır. Bu uygulama çalışması Biyomimikri Enstitüsü'nün düzenlemiş olduğu

biyomimikri tasarım yarışması konusunu ele almış olup, yarışma katılımcılarına biyomimikri metodolojisi ile ilgili verilen detaylı bilgiler doğrultusunda yürütülmüştür. Biyomimikri metodolojisinin ve yarışmanın önerdiği gibi farklı disiplinlerden öğrenciler biraraya gelmiş ve yine yarışmanın önerdiği üzere biyoloji alanından kişiler takım kapsamında yer almıştır. Yarışma katılımcıları, İstanbul Teknik Üniversitesi yüksek lisans öğrencilerinden iki endüstriyel tasarımcı, bir makina mühendisi, bir gemi-inşaat mühendisi, bir fizik mühendisi, bir çevre mühendisi ve Ege Üniversitesi'nden iki biyolog ile oluşturulmuştur.

Çalışmada biyomimetik tasarım metodolojilerinden Biyomimikri Enstitüsü'nün önerdiği 'biyolojiye sorma' yöntemi uygulanmıştır. Tasarımın konusu afet sonrası kullanılabilir, soğuk hava koşullarına karşı korunma sağlayabilecek, havalandırma problemini ortadan kaldıracak enerji tasarrufu sağlayan yapı, sistem tasarımı olarak tanımlanmış ve ilerleyen adımlarda doğadaki örnekler keşfedilmiş tasarıma aktarılmıştır.

Isı kaybını azaltmak için penguenlerin soğuktan korunmak için bir arada yaşamını sürdürme özelliğinden yola çıkarak her ailenin kullandığı yapıların birleştirilmesi fikri ortaya çıkmıştır. Tanımlanan kapsam doğrultusunda farklılaşan aile ve kişi sayıları göz önünde bulundurularak nautilus deniz canlısının kabuk kesitinin hücreleri gibi çadırın büyüklükleri değişen yapı için salyangoz biçiminin soyutlanarak yapıya uygulanmasıyla tasarlanmıştır. Bu yapı sayesinde bitişik nizamlı çadır odalarının ısı kaybı azaltılmış olup, afet sonrası soğuk iklimde kullanılabilir ideal bir barınak tasarlanmıştır.

Palmiye yapraklarının biçimi soyutlanarak çadırdaki katlanabilir fikri geliştirilmiş olup, afet sonrası çok önemli olan az yer kaplayarak lojistik açıdan kolaylık sağlama ve kolay kurulum özelliği çadırdaki uygulanmıştır.

Ayrıca termit yuvalarındaki havalandırma sistemi çadır tasarımına uygulanmıştır. Bu sistem uygulanırken aynı zamanda içerinin soğumasını engelleyecek şekilde havalandırmanın sağlanması, termit yuvalarının havalandırma prensibinden yola çıkarak temiz havanın çadır örtüsünün zemine yakın bölgelerindeki borularla içeri alınıp, kirli hava çadırın üst kısımlarındaki borularla dışarı atılmasıyla sağlanmıştır.

Tasarım çözümleri belirlenen kapsam doğrultusunda yerel çevreye son derece uyumlu olup, yerel çevrenin iklim koşulları göz önünde bulundurularak

uygulanmıştır. Çoklu çadır sisteminin ısı kaybını azaltmasıyla enerji verimliliği, sağlanmıştır. Çoklu çadır sistemi afet sonrası afetzelerin kullanımı için tasarlanmış olup, kamp çadırı olarak, inşaat çadırı olarak da kullanılabilir. Az yer kaplama ve ısı yalıtımı gerektiren, çok sayıda kişinin barınacağı korunaklı bir yapı olması sebebiyle farklı amaçlar için de kullanımı uygundur. Yapının katlanabilme özelliği lojistik açıdan kolaylık sağlamakla birlikte sera gazı emilimini azaltmaktadır.

Endüstri ürünleri tasarımında doğadan esinlenme disiplinin ortaya çıkışından itibaren gerçekleştiği gibi, biyoloji bilimden faydalanarak disiplinler arası işbirliği yapılarak doğanın tekniğini değerlendirme konusu henüz çok yenidir. Bu konuda tasarım eğitiminde dünyada bazı üniversitelerde çalışmalar yapılmakta, enstitü ve dernekler kurulmakta, yaklaşım gün geçtikçe önem kazanmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Ambrose, G. ve Harris, P.** (2003). *The Fundamentals of Creative Design*. AVA Publishing, Switzerland.
- Ambrose, G., Harris, P. ve Stone, S.** (2008). *The Visual Dictionary of Architecture*. AVA Publishig, Switzerland.
- Arciszewski, T. ve Kicingler, R.** (2005). Structural Design Inspired by Nature. Special Invited Lecture,
- Arhon, Z.** (2011). Biyo-ne?. Alındığı tarih: 13.10.11, adres: [www.istekobi.com.tr](http://www.istekobi.com.tr)
- Bar-Cohen, Y.** (2006) Biomimetics: using nature to inspire human innovation. *Bioinspiration & Biomimetics, 1*, 1-3 doi:10.1088/1748-3182/1/1/P01.
- Barnes, C.** (2007). Biomimetics: strategies for product design insired by nature- a mission to Netherlands and Germany, Dti Global Watch Mission Report. 40-41.
- Baytop, T.** (1994). *Türkçe Bitki Adları Sözlüğü*, Atatürk Kültür Dil ve Tarih Yüksek Kurumu, Yay. No 578, Ankara
- Bayazıt, N.** (1994). *Endüstri Ürünlerinde Ve Mimarlıkta Tasarlama Metodlarına Giriş*. Gürkan, İstanbul.
- Benyus, J. M.** (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. HarperCollins, New York.
- Benyus, J. M.** (2007). A Biomimicry Primer. Alındığı tarih: 20.09.2011, adres: <http://www.gcf.org.sa/Documents/Janine%20Benyus%201.pdf>
- Berger, M.** (2009). *Nano-society: pushing the boundaries of technology*. Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK.
- Birkeland, J.** (2002) *Design for sustainability: a sourcebook of integrated, ecological solutions*. Earthscan Publications, London, UK.
- Bovill, C.** (1996). *Fractal geometry in architecture and design*. The Mapple Press, York, PA, USA.
- Brebbia, C. A. ve Carpi, A.** (2010). *Design and Nature V: Comparing Design in Nature with Science and Engineering*. WIT Press, Southampton, UK.
- Canina, M. ve Vicentini, F.** (2006). Biodesign: New interdisciplinary Approach. Engineering and product Design Education Conference, Salzburg University of Applied Sciences, Salzburg.
- Chiu, I. ve Shu, L. H.** (2007). Biomimetic Design Through Natural Language Analysis to Facilitate Cross-Domain Information Retrieval. *Artificial Intelligence for Engineering Design*. 21, 45–59 Cambridge University Press, doi: 10.10170S089006040707013.
- Colombo, B.** (2007). Biomimetic design for new technological development. University of Art and Design Helsinki. Cumulus Working Papers.

Publication Series G, sf. 29-36. (Ed: Eija Salmi).  
<http://www.cumulusassociation.org>

- Cooper, A.** (2009). A material Based on Sharkskin Stops Bacterial Breakouts. *Popular Science*, Bornier Corporation Company. Alındığı tarih: 19.09.2001, adres: <http://www.popsci.com/>
- Çakar, Ö.** (1992) Doğanın Güzellik Ölçüsü Altın Oran. Alındığı tarih: 15.10.2011, adres: <http://www.biyolojiegitim.yyu.edu.tr/>
- Deyoung, D. ve Hobbs, D.** (2009). *Discovery of Design: Searching Out Creator's Secret*. Master Books, Arthansas, United States of America.
- Doğan, N.** (2003). *İnsan ve Çevre İlişkilerinin Tasarımda Temel Kaynak Olarak Tanımlanması Üzerine Bir Metod Önerisi*, Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalı, S. 44, 46.
- French, M.** (1994) *Invention and Evaluation: Design in Nature and Engineering*. Cambridge University Press, New York.
- Ertas, D. G.** (2007). *Yapısal özelliklerin endüstri ürünleri tasarımına etkileri*.(doktora tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ertas, D. G. ve Bayazıt, N.** (t.y). Strüktür ve Malzeme Özelliklerinin Endüstriyel Ürün Tasarımına Etkisi. *Mimarlıkta Malzeme Dergisi*. Alındığı tarih: 03.10.2011, adres: <http://www.yapkat.com/images/Malzeme/Dosya/70722597837447471386194229.pdf>
- Helms, M., Vattam, S. S. ve Goel, A. K.** (2009). Biologically inspired design: process and products. *Design Studies*, 30, 606-622. doi:10.1016/j.destud.2009.04.003
- Hollington, G.** (2007). Biomimetics and Product Design. Biomimetics: Strategies for product design inspired by nature- a mission to Netherlands and Germany, sf.37. Alındığı tarih: 27.10.2011, adres: [http://www.catedrasimonetti.com.ar/attachments/278\\_Biomimetics%20oreport%20final%20version\[1\].pdf](http://www.catedrasimonetti.com.ar/attachments/278_Biomimetics%20oreport%20final%20version[1].pdf)
- Hsiao, H. C., ve Chou, W. C.** (2007). Using biomimetic design in a product design course. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 6, 1, 32-35.
- Goodman, T.** (t.y). Revolutionary Motorcycle Helmet Inspired By Human Skin To Reduce Traumatic Brain Injuries. *Medicine, Science & Bio-Inspired Innovations*, Alındığı tarih: 12.11.2011, adres: [InventorSpot.com](http://InventorSpot.com)
- Gruber, P.** (2011). *Biomimetics in Architecture*, Springer Verlag, Wien
- Jones, M.** (1993). Biodesign. *Industrial Design Reflection of a Century*, Ed. J. Noblet, Flammarion/APCI, Paris, 283.
- Kın, R. E.** (2007). *Tasarımda doku kavramı ve işlevselliği*.(yüksek lisans tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Klein, L.** (1996). *A Phemenological Interpretation of Biomimiry and Its Potential Value for Sustainable Design*. (yüksek lisans tezi). Kansas State University, Masters of Science in Architecture, Manhattan, Kansas.
- Knudson, D.** (2003). *Fundamentals od Biomechanics*. Kluwe Academic/ Plenum Publishers, New York.
- Koivunen, H.** (2005). *Biodesign Product: Co design with Nature?*. World Design Congress: Joining Forces. Helsinki, Finlandiya.
- Lee, D. ve Thompson, M.** (2011). *Biomimicry: Inventions inspired by Nature*. Kids Can Press, Toronto, Canada.
- Lewens, T.** (2004). *Organisms and Artifacts: Design in Nature and Elsewhere*. MIT Press, London.
- Lincoln, R. J. Ve Boxshall, G. A.** (1995). *The Cambridge Illustrated Dictionary of Natural History*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Low, K. H.** (2009). Preface: Why biomimetics?. *Mechanism and Machine Theory*, 44, 511-512.
- Lovegrove, R.** (2005) Ross Lovegrove shares organic designs. Alındığı tarih: 19.09.2011, adres: [http://www.ted.com/talks/ross\\_lovegrove\\_shares\\_organic\\_designs.html](http://www.ted.com/talks/ross_lovegrove_shares_organic_designs.html)
- Marshall, A.** ( 2009). *Wild Design: Ecofriendly Innovations Inspired By Nature*. North Atlantic Books, California.
- Meadows, R.** (1999). Designs from life, *Zooger* 28(4). Alındığı tarih: 09.112011, adres: nationalzoo.si.edu
- McLester, J. ve St.Pierre, P.** (2008). *Applied Biomechanics*. Thompson Wadsworth, California.
- Novak, M. M.** (2006). *Complexus mundi: emergent patterns in nature*. World Scientific, London.
- Oakey, D.** (2003). Biomimicry/ Biodesign. *BioInspire*,2, 1-800-848-9074
- Parsons, T.** (2003). *Thinking: Objects: Contemporary Approaches to Product Design*. AVA Publishing SA, Singapore
- Papanek, V.** (1984). *Design for real world*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Rao, P. R.** (2003). Biomimetics, *Sadhana*, 28, 657-676 Alındığı tarih: 10.09.2011, adres: www.ias.ac.in
- Reed, A.** (2004). A Paradigm Shift: Biomimicry, Resources in Technology, *The Technology Teacher*(December-January 2004).
- Selçuk, S. A., Sorguç, A. G. ve Akan, A. E.** (2009). Altın Oranla Tasarlamak: Doğada, Mimarlıkta ve Yapısal Tasarımda Φ Dizini. *Trakya Univ J Sci*, 10(2),149-157.
- Sinovic, S.** (2010). Natural Forms Offer Potential for Product Designers. *San Diego Business Journal*, december 13, 2010. Alındığı tarih: 15.10.2011, adres: www.sdbj.com

- Sorlu, Ö.** (2010). *İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi'nin Egzotik Bitki Envanteri ve Endüstriyel Biyotasarıma Katkıları*. (yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sorlu, Ö. ve Küçükler, O.** (2010). Endüstriyel Biyotasarım için bir esinlenme kaynağı: İstanbul Üniversitesi Alfred Heilbronn Botanik Bahçesi. 20. *Ulusal Biyoloji Kongresi (21-25.06.2010, Denizli) Bildiri Kitabı*, s.572, PD-004
- Steadman, P.** (2008). *The Evolution of Designs: Biological analogy in architecture and the applied arts*. Oxon: Routledge, Taylor & Francis Group.
- Şatır, S.** (1996). *Endüstri Ürünleri Tasarımında Kurumsal Yaklaşımlar ve Özgünlük Üzerine Bir Yöntem Önerisi*. (doktora tezi). Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şatır, S.** (2004). *Biyoteknik, Biyomekanik, Biyotasarım*. 2. Ulusal Biyomekanik Kongresi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Taylor, A.** (2010). *Design Essentials for the Motion Media Artists*. Burlington:MA. Focal Press
- Tekkanat, N.** (2006). *Altın Oranın Kaynakları Ve Sanata Yanışması*. (yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Williams, E.** (2005) *The Nature Handbook: a guide to observing the great outdoors*. Oxford University Press, New York.
- Williams, R. ve Newton, J. H.** (2009). *Visual Communication: integrating media, art and science*, Taylor & Francis e-library.
- Winter, D. A.** (2009). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. John Wiley & Sons Inc., New Jersey.
- Versos, C. A. M. ve Coelho, D. A.** (2011). *Biologically Inspired Design: Methods and Validation*, Universidade da Beira Interior, Portugal, InTech. ISBN 978-953-307-622-5
- Vural, M.** (2004). *Doğadaki Formların Mobilya Tasarımına Etkisi*, Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yavuz, E.** (2007). *Yirminci Yüzyılda Sanatta ve Mimarlıkta Soyutlama İlişkisi*. (yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yuran, A. F. ve Taşgetiren, S.** (2010). *Doğadan Esinlenerek Tasarım*. *BiyoTeknoloji Elektronik Dergisi*, 1, 2, 23-30.
- Zari, M. P.** (2007). *Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability*, School of Architecture, Victoria University, New Zealand.
- Url-1** <<http://www.asknature.org>>, alındığı tarih: 29.10.2011.
- Url-2**  
<<http://antenna.sciencemuseum.org.uk/trashfashion/home/wearwithoutwaste/to-dye-for/morphotex/>>, alındığı tarih: 10.11.2011.
- Url-3** <<http://www.biodesign.asu.edu/about>>, alındığı tarih: 05.10.2011.



- Url-4** <<http://www.biokon-international.com/>>, alındığı tarih: 12.10.2011.
- Url-5** <<http://biomimicryinstitute.org/>>, alındığı tarih: 12.10.2011.
- Url-6** <<http://www.biyomekanik.itu.edu.tr/Icerik.aspx?sid=3969>>, alındığı tarih: 25.11.2011.
- Url-7** <<http://www.colani.ch/visions.html>>, alındığı tarih: 29.10.2011.
- Url-8** <<http://www.da-vinci-inventions.com/aerial-screw.aspx>>, alındığı tarih: 01.11.2011.
- Url-9** <<http://www.designboom.com/contemporary/biomimicry.html>>, alındığı tarih: 16.11.2011.
- Url-10** <[http://www.economist.com/node/4031083?story\\_id=4031083](http://www.economist.com/node/4031083?story_id=4031083)>, alındığı tarih: 16.11.2011.
- Url-11** <<http://www.elektrikport.com/ruzgar-enerjisinde-yenilikci-bir-teknoloji-kambur-balinalar>>, alındığı tarih: 29.10.2011.
- Url-12** <<http://www.haberturk.com/yasam/haber/689372-deprem-degil-yangin-oldurdu>>, alındığı tarih: 20.10.2011.

## **EKLER**

**EK A.1:** Prof. Dr. Orhan Küçüker Görüşme Soru ve Cevapları

**EK A.2:** Özlem Sorlu Görüşme Soru ve Cevapları

**EK A.3:** Zeynep Arhon Görüşme Soru ve Cevapları

**EK A.4:** Cevaplanmış Bir anket Örneği

## **EK A.1: Prof. Dr. Orhan Küçüker Görüşme Soru ve Cevapları**

-Sizce biyomimikri,biyotasarım nedir?

Ülkemizde çok yeni bir kavram olarak nitelendirilecek bu sorunuzu, herkesin anlayabileceği şekilde tanımlamak gerekirse; doğanın insan tarafından taklit edilmesi anlamına gelen biomimikri ya da biyotaklit, doğadaki modelleri inceleyen, sonra da bu tasarımları taklit ederek veya bunlardan ilham alarak insanların problemlerine çözüm getirmeyi amaçlayan yeni bir bilim dalı olarak ifade edebilirim. Biyomimikri kavramının insanlık tarihi kadar eski olduğu ve ilk insanın da gereksinimlerini karşılamak, kısacası yaşamını sürdürmek için çevresini değiştirmek ve dönüştürmekte doğadan ödünç aldığı esinlenmelerden yararlandığı bu esinlenmenin başlıca kaynağının bitkiler ve hayvanlarda görülen bizim biyoloji öğrencilerine mimikri(taklit) olarak anlattığımız özellikler olduğunu söyleyebilirim. Bir kaç somut mimikri örneğini anlatayım.

-Bitkilerin soylarını sürdürmesi için tozlaşma yapması ve böcek çekimlemesi, meyve ve tohumlarını çeşitli araçlar (böcekler ve kuşlar başta olmak üzere ) kullanarak ana bitkiden daha uzaklara göndermesi gerekir. Bu nedenle bazı bitkiler örneğin bazı orkide cinslerinin çiçekleri, o gurubu tozlaştıran böceklerin dişilerine benzer morfolojik özellikler ile donatılmıştır. Erkek böcek tarafından uzaktan algılanan bu diş takliti ile çiftleşmek için üzerine yerleştiğinde çiçeğin erkek organları açılarak polen taneleri böceğin üzerine bulaştırılır. Başka bir çiçeği polenleri götüren böcek de tozlaştırmayı yapmış olur. Diğer yandan bazı bitkiler meyvelerini tıpkı bir kırkayak veya tırtıla benzettir. Bu ise kuşların böcek var diyerek bitkiye konmasını ve kopardığı meyvelerle beslenirken tohumları da uzaklara taşınması ile o bitkinin yayılmasına yardımcı olur.

-Biyotasarım ile ilişkiniz nasıl başladı?

Biyoloji Yüksek lisans öğrencilerine Bitki Resimleme Teknikleri adlı bir ders vermekteyim. Ders işlerken öğrencilere resim sanatının tarihi, boyalar ve boyama yöntemleri yaratıcılık konularında da bilgiler veriyorum. Sonradan tez danışmanı olduğum biyolog Özlem SORLU benimle konuşmaya gelmişti. Tez konusu olarak Botanik bahçemizin egzotik bitkilerinin envanterini olarak planladığımı anlatırken Özlem birden “hocam ben biyotasarım konusunda bir tez yapmak istiyorum” dedi. Bu söz üzerine bir süre düşündüm. Elimizde inanılmaz bir malzeme yığını yani

egzotik bitki vardı.Bitki morfolojisi derslerinde Victoria regia (Dev su zambağı) adlı nilüfergillerden bir bitkinin tepsiye benzeyen yapraklarının yukarı doğru neredeyse dört parmak kadar yükseldiğini, şiddetli yağmurla dolan bu tepsi yaprağın suya batmaması için yaprağın kenarlarında aşağıya doğru muntazam oluklar oluşturulduğunu ve suyun buradan boşaltıldığını anlatmaktaydım.Sonradan bu tasarımdan etkilenen uzmanların banyo küvetlerinin kenarında duvara gömük olarak fayanstan yapılan sabunluklara biriken suyun tahliyesi için oluk oluşturduklarını da anımsayınca Özlem SORLU'nun da konu ile çok ilgili olduğunu ve bu nedenle bahçemizdeki örneklerden etkilenecek yeni bazı tasarımlar yapabileceğine inandım.. Yanımıza bu konularda uzman bir öğretim üyesi de alabilirsek konuya başlayabilirdik. Kısa sürede, Özlem'in arayışları ile o öğretim üyesini de şimdi sizin de tez danışmanınız olan Prof.Dr.Seçil Şatır'ın bizimle çalışmasını sağladık. Hatta kendisi de biyotasarım ile çalışmak isteyen biyologlar aramaktaydı. Böylece ortak çalışmaya başladık.Özlem'in tezinin tasarım kısmını Seçil hanım yönetti. Türkiye'deki bu ilk uygulamayı da yaşama geçirmiş olduk. Ben bu arada zaman zaman uğradığım Yapı Endüstri Merkezi'nin Kitabevinde bulduğum Barry Bergdoll tarafından yazılan Nature Design adlı son derece güzel hazırlanmış biyotasarım kitabını Özlem yurtdışından getirtince bu konu ikimizi de iyice sardı.( Bu kitabı, bir biyolog olarak bu konuda çalışan meslektaşlarıma öneririm). Özlem, bu tezini her iki yılda bir yapılan Uluslararası katılımlı Biyoloji Kongresinde poster olarak sundu. Çok ilgi çekti ve poster başında pek çok soru ile karşılaştı.

-Türkiye'de biyomimetik tasarım var mıdır? Bu konuda bazı tasarımcılardan örnek gördünüz mü? Sizin düşünceniz nedir?

Sizin de yaptığınız gibi önce kaynak taramasına başladık. Bir yandan Özlem çalışırken diğer yandan ben de en sevdiğim işlerden birisi olan “bilimsel detektifliğe” başladım. Mimar Sinan, İTÜ ve İstanbul Üniversitesinin kütüphanelerinin tez koleksiyonlarını da şahsen inceledim ve şimdi size göstereceğim kaynakları buldum. Bunları beraberce gözden geçirirsek; Türkiye'de bu konuda yapılmış özellikle Yüksek Lisans tezlerini de araştırınca birkaç çalışma ile karşılaştık. En eski tarihli olanı 2003 yılında N.Doğan tarafından İnsan ve Çevre İlişkilerinin Tasarımda Temel Kaynak Olarak Tanımlanması Üzerine Bir Metod Önerisi adlı, Prof.Dr Önder Küçükerman danışmanlığındaki bir doktora tezi;2004 yılında Mimar Sinan Üniversitesinde yapılan İç Mimar Merih VURAL tarafından hazırlanan “Doğadaki

Formların Mobilya Tasarımına Etkisi” adlı oldukça ayrıntılı ve düzgün hazırlanmış tezde ana fikir insanların, yaşadıkları çevreyle paralel olarak, farklı açılardan etkilenenmeleri, doğada insanlara ilham veren özelliklerin insanın tasarım yeteneklerini de farklı etkilemiş olduğu konusunda obje olarak seçilen mobilya tasarımı bağlamında araştırılmıştır. 2005 yılında yayınlanan Türkiye’nin önde gelen tasarımcılarından Prof.Dr.Önder KÜÇÜKERMAN’ın doğadan etkilenerek Tasarımda Doğayı Aşmak Yerine Anlayabilmek adlı makalesi önemlidir.

2007 yılında İ.T.Ü den Mimar Ethem GÜRER tarafından hazırlanan “Doğadan Esinli Yenilikçi Tasarım Yöntemlerine Çok Katmanlı Bir Yaklaşım” başlıklı çalışma ile ki burada yenilikçi tasarım konusu içerisinde doğadan tasarım için esinlenmeye yer verilmiştir, diğer bir çalışma ise aynı yıl tamamlanan Seçil hanım’ın danışman olarak yer aldığı mimar Rengin Ege KIN’a ait olan “Tasarımda Doku Kavramı ve İşlevselliği” adlı çalışmadır. İkinci çalışma Seçil hanımın biyotasarım konusunda yapmış olduğu ilk çalışmalarının da desteğinde, özellikle doğada doku kavramını ve işlevselliğini endüstri ürünlerine uygulamak çabasıdadır ve bu konuda daha geniş bilgi ve yorum içermektedir.

-Biyomimikri ve endüstri ürünleri tasarımı arasındaki ilişkiyi nasıl değerlendiriyorsunuz?

Bildiğiniz gibi biyolog olarak (aslında bizim eğitim aldığımız 1970’lerde üniversite sınavında Botanik ve Zooloji bölümlerine ayrı ayrı öğrenci alınmaktaydı, ben Botanik’ten yan dal Zooloji olarak mezun oldum, yani botanikçiyim) şimdiye kadar yaptırdığım tezlerden farklı bir tezin danışmanlığını yaptım. Genel bilgilerimin ve özel merakım dışında sizin de tahmin edebileceğiniz gibi çok farklı ve saygı duyduğum bir bilim dalında değerlendirmelerde önermelerde bulunamam zira uzmanlık alanım değil, ancak son yıllarda yapılan çalışmalarda doğadan daha fazla etkilenildiğini, bizim anatomik ve morfolojik olarak yüzlerce kez, gerek çıplak gözle gerekse mikroskop altında incelediğimiz bitkisel veya hayvansal özelliklerin, dokuların veya organların insan yaşamında endüstriyel ürün olarak karşımıza çıktığını görmek sevindirici, hele de bir biyolog olarak varlığımızın hatırlanması daha bir onur verici.

-Tasarımcıların bu metodu tek başlarına uygulayabileceğini düşünüyor musunuz?

Bu sorunuza yanıtı da önceki sorunuzla bağlantılı olarak çok dikkatli bir biçimde kimseyi kırmadan vermek isterim. Ülkemizde gördüğüm kadarı ile pek çok genç deneyim kazanmak isteyen ve deneyimli olgun yaşlarda tasarım uzmanı var, pek doğal olarak bu yöntemi kitaplara ve yayınlara bakarak uygulayabilirler ancak bir çalışmayı tamalamış bir biyolog olarak biyomimikri ve biyotasarım işine merak salanların bir botanikçi, zoolog ve genel ifadesi ile bir biyolog ile çalışmalarını öneririm. Bizim Seçil hanımla tasarımcı-biyolog çalışmasının ilk örneği son derece heyecanlı ve verimli bir çalışma olmuştu, tasarımcılar bu konuda çalışma yapmış yaşlı bir botanikçi ararsa da Süleymaniye Botanik Bahçesinde onları bekler olacağım(!)

-Biyomimikri alanında tasarımcılarla ne gibi bir çalışma süreci yürütüyorsunuz?

Özlem SORLU'nun biyotasarım tezi benim için ilk çalışmaydı, ondan sonra herhangi bir biyoloji Yüksek Lisans öğrencisinden böyle bir talep gelmedi. Seçil Şatır ile olan işbirliğinde şöyle bir yol izledik: Özlem'in bahçemizden envanterini çıkardığı tropikal bitkiler arasından yaprak ve çiçek özellikleri dikkatimizi çeken bitkilerin bu organlarından endüstriyel ürün olarak neler yapılabileceğini mevcut kaynaklardan da yararlanarak Özlem'in etkilenmesini de açık bırakarak Seçil Hanım'ın yönlendirmesiyle yürüttük. Sonuçta tezde gördüğümüz lamba, fırça, mumluk gibi bilenen ama özgün form ve tasarımda eşya taslakları ortaya çıktı. İlk çalışma olduğundan eksiklerimiz olabilir ama işi kuralları ile yürütmeye çalıştım.

-Dünyada yapılmış biyolojik araştırmaları mı değerlendiriyorsunuz? Yoksa konuya yönelik bir laboratuvar, ya da mikroskop altı araştırması yaptınız ya da yaptırdınız mı?

Bilimsel olarak çalışmalarda insan kendi ülkesini temel alarak halka halka açılarak tüm dünyadan bilgi toplar siz de genç bir akademisyen aday olarak bunu yapıyorsunuz. Aynı yöntemi ben de uyguladım ancak ben geçmişin bilgi havuzlarını karıştırmayı çok severim, yani sahafları dolaşırım, eski botanik kitapları yanında bitki çizimleri kitaplarını da toplarım, özetle hem tarihe bakarım, bu arada Biyoloji Tarihi dersini de anlatmaktayım, hem de bugünlerin bilgi havuzlarında dolaşırım. Bunun dışında çok sevdiğim bir uğraş olan fotoğraf çekerek bitkilerdeki ayrıntıları tespit etmeye çalışırım. Özlem'in tezi benim için ilk biyotasarım uygulaması olduğundan sadece makroskobik (çıplak gözle) inceleme yöntem olarak aldık. Günün birinde eğer bir tasarımcı, tatlı sularda ve denizlerde yaşayan mikroskobik

organizmalarla ,ki bu canlılar birbirini örten iki petri kutusu gibi kapaktan oluşmuş ve kapakların üzerinde de size tığ işi gibi tarif edebileceğim müthiş bir bezeme-süsleme taşıyan Diyatome denilen tek hücreli canlılarla tasarım çalışması yapmak isterse hem digital fotoğraf çeken ışık mikroskobunda hem de üç boyutlu görüntü alabildiğimiz Tarama Elektron Mikroskobunda yardımcı olabilirim.

-Gerekli kaynaklara, özellikle detaylı biyolojik araştırma kaynaklarına ne şekilde ulaşıyorsunuz?

Bir çalışma için kaynak araştırmasını önce elektronik ortamlardaki dergi veri tabanlarından sonra da Fakülte ve Anabilim Dalı Kütüphaneleri, sonra başta İstanbul Üniversitesinin kütüphanesi ile sonradan İstanbul'daki konu ile ilgili kütüphanelerinden sağlamaya çalışıyorum.

-Siz biyoloji profesörü olarak tasarımda doğanın tekniğini değerlendirme, biyomimetik tasarlamanın gelecekteki yerini nasıl değerlendiriyorsunuz? Tasarımcılara bu konudaki önerileriniz nelerdir?

-Bu sorunuza yanıtım önceki sorduklarınızın satır aralarında da verilmişti sanırım.Somut olarak gördüğüm sizin bana tez konunuz içersinde tasarımını yaptığımız Nautilus denilen derin deniz kabuklusunun ki bu zarif tarihi ve ender bulunan şahsiyet (!) Aristoteles'in Hayvanlar Tarihi adlı eserine de girmiştir, kabuğunun içindeki odacıklarının ailelerin barınacağı çadır odalarına dönüşümü ve palmye yapraklarının çadır örtüsünün katlanabilme özelliğine dönüşümleri projeleriniz beni çok etkiledi. Bunu bir zoolog gözü ile baktığımda çok uygun ve estetik bir yaşama yeri olarak gördüğümü söyleyemek istiyorum. Önerim botanikçi, zoolog, hidrobiyolog gibi doğa bilimcilerle daha yakın çalışma imkanlarını yaratsınlar.

-Biyoloji bilgileri kapsamında bitkilerin ya da tüm canlıların asıl özellikleri, (örneğin nilüfer yapraklarının su tutmayan yüzeyleri, termitlerin yuvalarının havalandırma sistemleri, köpek balıklarının dişleri, kuşların kanatları arasında ucmayı ve havada durmayı kolaylaştıran boşluk vb. kanat tüylerinin birbirleri ile ilişkisi gibi) temel özellikleri üzerine bilgiler ne derece derinlemesine verilmekte ya da öğrenilmektedir? Bu konular gelecekte daha çok öğrenilmeye ihtiyaç duyulacak mıdır?

-Biyoloji eğitim-öğretim programlarında salt biyomimikri ve biyotasarım konuları yer almamakta ancak bazı derslerin içerisinde özellikle Bitki Morfolojisindeki tozlaşma ve tohum dağılımında kısaca mimikriye değinilmektedir.. Burada dersi veren öğretim elemanın da görüşleri önem kazanır, bilgiyi sentez etme gücü yüksek ise öğrencilere o konudan bir fikir üretebilir ki bu insanların sayısı da ülkemizde görünüşte azdır veya bilmediğimiz yetenekli biyolog meslektaşlarımız bir fırsat beklemektedir, bunu ümit etmek isterim. Bu olgu için ,35 yılı tamamlamış bir öğretim üyesi olarak gördüğüm, dersi veren biyolog meslektaşlarımızın genç ya da yaşlı ,kültürel birikimi ve doğa ile ilgili olguları merak edip sorgulama yeteneği ile doğrudan ilgilidir yani benim Biyoloji Tarihi'nin giriş dersinde tahtaya beyaz tebeşirle yazdığım latince ifade ile “Curiosi Rerum Naturae”( Doğayı ve doğadaki olayları merak edip araştırma etkinliği) duygularının tüm doğa bilimcilerde artarak sürmesi dileğimdir.

-Biyotasarım, biyomimikri gibi geleceğe yönelik alanlarda ürün tasarımcıları ile işbirliği içinde çalışmayı ister misiniz? Böyle bir çalışma ortamında en çok neye ihtiyaç duyarsınız? Nasıl bir süreç yaşamak istersiniz?

Bir doğa bilimci olarak her zaman ortak çalışmalara yardımcı olmak isterim. Doğallıkla aynı heyecanı duyan bir tasarımcı meslekdaşımınla çalışmak çok verimli olacaktır. Sizin bana konuşmamızdan önce girişte sözünü ettiğiniz biyolog tasarımcı ilişkisi kurgunuz çok hoşuma gitti. Sözüm izin vererseniz bu cümlelerinizle bitireyim, bir kez daha biyolog-tasarımcı işbirliğini vurgulamış oluruz. Siz şöyle diyorsunuz : Biyomimikri tasarım süreci olarak iki temel kısımdan oluşur. Bunlardan ilki tasarımın biyolojiye dahil olarak cevap araması, diğeri ise biyolojinin tasarıma dahil olmasıdır. Birinci yaklaşımda tasarımcının problemi tanımlaması ve biyoloğun doğadaki çözümünü bulması gerekir. İkinci yaklaşımda ise biyologlar, biyolojik bir durumu tanımlayarak bunun insanlar için tasarlanabilecek ve uygulanabilecek potansiyelini keşfederler. ve bende gönülden katılıyorum, destekliyorum ve sizi kutluyorum, doğayı merak etme duygularınız hep sürsün!



## **EK A.2: Özlem Sorlu Görüşme Soru ve Cevapları**

-Sizce biyomimikri,biyotasarım nedir?

Biyotasarım, tasarıma örnek teşkil edebilecek endüstriyel ürünlerin, biyolojik unsurlar kullanılarak yeniden yorumlanmasıdır.

-Biyotasarım ile ilişkiniz nasıl başladı?

Tasarıma olan ilgim lise yıllarıma dayanmakla birlikte biyotasarım kavramı daha ülkemizde bilinmiyorken, üniversitenin ilk senesinde biyoloji alanında eğitim görüyor olmamı tasarım fikriyle birleştirme aşamasında çalışmalar yapmaya karar verdiğimde başladı.

-Türkiye’de biyomimetik tasarım var mıdır? Bu konuda bazı tasarımcılardan örnek gördünüz mü? Sizin düşünceniz nedir?

Ülkemizde bu alanda çok fazla çalışma olduğunu düşünmüyorum. Cam alanında tasarım yapan Ilio firmasının sahibi Mehtap Hanım bu konuda birşeyler yapma düşüncesindedir. Onunla bazı çalışmalarımız proje aşamasındadır.

-Biyomimikri ve endüstri ürünleri tasarımı arasındaki ilişkiyi nasıl değerlendiriyorsunuz?

Doğada binlerce yıldan beri süregelen evrimleşme sürecinde, hayatta kalabilmek için en iyi olmak düşüncesi canlıların kalıcı adaptasyonlar geçirmesine neden olmuş ve bu kalıcılık sayesinde türlerin devamlılığı sağlanmıştır. Bu noktada doğadan alınması gereken birçok ders vardır. Çünkü tasarımda en önemli 2 unsur ergonomi ve kalıcılıktır. Taklit etme yeteneği binlerce yılın sınavından geçmiş canlı birlikleri, insana endüstriyel anlamda yeni ve kalıcı fikirler verme açısından en iyi örnekleri sunmaktadır. Dünya genelinde çoğu tasarım şirketinde bu konu tartışılmakta, doğadan en iyi şekilde nasıl yararlanılacağına dair fikirler ortaya atılmaktadır.

-Tasarımcıların bu metodu tek başlarına uygulayabileceğini düşünüyor musunuz?

Bence fikir verme açısından biyologlarla yapılan kooperasyon çok daha etkili olur. Canlı bilimi konusunda akademik bilgiye sahip kişinin mimikriye dair verebileceği birçok örnek bulunmaktadır.

-Sürdürülebilirlik ve biyomimikri arasındaki ilişkiyi nasıl değerlendiriyorsunuz?

Bir şeyin sürdürülebilir olabilmesi için, adapte olma yeteneği gelişmiş olması, diğerlerine göre üstün nitelikler barındırıyor olması, bu niteliklerin çeşitli yararlar sağlayabilmesi ve estetik değerler açısından yaratıcı olması gerekir. Doğadan taklit bu noktada bu özelliklerin hepsini birarada bulabileceğimiz mükemmel bir esinlenme kaynağıdır.

-Biyomimikri alanında tasarımcılarla ne gibi bir çalışma süreci yürütüyorsunuz?

Londra'dan aldığım "En yeni 1000 tasarım" adlı kitap içersinde tasarımlarını tesadüfen gördüğüm ve sonra çok iyi arkadaş olduğum Mehtap Hanım'la görüşmeler yapmaktayız. Amatör biyotasarım çizimlerim değerlendirilecektir.

-Dünyada yapılmış biyolojik araştırmaları mı değerlendiriyorsunuz? Yoksa konuya yönelik bir laboratuvar, ya da mikroskop altı araştırması yaptınız ya da yaptırdınız mı?

Yüksek Lisans tez çalışmamda yaklaşık 400 takson içeren egzotik bitkinin morfolojik yapısından esinlenerek birkaç tasarım fikri sundum ve bu sunumum Ulusal Biyoloji kongresinde poster olarak sergilendi ve yayımlandı. Dünyada yapılan çalışmaları da takip etmekteyim, genç ve yenilikçi tasarımcılar özellikle dikkat çekici.

-Gerekli kaynaklara, özellikle detaylı biyolojik araştırma kaynaklarına ne şekilde ulaşıyorsunuz?

Kütüphanelerden, internet sitelerinden ulaşıyorum. Kendi alanım olduğu için hangi konuyu nerede bulabileceğimi biliyorum.

Biyoloji bilgileri kapsamında bitkilerin ya da tüm canlıların asıl özellikleri, (örneğin nilüfer yapraklarının su tutmayan yüzeyleri, termitlerin yuvalarının havalandırma sistemleri, köpek balıklarının dişleri, kuşların kanatları arasında ucmayı ve havada durmayı kolaylaştıran boşluk vb. kanat tüylerinin birbirleri ile ilişkisi gibi) temel özellikleri üzerine bilgiler ne derece derinlemesine verilmekte ya da öğrenilmektedir? Bu konular gelecekte daha çok öğrenilmeye ihtiyaç duyulacak mıdır?

Genel anlamda üniversitelerimizde ezbere yönelik bir eğitim sistemi bulunmakla birlikte, bu tarz önemli ve aynı zamanda popüler bilgiler konusunda bir yetersizlik mevcuttur. Ancak ben bu konuda şanslı sayılırım. Üniversite eğitimim sırasında kendini çok iyi yetiştirmiş isimlerin derslerine ve kongre sunumlarına katılma şansım

oldu. Bu konular herşeyde “organiğe gidiş” sözkonusu olan günümüz dünyasında giderek önem kazanacaktır. Sürdürülebilir enerji sistemleri, geri dönüşümlü evler, en az miktarda tüketim yapma fikri ve kendini temizleyebilen sistemler önem kazanacaktır. Kirlenmenin önüne ancak doğa yasalarını taklit ederek geçebiliriz.

-Biyotasarım, biyomimikri gibi geleceğe yönelik alanlarda ürün tasarımcıları ile işbirliği içinde çalışmayı ister misiniz? Böyle bir çalışma ortamında en çok neye ihtiyaç duyarsınız? Nasıl bir süreç yaşamak istersiniz?

Tabiki isterim. Böyle bir çalışma ortamında benden istenen ne ise en iyi fikri verebilecek örnekleri tasarımcılarla paylaşmak isterim. Yeni fikirler oluşturabilmek için bir tasarımcıyla bir biyologun paylaşacağı çok bilgi olduğunu düşünmekteyim. Projelerde yer almak, fikir oluşturma aşamasında tasarımcıya biyolojik unsurlar konusunda yardım etmek ve ürünün üretim aşamasında o fikrin gerçeğe dönüştüğünü görmek beni çok mutlu eder.

### **EK A.3: Zeynep Arhon Görüşme Soru ve Cevapları**

Türkiye’de Trenddesk firmasının kurucusu, Biyomimikri Enstitüsü eğitmenlerinden Zeynep Arhon ile 25/10/2011 tarihinde gerçekleştirilen görüşme biyomimikri yaklaşımı, biyomimikri metodolojisi, biyomimikri ve tasarım ilişkisi gibi konulara ışık tutmaktadır.

-Sizce Biomimikri nedir?

Biyomimikri yaşamın dehasının bilinçli taklididir. Yaşam, doğa ve hayat bunları aynı anlamda kullanıyorum genelde. Bilinçli taklitten kastım birebir doğadaki formları kopyalamak değil, örneğin örümceğe bakıp bir robot yapmak ya da yaprağa bakıp bir lavabo yapmak değil, canlı türlerinin hayatta kalmaları için geliştirdiği stratejileri, çözümleri anlayıp bunların özünü, üzerinde çalıştığımız problemlere uygulamak. Mesela, tropik bir bitkiden ilham alıp muson yağmurları olan bir bölgede binaların içinde bir yağmur suyu toplama sistemi tasarlayabilirsiniz, o sistem baktığımız zaman o bitkiye hiç benzemeyebilir ama o bitkinin kullandığı tasarım prensiplerini özümseyerek yapılmıştır, bilinçli taklitten kastım budur.

-Biyomimikri ile olan ilişkiniz nasıl başladı?

2006 yılında Janine Benyus’un Ted konferansını izledim. O dönem benim yaptığım işi sorguladığım bir dönemdi. Pazarlama alanında çalışıyordum ve mesleğim ile çevreci bakış açım arasında uçurum olduğunu düşünüyordum ve bu konuda karamsardım. Janine Benyus’un konferansını izledikten sonra biyomimikri kitabını okudum ve eğitim almak için Biyomimikri Enstitüsü’nün 2 yıllık eğitim programına başvurduğum. Avrupa’dan kabul alan bir tek ben oldum ve eğitimimi 2010 yılında tamamladım. Daha sonra programın eğitmenlerinden biri oldum ve şuan 2. grubu eğitiyoruz.

-Biomimikri ile biomimetik arasında ne fark vardır?

Biyomimikriyi, biomimetik ve diğer biyo yaklaşımlarından ayıran özellik sürdürülebilirlik ile ilgili olması. Biyomimikrinin özünde hayat için çok büyük bir saygı var. Biyomimikri bütün projelerinde insanın doğaya bıraktığı yükü azaltmak için çalışır. Fonksiyonel çözümler üretirken çözümlerin enerjiden, sudan, karbon emisyonundan, tasarruf ediyor olması gerekiyor. Biyoteknoloji deyince biyokullanım akla geliyor. Örneğin atık suyu bakterileri kullanarak temizleme gibi. Biyo kullanım

da deniyor buna ve doğa kaynak olarak kullanılıyor . Biyomimikri ise doğayı sadece bilgi kaynağı olarak kullanıyor.

Biyomimetik denilince mühendislik ve teknoloji ağırlıklı projeler için kullanılıyor. Böceklerin ayaklarını nasıl hareket ettiğini anlayıp her zeminde gidebilen araçlar üretmek; robotlar aynı zamanda biyomimetik projeleri. Ben Janine Benyus'un biyomimikri kullanılarak yaratılan ürünlere biyomimetik ürün dediğini duyuyorum, çünkü biyomimikri alanında sonuç ürünler için biyomimik ürün ya da benzeri bir terim kullanılmıyor . Disiplin biraz ayrı ama ürünlere ve projelere biyomimetik ürün diyoruz. Bu noktada iki alan birbiriyle kesişiyor.

-Türkiye'de biyomimetik tasarım var mıdır? Bu konuda bazı tasarımcılardan örnek gördünüz mü? Sizin düşünceniz nedir?

Biyomimikri tanımlaması getirmemiş olabilirler ama bu konuda yapılmış çalışmalar mutlaka vardır. Biyomimikri ile ilgili Türkiye'de karşılaştığım örnekler yok. Yapıyorlarsa bile adına biyomimikri demiyorlar. Biyomimikri terimini Janine Benyus yarattı ama biyomimikri düşünce olarak Leonardo da Vinci'ye kadar gidiyor. Uçan makine tasarımını düşünürseniz neredeyse bir kuş iskeleti yarattığını düşünüyorsunuz. Velcro ve Wright Brothers aynı şekilde.

-Biyomimikri ve endüstri ürünleri tasarımı arasındaki ilişkiyi nasıl değerlendiriyorsunuz?

Çok yakın bir ilişki şüphesiz. Biyomimikri alanında ilk dört disiplini seçmek gerekirse bunlar, biyoloji, mühendislik, tasarım ve iş yönetimi olabilir. Tasarımın her türlü dalı biyomimikri ile örtüşüyor. Türkiye'de bu alanda çalışmaların sınırlı sayıda olmasının sebeplerinden biri eğitimin sahte duvarlarla ayrılmış olması. Biyoloji diye bir disiplin var, tasarım diye bir disiplin var. Üniversiteler bizleri biyoloji öğrenebilecek şekilde yetiştirmiyor dolayısıyla farklı disiplinleri birleştiren eğitimin olmaması büyük bir sorun. Diğer sorun ise biyolojik bilgiye ulaştınız bile o bilgiyi tasarım stratejilerine dönüştürebiliyor olmanız lazım. Biyomimikrinin amacı biyolojik bilgileri tasarım stratejilerine dönüştürebilen insanlar yaratabilmek. Ben bir proje aldığım zaman yanımda mutlaka bir biyolog ve bazen de projenin ihtiyaçlarına göre bir mühendis olmak zorunda. Dolayısıyla hiçkimse kendi başına bir biyomimikri profesyoneli olamaz; bu da çok disiplinli çalışma gereğinden

kaynaklanıyor. Farklı disiplinlerden gelen insanlarla işbirliği yapmamız gerekiyor bu da her zaman alışık olduğumuz birşey değil.

-Tasarımcıların bu metodu tek başlarına uygulayabileceğini düşünüyor musunuz?

Biyomimikrinin temelinde biyoloji var, ama aynı zamanda mühendislik, tasarım ve iş yönetimi de var. Biyomimikri belli bir metodolojisi olan çok disiplinli bir alan. Farklı alanlardan kimselere ihtiyaç var. Sadece doğaya bakıp esinlenmek değil, belli bir metodolojiyi izleyerek esinlenmek. Çok disiplinli olduğu için farklı altyapılardan gelen insanlara ihtiyaç var. Dolayısıyla Biyomimikri Enstitüsü mezunları olarak bizler biyoloji, mühendislik, tasarım ve iş yönetimi alanlarından geliyoruz. Biyomimikri Enstitüsü kar amaçlı değil. Biyomimikri Guild (Biyomimikri Birliği) kar amaçlı ayağı. Çok kısa bir süre önce ikisi 3.8 adı altında birleşti. Bu adın anlamı tahminlere göre dünyada hayatın 3.8 milyar yıldır var olması.

Tasarımcı tek başına bugünün tasarım eğitimiyle yaptığı zaman sadece baktığı şeyden ilham alarak görsel bir kopyalama ortaya çıkıyor; çünkü tasarım ve biyoloji şuanda birlikte çalışmıyor. Belki gelecekte farklı olacak, ileride yöntemin anlaşılmasıyla birlikte tasarımcı daha yetkin olabilir. Tasarımcı tek başına doğaya biyomimikrinin gerektirdiği gibi bakmıyor şuanda. Doğadaki fonksiyonları anlamak onları tasarım prensiplerine dönüştürmek, tasarım prensiplerinden yola çıkıp belki de ilham aldığı organizmaya hiç benzemeyen bir çözüm üretmek.

Fakat tasarımcılar 'asknature.org' gibi kaynaklardan edindiği bilgileri tasarıma aktarabilir 'AskNature' veritabanının oluşma amacı da bu. İnsanlara ilham kaynağı olarak doğadaki bilgileri sunmak. Bu veritabanında fonksiyonlarına göre ayrılmış 2000'den fazla organizma var. Bunlardan esinlenip şirketler süreç ürettilerse onlar ayrıca belirtilmiştir. Yine de profesyonel anlamda biyomimikri projesi yaratacaksanız o zaman bunun bir ekip işi olması gerekiyor.

-Sürdürülebilirlik ve biyomimikri arasındaki ilişkiyi nasıl değerlendiriyorsunuz?

Biyomimikrinin amacı sürdürülebilirlik. Sürdürülebilirlikle ilgili tüketim karşıtı yaklaşımlar var, ama tüketim yapma zorunluluğumuz da var. Hindistan ve Çin'de yükselen orta sınıfa tüketim yaptırmamak mümkün değil. Batıda insanların çok uzun süredir devam alışkanlıklarını ortadan kaldırmak mümkün değil. Tüketimin olmadığı bir gelecek hayal ürünü gibi geliyor bana. Biyomimikride üretimi nasıl çevreye zararsız hale getirebiliriz bunu sorguluyoruz. İnsanın endüstri devrimi ile başlayan

üretimi doğada olduğu gibi döngüsel değil, çizgisel. Nasıl üretim yaptığımızla ilgili problemlerimiz var. Doğaya zarar vermeyerek hatta besleyerek üretim yapabiliriz ve tüketmekle ilgili problemleri ortadan kaldırabiliriz. Benim önceki yaptığım iş pazarlamaydı. İnsanlara tükettirerek para kazandığınız bir meslek. Şuan pazarlamanın o kadar içinde değilim fakat iş dünyasının içindeyim. Bir gün inanıyorum ki üretmek ve tüketmek utanmayacağımız bir hale gelecek.

-Biyomimikri alanında firmalardan ne gibi talepler geliyor? Daha doğrusu, bu konuda bilinç var mı? İstek geliyor mu?

1985 ve 2005 arasında biyo-ilham ya da biyomimetik kelimelerini barındıran patentler 93 kat artarken diğer patentler 2.7 kat artmıştır. Bu bilgilere bakıldığında artış çok hızlı fakat kendi içinde biyomimikri henüz işin başında bir disiplin.

Bu konuda Türkiye’de ben konferanslarımda bahsettikçe, basında haberler çıktıkça ya da şirketlere gidip sunum yaptığımda belli bir farkındalık oluşuyor ve talep geliyor; çünkü biyomimikri Türkiye’de bilinmiyor. Şuan bunu, gidip şirketlere anlatan ve biyomimikri olarak isimlendiren, disiplinin içinden gelen, bir tek ben çalışıyorum. Dolayısıyla biyomimikrinin bilinirliği çok hızlı ilerlemiyor. Yurtdışında 1997’den beri Janine Benyus ve Dr. Dayna Baumeister liderliğinde birçok şirket sunumlar almış, workshop ve projeler yapmıştır.

Biz yurtdışında, dünyanın inovasyon devlerinden Philip Search ile bir çalışma yaptık. Philips Research, kuruluşundan yaklaşık yüzyıl sonra ilk kez yeni bir iş alanına girmeye karar verdi ve 2009 yılının sonunda “Open Innovation” dünyasına adım attı. Philips Research çok basit, basit olduğu kadar da zor bir soru ile geldi... “Yeni bir iş alanında hayatta kalmak ve büyümek için doğadan ne öğrenebiliriz?” Trendesk firması, bu proje için uluslararası bir ekip kurdu ve üç profesyonel ile işbirliğine gitti: Biyomimikri alanında uzman bir biolog (ABD), mühendis (AND) ve tasarımcı (İspanya). Philips Research üst yönetimi ile yerinde (Eindhoven, Hollanda) yapılan derinlemesine görüşmeler sonucunda şirketin odaklanması gereken ana fonksiyonların “işbirliği” ve “yaratıcılık” olduğu tespit edildi. Bu iki fonksiyonun doğadaki organizmalar ve ekosistemler tarafından nasıl yerine getirildiği incelendi. Örneklerin ortak noktaları doğanın stratejilerini gösterdi. İzleyen adımda bu stratejiler iş dünyası için anlamlı önerilere dönüştürüldü. Öneriler Philips Research ile paylaşıldı, kapsamlı bir çalıştay ile yüzden fazla fikir yaratıldı. Fikirler

önceliklendirildi ve geliştirme noktaları tespit edildi. Tüm çalışma Philips Research Open Labs ekibine özel bir “İş’te Doğa” matrisine dönüştürüldü. Projenin sonuçları Costa Rica’da düzenlenen bir toplantıda sunuldu.

Türkiye’de ise Brisa için işler yapıyorum. Onların pazarlama ekibi için biyomimikri seansı düzenliyorum. İnovasyon süreçlerini beslemek istiyorlar ve farklı yerlerden ilham almak istiyorlar. Doğada işbirliği ve rekabet nasıl işliyor, stratejileri nelerdir, doğa nasıl iletişim yapıyor, iş dünyası bunu nasıl kullanabilir, işimizi nasıl basitleştirebiliriz gibi sorulara yanıt arıyoruz.

-Biyomimikri alanında tasarımcılarla ne gibi bir çalışma süreci yürütüyorsunuz?

Projenin ihtiyacına göre farklı alanlardan katılım olabilir ama tipik bir ekipte tasarımcı, mühendis, iş dünyasından biri ve biyolog oluyor. Metodoloji birkaç aylık bir metodoloji. İlk olarak problem tanımıyla başlıyoruz. Örneğin bir müşteri klima istiyorum deyip gelebilir ama bu bir çözümdür. Biz önce problemi tanımladıktan sonra ‘ask nature’ gibi kaynaklardan doğa nasıl soğutur, doğa nasıl ısıyı korur gibi (how does nature cool , how does nature maintain tempature) sorulara yanıt bulmak için doğadaki fonksiyonları arıyoruz. Dolayısıyla ilk adımda problemi tanımlamak ve soruya çevirmek var. İkinci adımda daha keşif meselesi devreye giriyor. Doğadan gelen örnekleri incelemek ve ortak tasarım prensiplerini bulmak. Yüz tane organizmayı incelediğinde ortaya çıkarabilirsiniz ki doğanın beş temel soğutma stratejisi var. Bu da biyoloji ağırlıklı taraf. Sonraki aşamada ana rol tasarımcıya düşüyor. Problem tanımlandı, doğadaki örneklerle bakıldı stratejiler belirlendi daha sonra bu stratejilerin kavramsal hali ve tasarım prensibi nedir. Biyolojik bilgileri tasarım diline çevirmek gerekiyor. Müşteri; bu aşamaya kadar istenmiş olabiliyor. Tasarım stratejilerine çevrilmiş haline kadar istenebildiği gibi final ürünü de istenebiliyor. O zaman tasarımcının rolü çok daha ağırlıklı oluyor. Böyle bir durumda tasarımcı kavramsal prensipleri bulmakla kalmıyor, ürünü yaratmaya kadar gidiyor. Metodolojide aşamalar olsa da, tüm ekibin birlikte çalışması gerekiyor. Biyolog ve tasarımcının çok yakın çalışıyor olması, iş insanının sürece hakim olması, müşteri ilişkilerini çok iyi ayarlıyor olması lazım. Projenin ihtiyacına göre, katılacak mühendisin de sürekli ekiple işbirliği içerisinde olması gerekiyor. Aslına bakarsanız biyomimikri, işbirliği üzerine kurulu bir metodolojidir. Ama sonuçta bir sistem bir ürün tasarlıyoruz ve tasarımcının rolü ağırlıklı.



-Dünyada yapılmış biyolojik araştırmaları mı değerlendiriyorsunuz? Yoksa konuya yönelik bir laboratuvar, ya da mikroskop altı araştırması yaptınız ya da yaptırdınız mı?

Biyomimikri Enstitüsü'ndeki eğitimimde Georgia Tech Üniversitesi ve Warner Babcock Enstitüsü labratuarlarını ziyaret edip nasıl çalışmalar yaptıkları hakkında bilgi sahibi olduk; fakat mikroskop altında çalışmalar yapmadım. Biyologlarla birlikte çalıştığım için bu çalışmalarını onlar yürütüyorlar.

-Gerekli kaynaklara, özellikle detaylı biyolojik araştırma kaynaklarına ne şekilde ulaşıyorsunuz?

Biyoloji veritabanlarına üye olmak gerekiyor. Örneğin ben Boğaziçi Üniversitesi veritabanına üyeyim. Ekibimdeki insanlar da kendi üniversitelerinin biyoloji veritabanlarına üye. Onun dışında biyologların üye olduğu daha profesyonel kaynaklar var. AskNature sitesi bu anlamda çok faydalı oluyor.



## EK A.4: Cevaplanmış Bir anket Örneği

### Question 1

Adınız, soyadınız:

Text Answers (1)

İsmet Yalım Alatlı

### Question 2

Mezun olduğunuz okul ve mezuniyet tarihiniz:

Text Answers (1)

MSGSÜ 2009

### Question 3

Tasarımda doğadan esinleme, doğaki canlıları ve sistemleri taklit etme kavramlarını duydunuz mu? Hangi nedenle?

Evet 1 - 100.00%

Hayır 0 0.00%

ID

8948089 Eğitimim sırasında işlenmişti.

### Question 4

Tasarımlarınızda doğaya benzetmeye hiç ihtiyaç duydunuz mu/ duymadınız mı? Neden?

Evet 1 - 100.00%

Hayır 0 0.00%

ID

8948089 Genellikle doğada olan objelere öykünen konularda çalışıyorum.

### Question 5

Doğadadan esinlenirken bu kavramı ne şekilde uygulamaya geçersiniz?

Gözlem yaparak	1	- 33.33%
Kaynak taraması ile	1	- 33.33%
Görseller üzerinden	0	0.00%
Bilgi birikiminden faydalanarak	1	- 33.33%
Merakla	0	0.00%

#### Question 6

Hangi amaç doğrultusunda doğadaki kaynakları inceliyorsunuz?

Büçüme yönelik	1	- 33.33%
Renk uyumu için	0	0.00%
İşleve yönelik	1	- 33.33%
Yapıya yönelik	1	- 33.33%
Konsept olarak	0	0.00%
Sürdürülebilirlik için	0	0.00%
Farklılık yaratmak için	0	0.00%

#### Question 7

Kaynakları incelerken daha detaylı bilgiye ihtiyaç duyuyor musunuz? Örnek verir misiniz?

Evet	1	- 100.00%
Hayır	0	0.00%

ID	
8948089	Her durumda bütün detayları ile örneklere ulaşamıyorum.

#### Question 8

Doğadan esinlenmenin tasarımlarınıza sağladığı katkılar neler olmuştur/ olabilir?

Estetik	1	- 50.00%
İşlevi geliştirme	1	- 50.00%
Daha az malzeme	0	0.00%

Daha az enerji kullanımı	0	0.00%
Zaman	0	0.00%
Yaratıcı olması	0	0.00%
İlgi Çekici olması	0	0.00%

### Question 9

Tasarım derslerinde doğadan esinlenme ya da doğaya benzetme kavramlarının kullanımıyla ilgili bilgi edindiniz mi ? Cevabınız olumlu ise, hangi ders kapsamında, hangi bilgileri ?

Evet	1	- 100.00%
Hayır	0	0.00%

ID	
8948089	Proje Dersleri, Tasarım Tarihi ve Ürün Anlambilim.

### Question 10

Doğadaki kaynakların tasarıma aktarımı üzerine bilgi edinmek ister miydiniz? Neden?

Evet	1	- 100.00%
Hayır	0	0.00%

ID	
8948089	Daha önce yapılmış örneklerden fikir almak ve yapılmış işleri tekrarlamamak için.

### Question 11

Aşağıdaki biyo kavramlarından hangilerini tanıyorsunuz?

Biyotasarım	1	- 25.00%
Biyonik	1	- 25.00%
Biyomimetik	0	0.00%
Biyomimikri	0	0.00%
Biyomekanik	1	- 25.00%
Biyoteknoloji	1	- 25.00%

### Question 12

**Tasarımda doğadan esinlenme, doğaya benzetme, doğadaki işlevleri aktarma konusunda serbest düşüncelerinizi yazınız.**

#### Text Answers (1)

Milyonlarca yılda gelişmiş ve duruma adapte olmuş biçimlerin örnek alınması bunun yanında matematiksel değeri 0'a yakın olan bir zaman diliminde yapılacak bir iş için hazır kaynak gibidir. Zaten çalıştığımızı bildiğimiz olguları tekrar ederek sağlıklı sonuçlara ulaşabiliriz.

### Question 13

**Tasarımda doğadaki çözümlerden öğrenme, esinlenme ya da taklit etme konusunda bildiklerinizi ya da gördüğünüz örnekleri açıklayınız.**

#### Text Answers (1)

Serbest uçuş ekipmanları, dalış ekipmanları, havacılık teknolojilerinden birçok örnek, ayakkabı tanabları, petek dokular.....

## ÖZGEÇMİŞ



**Ad Soyad:** Hanife Yıldız  
**Doğum Yeri ve Tarihi:** Tekirdağ/ 01.05.1988  
**E-Posta:** hanife\_yildiz@yahoo.com  
**Lisans:** Doğu Akdeniz Üniversitesi (KKTC)