

**BIYOSÜREÇ: DOĞADAN İLHAM ALAN
TASARIM SÜREÇLERİ İÇİN SİSTEMATİK
BİR YÖNTEM ÖNERİSİ VE UYGULAMASI**

Mustafa ÖZDOĞAN

Yüksek Lisans Tezi

Endüstriyel Sanatlar Anabilim Dalı

Aralık 2015

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Mustafa Özdoğan'ın “Biyosüreç: Doğadan İlham Alan Tasarım Süreçleri İçin Sistemik Bir Yöntem Önerisi ve Uygulaması” başlıklı Endüstriyel Sanatlar Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans Tezi 15.12.2015 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	: Prof. Dr. SEÇİL ŞATIR
Üye	: Doç. Dr. ERTUĞRUL ALGAN
Üye	: Yrd. Doç. Dr. ERMAN AKYOL

**Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.**

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİYOSÜREÇ: DOĞADAN İLHAM ALAN TASARIM SÜREÇLERİ İÇİN SİSTEMATİK BİR YÖNTEM ÖNERİSİ VE UYGULAMASI

Mustafa ÖZDOĞAN

Anadolu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstriyel Tasarım Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Seçil ŞATIR

2015, 133 sayfa

Sürdürülebilirlik kavramı temelinde doğaya yaklaşan çalışmalar bağlamında ürün tasarımında kısa zamanda azımsanmayacak araştırmaların yapıldığı görülmüştür. Araştırma süreci kapsamında elde edilen bilgiler ışığında adına “Biyosüreç” dediğimiz, şu ana kadar bu konuda çalışılmamış olduğunu umduğumuz bir sonuca ulaşmaktır.

Tezin yöntemsel içeriğine bakıldığında; ikinci bölümde araştırma konusu ile ilgili güncel yaklaşımlar ve örnekler üzerinden konunun anlaşılması sağlanmıştır. Üçüncü bölümünde, literatür taraması yöntemi ile biyo kavramlı tez çalışmaları süreç incelemesine tabi tutulmuştur. Tezin dördüncü bölümünde ise meta analize dâhil edilecek çalışmaların biyoloji ile disiplinler arası bir tasarım yöntemi önerildiğine bakılarak tezler seçkiye tabi tutulmuş, seçilen bu tezler meta analizi yöntemi ile önerdikleri tasarım araçları incelenmiş ve devamında kıyaslama yapılmıştır. Beşinci bölümde anket yöntemi ile ürün tasarımı öğrencilerinin biyo kavramlar konusundaki bilgi düzeylerine başvurulmak istenmiştir. Altıncı bölümde Biyosüreç yöntemi çalıştay formatında denenmiştir. Geçerliliği denenilen çalışmanın sonuçları ile genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Doğadan İlham Alma, Biyomimikri, Biyosüreç

ABSTRACT

Master of Science Thesis

BIOPROCESS: A PROPOSAL OF SYSTEMATIC METHOD FOR DESIGN PROCESS INSPIRED BY NATURE AND ITS APPLICATION

Mustafa ÖZDOĞAN

Anadolu University

Graduate School of Science

Industrial Arts Program

Supervisor: Prof. Dr. Seçil ŞATIR

2015, 133 pages

On the basis of sustainability studies upcoming to the nature in product design have been seen the researches can not be underestimated in short term. The purpose of the study is to reach a conclusion that we hope this is not been studied so far in this regard and we call "bioprocess" within the context of obtained informations.

Considering the methodological contents of the thesis, understanding the issues over current approaches and examples of research topics is provided in the second part. In the third part, it has been subjected to a bioconceptual review process by literature survey method. In the fourth part, it subjected to selection is looking at whether a design method proposed interdisciplinary biology studies to be included in the meta-analysis, selected thesis examined design tools suggested by the meta-analysis method and made comparisons in the progress. In the fifth part, it was requested to determine product design students' knowledges on bio concepts with the survey method. The Bioprocess method in the sixth section has been tested in workshop format. The results of the study tested the validity are made general of assessment.

Keywords: Sustainability, Biologically Inspired, Biomimicry, Bioprocess,

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında değerli bilgilerini ve tecrübelerini benimle paylaşan, yolumu aydınlatan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Seçil ŞATIR'a,

Alan çalışmalarında beni yalnız bırakmayan çalışma arkadaşlarım Ahmet YALÇINKAYA, Ahmet BAŞKAN ve Barış DERVİŞ'e ,

Biyosüreç Çalıştayı'na katılan tüm öğrencilerime,

Bu süreçte değerli fikirlerini ve tecrübelerini benimle paylaşan meslektaşlarıma,

Yazım ve imla konusunda değerli görüşlerine başvurduğum Anadolu Üniversitesi Öğretim Elemanı Buğra Oğuzhan ULUYÜZ'e,

Özellikle yanımda olamasalar da cıvıl cıvıl sesleri ile bana moral olan yeğenlerim ELA ile EFE'ye,

Tezin hazırlanmasında karşılaştığım sorunları aşarken hep güler yüzü ile yanımda olan eşim Zühre ÖZDOĞAN'a teşekkür ederim.

Mustafa Özdoğan

Aralık 2015

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	4
1.2. Araştırma Yöntemleri.....	5
1.3. Alanın Önemi	5
1.4. Kapsam ve Sınırlılıklar.....	9
2. BİYO KAVRAMI VE BİYOLOJİ TABANI	10
2.1. Biyolojik Tabanlı Disiplinlerin Sınıflandırılması, Yaklaşımlar Ve Örnekleri.....	11
2.1.1.Biyonik tasarım yaklaşımları ve örnekleri.....	12
2.1.2.Biyomimetik tasarım yaklaşımları ve örnekleri	17
2.1.3.Biyomimikri tasarım yaklaşımları ve örnekleri	23
2.1.4.Seçilen kavramların benzer ve farklı yönleri.....	27
2.1.5.Biyo kavramların araştırılmasının önemi	28

3. BİYOLOJİK TABANLI LİSANSÜSTÜ TEZLERİN LİTERATÜR TARAMASI, ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ	30
3.1.Lisansüstü Tezlerin Literatür Taraması.....	30
3.2.Protokol Analizi Bağlamında İçerik Analizi ile Çalışmak.....	31
3.3.Lisansüstü Tezlerin İçerik Analizi	33
3.4.Lisansüstü Tezlerin Değerlendirilmesi.....	37
4. TARANMIŞ VE SEÇİLMİŞ LİTERATÜR ANALİZLERİ	39
4.1. Meta Analizi Yöntemi ile Çalışma.....	39
4.1.1. Yöntem önerilen birinci yaklaşım.....	44
4.1.2. Yöntem önerilen ikinci yaklaşım	46
4.1.3. Yöntem önerilen üçüncü yaklaşım.....	49
4.1.4. Yöntem önerilen dördüncü yaklaşım	53
4.1.5. Yöntem önerilen beşinci yaklaşım	57
4.1.6. Yöntem önerilen altıncı yaklaşım	59
4.1.7. Yöntem önerilen yedinci yaklaşım.....	63
4.1.8. Yöntem önerilen sekizinci yaklaşım	66
4.1.9. Yöntem önerilen dokuzuncu yaklaşım.....	70
4.1.10. Yöntem önerilen onuncu yaklaşım	73
4.2. Meta Analiz Bulguları	76
4.3. Meta Analiz Sonuçları.....	83
4.4. Meta Analiz Sonuç Değerlendirilmesi	84
5. BİYOKAVRAMLARI TEMELİNDE ANKET UYGULAMASI	87
5.1. Alan Araştırması - İncelemesi.....	87
5.2. Biyokavram Anketi Bulguları	87

5.3. Analiz ve Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi	96
5.4. Anket Sonuçlarına Göre Uygulamaya Yönelik Değerlendirme	97
6. BİYOSÜREÇ KAPSAMINDA ÖNERİLEN YÖNTEM İLE TASARIM UYGULAMALARI	98
6.1. Biyosüreç Yönteminin Evreleri	98
6.2. Doğa Çalıştayı – Örnek Uygulamalar	99
6.2.1 Katılımcı 1 ve Çalışması	101
6.2.2 Katılımcı 3 ve Çalışması	102
6.2.3 Katılımcı 4 ve Çalışması	103
6.2.4 Katılımcı 7 ve Çalışması	104
6.2.5 Katılımcı 8 ve Çalışması	105
6.2.6 Katılımcı 9 ve Çalışması	106
6.2.7 Katılımcı 11 ve Çalışması	107
6.2.8 Katılımcı 12 ve Çalışması	108
6.2.9 Katılımcı 13 ve Çalışması	109
6.2.10 Katılımcı 14 ve Çalışması.....	110
6.2.11 Katılımcı 17 ve Çalışması.....	111
6.2.12 Katılımcı 19 ve Çalışması.....	112
6.3. Çalıştay Bulguları.....	113
7. BULGULAR VE GELECEK ARAŞTIRMALAR İÇİN ÖNERİLER	114
KAYNAKLAR.....	117
Ek-1 Anket Soruları.....	122
Ek-2 Analize Dâhil Edilen Çalışmalar.....	125

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. W. Nachtigall Tarafından Formüle Edilen Biyonik Prensipler ...	13
Çizelge 2.2. Biyomimetik Prensipler.....	18
Çizelge 2.3. Doğal Tasarım Prensipleri.....	23
Çizelge 2.4. Ekolojik Prensipler.....	24
Çizelge 2.5. Seçilen Yaklaşımların Karşılaştırılması.....	27
Çizelge 3.1. Tezlerin Yapıldığı Ünelere Göre Dağılımı.....	37
Çizelge 4.1. Grafik Tasarım - Biyomimikri Karşılaştırması.....	76
Çizelge 4.2. Analiz Edilen Yaklaşımların Aşamaları.....	85
Çizelge 4.2. (Devamı) Analiz Edilen Yaklaşımların Aşamaları.....	86
Çizelge 5.1. Soru 12 Cevapları.....	92
Çizelge 5.2. Soru 13 Cevapları.....	94
Çizelge 5.3. Soru 14 Cevapları.....	94
Çizelge 6.1. Önerilen Yöntemin Evreleri ve Açıklamaları.....	98

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Doğadan Esinlenen Örnek Ürünler.....	3
Şekil 2.1. Kutu Balığından Otomobil – İskelet Yapısı – Çamur Modeli	14
Şekil 2.2. Biyonik Karıncalar	14
Şekil 2.3. Fil Hortumundan Biyonik Kol	15
Şekil 2.4. Yarasadan Casus Uçağına	16
Şekil 2.5. Dikenli İstakoz	17
Şekil 2.6. Bukalemun (Sağda) ve Geko Kertenkelesi (Solda)	19
Şekil 2.7. Köpekten Engebeli Arazi Robotuna	20
Şekil 2.8. Kelebek Kanadından Dijital Ekran	20
Şekil 2.9. Sis Böceğinden Çelik Şişeye	21
Şekil 2.10. Ağustos Böceğinden Ultra Hızlı Bilgisayarlara.....	22
Şekil 2.11. Nilüfer Bitkisinden Lotusan Boya	24
Şekil 2.12. Morfo Kelebeğinden Renkli Kumaş	25
Şekil 2.13. Yalıçapkını Kuşundan Hızlı Tren	26
Şekil 2.14. Yüzeydeki Yapraklardan Entropi Halı	26
Şekil 2.15. Yaklaşımların Çakışarak Karşılaştırılması	28
Şekil 3.1. Tezlerin Yıllara Göre Dağılımı.....	34
Şekil 3.2. Tezlerin Türlerine Göre Dağılımı	34
Şekil 3.3. Tezlerin Araştırma Alanlarına Göre Dağılımı	35
Şekil 3.4. Tezlerin Yapıldığı Ülkelere Göre Dağılımı	35
Şekil 4.1. Jacquelyn Kay Nagel'in Önerdiği Yöntemin Anlatımı	52
Şekil 4.2. BIRD ile oluşturulan tüm sistem	56
Şekil 4.3. BSA yöntemiyle tasarlanmış örnek çalışma	58
Şekil 4.4. Hücresel bölünme sürecinde ilk üç adım.....	62
Şekil 4.5. Doğa (Üst) ve İnsan (Alt) Yapımı Yapısal Sistemler	68
Şekil 4.6. Yaşayan Tasarım Süreç Modeli	71
Şekil 4.7. Sosyal Hidro-altyapı Geri Besleme Döngüsü	73
Şekil 4.8. Biyomimetik tasarımın görsel süreci	75
Şekil 5.1. Soru 2 Grafiğı	88
Şekil 5.2. Soru 3 Grafiğı	88
Şekil 5.3. Soru 4 Grafiğı	89

Şekil 5.4. Soru 5 Grafiği	89
Şekil 5.5. Soru 6 Grafiği	90
Şekil 5.6. Soru 7 Grafiği	90
Şekil 5.7. Soru 9 Grafiği	91
Şekil 5.8. Soru 11 Grafiği	91
Şekil 6.1. Biyosüreç Grafiği.....	99
Şekil 6.2. Katılımcı 1 ve Çalışması.....	101
Şekil 6.3. Katılımcı 3 ve Çalışması.....	102
Şekil 6.4. Katılımcı 4 ve Çalışması.....	103
Şekil 6.5. Katılımcı 7 ve Çalışması.....	104
Şekil 6.6. Katılımcı 8 ve Çalışması.....	105
Şekil 6.7. Katılımcı 9 ve Çalışması.....	106
Şekil 6.8. Katılımcı 11 ve Çalışması.....	107
Şekil 6.9. Katılımcı 12 ve Çalışması.....	108
Şekil 6.10. Katılımcı 13 ve Çalışması.....	109
Şekil 6.11. Katılımcı 14 ve Çalışması.....	110
Şekil 6.12. Katılımcı 17 ve Çalışması.....	111
Şekil 6.13. Katılımcı 19 ve Çalışması.....	112

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD: Ana Bilim Dalı

BIRD (Biomimetic Innovation Repository for Design): Tasarım için Biyomimetik İnovasyon Veri Havuzu

DANE (for Design by Analogy to Nature Engine): Doğa Mühendisliğinden Analoji yoluyla Tasarım

NLP (Naturel Language Processing): Doğal Dil Süreci

TRIZ (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch): Yaratıcı Problem Çözme Teorisi

BioTOM (Biologically Inspired Topology Optimization Method): Biyoloji İlhamlı Topoloji Optimizasyon Metodu

1. GİRİŞ

Bu çalışmada biyo kavramını, dolayısı ile farklı bir bakış açısı olan “biyosüreç” kavramını ele almaktaki en önemli düşünce yarım asra yakın bir zamandır doğaya olan ilginin artması ve doğanın en doğru yönlendiren kaynak olma özelliğinin nihayet fark ediliyor olmasıdır. Bu farkındalığı öne çıkaran ise sürdürülebilirlik araştırmalarıdır.

1950’lerden itibaren günümüze çevreci hareketin ilk ışıklarını insanoğlu; geçmişin bilgeliğini geleceğin analiz tekniklerini ve teknolojinin bir araya gelmesiyle yakmıştır. Bu 60-70 yıllık dönemde, doğaya karşı duruşun değil de doğa ile birlikte hareket etmenin izleri aranmış ve gelişmiş endüstrinin ne kadar yanlış bir yolda yürüdüğü görülmüştür (Mirvis, 1994).

Böylece 1970’lerden sonra “sürdürülebilirlik” kavramı en sık kullanılan kavram olmakla birlikte literatürümüze yakın tarihimizde ele alınmıştır. Sürdürülebilirlik günümüze kadar mühendislik, tıp, tasarım gibi pek çok insani faaliyet ve çabaların en çok talep gören amacı haline gelmiştir.

Literatürde sürdürülebilirlik, insan varlığının yok oluşu, doğal kaynaklardaki sınırlılık ve ekosistemdeki kırılganlık ile ilgili tanımlar üzerinden gitmektedir. Bunun yanı sıra, toplumların ekonomik ve sosyal amaçlarındaki hırsları ile insani ihtiyaçlarını dengeleme üzerinde durulmaktadır (Jones, Clarke-Hill, & Comfort, 2008).

Sürdürülebilirlik kavramını tasarımın bakış açısıyla ele aldığımızda bu kavramı tek başına ele almanın olanaksız olduğu aşikârdır (Şatır, 2009).

Tasarımın sürdürülebilirliğini anlamak için bu kavramı dört başlık altında toplayabiliriz:

1. Yaşam ve yaşam çevrelerinin sürdürülebilirliği,
2. Kullanım ve tüketimin sürdürülebilirliği,
3. Üretimin sürdürülebilirliği,
4. Tasarım eğitiminin sürdürülebilirliği (Şatır, 2009).

Tasarım eğitiminin sürdürülebilirlik koşulu kendinden önceki üç maddeye bağlıdır. Daha da önemlisi, insan yaşam, kullanım ve tüketim ortamlarının, buna bağlı olarak üretilen nesnelere topyekûn sağlıklı araç-gereçler olması ve sağlıklı ortamlarda işe yaraması tasarım kavramının sürdürülebilirliğini açıklamaktadır. Tam da bu noktada, sürdürülebilirlik araştırmacıları tarafından Biyo kavramı devreye girmektedir. Biyo kavramı, doğayı örnek alarak gerçekleştirilecek herhangi bir nesnenin tasarlanmasında, en ekonomik tasarım ve üretimi ortaya koyacak, en verimli ve buna bağlı olarak en kullanışlı tasarım nesnesinin elde edilmesini sağlayacak, doğayı ve çevreyi kirletmeden olabildiğince en az parça sayısı ile tasarım üretimine destek verecek bir kavram olma özelliği taşımaktadır.

Doğal dünya, tasarımda ilham almak için sayısız olaylar sunmaktadır. Sürdürülebilir tasarıma öngörü sağlayan biyolojik organizmalar, stratejiler, sistemler bunlardan sadece bazılarıdır. Biyolojik sistemler mühendisliğe ve diğer alanlara binlerce yılın tecrübesini sunmaktadır. İnsanoğlunun gerekli olan teknik problemini çözmek için biyolojik sistemlerle çalışmak, zamanla çeşitli isimlerle adlandırılmıştır. Örneğin, biyomimetik tasarım, gelecek teknolojileri heyecanlandıran yeni yetenekleri keşfeden büyük potansiyelleri önermektedir (Bar-Cohen, 2006). Tasarımcılar doğal dünyada bulduklarını sadece taklit etmezler, ayrıca sürdürülebilir ve gerçekçi tasarımlar yaratmak için bu doğal sistemden öğrenirler.

Çalışmanın ve taklit etmenin sonucunda elde edilen mühendislik inovasyonları topluma entegre edilerek yaygın bir hale gelmektedir. Velcro (cırt bant), uçaklar, kalp pilleri gibi biyolojik ilhama dayanan ürünler mühendislik, tıp, malzeme gibi alanlarda yenilik getirmişlerdir. Son otuz yılda akışkan dinamiğinde, sensörde, malzemede, bilgisayar algoritmalarında, alternatif enerjide ve sürdürülebilir mimaride birçok atılım gerçekleştirilmiştir. Bunların ortak özellikleri ise doğadan ilham almış olmalarıdır (Nachtigall, 2000).

Aşağıdaki örneklere bakıldığında, kimyasal bir işlem uygulamadan renk değiştiren kumaşlar morfo kelebeğinden ilham alarak üretilmiştir. Anti bakteriyel filmler için köpek balığı derisinden ilham alınmıştır. Yapışkan malzemeler için ise Van der Waals prensibi kullanılarak elde edilen gecko kertenkelesi ayaklarından

esinlenilmiştir. Sıcak-soğuk dengesini koruyan yapılar termit karıncalarından, kendi kendini temizleyen yüzeyler lotus çiçeğinden ilham almışlardır.



Şekil 1.1. Doğadan Esinlenen Örnek Ürünler

Biyolojik ürünler arasında daha az bilinen ortak özellikler ise şans eseri gözlem, tecrübe ve karşılıklı konuşmalar ile oluşmasıdır. Mühendisler için doğadan öğrenilecek ve ilham alınacak büyük bir potansiyel olmasına rağmen bu alanlar arasında bağlantı da yoktur. Bundan dolayı genele kıyasla biyolojiden ilham almak, yenilik yapmak için daha uygundur. Dahası, değerli biyolojik bilginin mühendislik alanına aktarımı hali hazırda düzenlenmemiş bir süreçtir. Bununla ilgili eğitim kurumlarında biyolojiden ilham alan tasarımın başarısı üzerinde çok çalışma yapılmıştır ve yapılmaktadır.

Teorik olarak incelendiğinde doğanın inovatif mühendislik tasarımına ilham verdiğini fakat tasarımcıların bunun için tasarım araçlarına, tekniklerine ve metotlarına ihtiyaç duyduklarını bilmekteyiz. Biyolojik enformasyonu kullanmanın birçok şekli vardır. Mühendislik problemlerine doğrudan çözüm bulmak ya da çözmek için gerekli olan ilham; fonksiyonel anahtar kelime araştırmaları, tersine mühendislik, işlev-yapı-davranış modeli, veri tabanları, vaka

tabanlı muhakeme ile sağlanabilir. Bu yollar doğadan taklit etme ve öğrenmek için gerekli zamanı ve harcanacak çabayı azaltırlar. Fakat bu uygulamaların her birinin farklı süreçleri mevcuttur ve tüm tasarım sürecinde özel bir adıma odaklanırlar ve yaygın olarak tek bir şeyi paylaşırlar. Potansiyeli olan biyolojik sistemin bazı temel ilkeleri ile yakalanarak somutlaştırılırlar.

Biyolojik ilhamlı tasarım eğer yeterince zaman ve emek harcanmaz ise başarılmaz gözükür. Biyolojik tasarımların etkili olarak uygulanmasındaki temel problem; uzman bir tasarımcı için gerekli olan zaman ve çabanın biyolojik sistem hakkında yeterince bilgili olabilmek için önemli ölçüde sınırlamalar yaratıyor olmasıdır. Fakat bilgi gereklilikleri de, tasarım araçları gelişimi ve bu araçların bütünleştirilmesi ile kısıtlanmaktadır (Nagel, 2010).

1.1. Çalışmanın Amacı

Son dönemlerde biyo kavramları sayısının artmasında birçok neden olabilir. Fakat bunların temelindeki en büyük nedenin, sürdürülebilirlik kavramı olduğu aşikâr olduğu şu şekilde açıklanmaktadır. Sanayi devriminden sonra özellikle son 50 yılda değişen ekosistemde doğa ile bütünleşik bir yaşamın devamlılığı önemli bir gündem haline gelmiştir (Gürsu, 2014). Bununla birlikte tasarımcıların, mimarların, biyologların, kimyagerlerin, mühendislerin sorumluluklarından doğan doğa ile barışık kavramlar ortaya çıkmıştır. Bunun kanıtı olarak teoride yazılan tez sayılarının son yıllarda hem yüksek lisans düzeyinde hem de doktora düzeyinde artış göstermekte olduğu, bununla beraber, pratikte ise üretilen ve uygulanan projelerin sayısının giderek artışı olarak gösterilebilir.

Sürdürülebilirlik kavramı temelinde doğaya yaklaşan bu çalışmalar bağlamında, tasarım ya da daha özelleşmiş olarak ürün tasarımı ele alındığında kısa zamanda azımsanmayacak araştırmaların varlığı öğrenilmekte ve gözlenmektedir. Buna dayanarak bu çalışmanın asıl amacı, araştırma süreci kapsamında elde edilecek, konuya değin çok sayıdaki biyo kavramlı araştırmayı incelemek, tez başlığında dile gelmiş olan “Biyosüreç” tanımına yakın gelenleri

seçmek, uzaklaşanları elemek ve seçilmiş olan çalışmalarını analiz süzgecinden geçirmektir. “Biyosüreç” çalışmasına işe yarayacak bilgileri elde etmek ve şu ana kadar bu konuda çalışılmamış olduğunu umduğumuz bir sonuca ulaşmaktır.

1.2. Araştırma Yöntemleri

BiyoSüreç başlıklı ve içerikli bu tez kapsamında içerik olarak; ikinci bölümde araştırma konusu ile ilgili güncel yaklaşımlar ve örnekler üzerinden konunun anlaşılması ve gelişiminin görülmesi sağlanmıştır. Tezin üçüncü bölümünde, literatür taraması başlı başına bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Literatür taraması yöntemi ile hem konu üzerinde yapılan bütün çalışmalar taranmakta ve incelemeye alınmaktadır hem de özellikle biyokavramlı tez çalışmaları süreç incelemesine tabi tutulmak üzere seçilmekte ve analiz edilmek üzere ayrı bir grup teşkil edecek şekilde detaylı bir araştırma ve inceleme olarak içerik analizi yöntemi ile özelleştirilmektedir. Tezin dördüncü bölümünde ise meta analize dâhil edilecek çalışmaların biyoloji ile disiplinler arası bir tasarım yöntemi önerildiğine bakılarak tezler seçkiye tabi tutulmuş, seçilen bu tezler meta analizi yöntemi ile önerdikleri tasarım araçları incelenmiştir ve devamında kıyaslama yapılmıştır. Beşinci bölümde anket yöntemi ile deneysel çalışma gerçekleştirilmek istenen ürün tasarımı öğrencilerinin biyokavramlar konusundaki bilgi düzeylerine ve algı özelliklerine başvurulmak istenmektedir. Öğrencilerden alınacak geri bildirim ile altıncı bölümde biyotasarım kavramına yönelik gerçekleştirilmek istenen deneysel çalışmaya doğru yön verilmiş olacaktır. Her yöntem uygulandığı bölüm içerisinde daha açıklayıcı bilgiler ile beslenecektir.

1.3. Alanın Önemi

Endüstriyel tasarım 20. Yüzyılın ilk yıllarında üretim için tasarım servislerini sağlamaya başlamıştır. Bu tarihten sonra onun rolü endüstri ile birlikte gelişmek olmuştur. Bugün de şirketlerin başarısının önemli bileşenlerinden birisidir. Geniş bir uzmanlık, bilgi ve beceri isteyen endüstriyel tasarım, önemli ölçüde ürün gelişiminin modern, küreselleşen sistemleri, üretim ve pazarlama gibi

konularda katkı sağlamaktadır. Fakat üretim endüstrisi tarafından düşünülen karışık konulara sürdürülebilir ilkeler eklendiğinde, endüstriyel tasarımcı bir öneri vermek için gerekli donanımlara sahip olamamaktadır. Buna ek olarak üretimin önceliği olan ekonomik faktör de eklendiğinde bu imkânsız hale gelmektedir.

Sürdürülebilir gelişme geleneksel önceliklere ve normlara aykırı olarak görülür. Sürdürülebilir ilkeler ve malzeme gerekliliklerinin icadı arasında daha faydalı bir ilişki geliştirmek için farklı bir yaklaşıma gereksinim vardır. “Zorlamalı Uyarılma” (Walker, 2006) sürdürülebilirlik ilkelerini denemek yerine konuyu tam zıt yönden göstermek daha faydalı olacaktır. Bununla, objelerin tasarlanması ve üretilmesinin nasıl ve hangi yöntemlerle düşünülmüş olacak sorunu mevcuttur.

Tasarım disiplini yeni alanlar keşfi yapmakla birlikte, tasarlanan ürünün yararı ve sürdürülebilir olması gerektiği de düşünülmeli ve böylece kendi disiplinine yeni bir ortam bulduğunu da ortaya koymalıdır.

Bizim modern üretim sistemimiz; 500 yıllık bilimsel sürecin, akılcılığın gelişiminin ve faydacılığın yükselen dönemin, 200-300 yıllık endüstriyel kapitalizmin, seri üretimin ve tüketiminin ivmelenerek arttığı yüzyılın zirvesindedir (Woodham, 1997). Son birkaç on yılda post modern anlayışının insanlar arasında yayılmaya başladığı görülmektedir. Şu an ki, bu periyod ile paralel yürüyen sürdürülebilir gelişim kavramı çağdaş tasarımların zararlı etkilerine karşı doğmuştur. Bu açıdan bakıldığında sanayicilerin, ekonomistlerin ve politikacıların endüstriyel ve ekonomik normların nasıl uzlaşacağı gibi bazı zorluklarla karşılaşacağı düşüncesi ortaya çıkmaktadır.

Şu anki sosyal ve ekonomik göstergelerin çoğu günümüz üretim sistemlerinin ve tüketim dokularının fiziksel olarak, etik olarak ve ruhsal olarak savunulmaz olduğunu aşikâr bir şekilde göstermektedir. Bundan ötürü bilinmeyen gibi görünen, fakat doğayı örnek alan, doğru yolu göstereceğine inanılan doğa örneğine hareket edilmelidir. Buna ek olarak çevresel, kişisel ve sosyal zenginliği olan yeni yaklaşımlar keşfedilmelidir. İster tasarım eğitimi ister araştırmacı olunsun tasarımcının buradaki rolü bir keşfe öncülük etmektir.

Yelpazenin bir ucunun daha ileriye götüreceği varsayılırsa, şimdiye kadar ortaya çıkan uygulamalar korunmaktadır. Hatta birçok şirketin ve tasarımcının da buna uyum sağladığı görülebilmektedir. Modası geçmiş içerikleri giderek artan oranlarda sürdürülme tavrına doğru ilerlemektedirler. Görünen o ki rahatsız edici teknolojik ilerlemelere ve süreçlere karşıymış gibi görünen sahte çevreyi savunma davranışları kabul edilemez. Endüstriyel kapitalizmin temel ilkesi büyümedir ve şu an bu büyümenin sınırlarına ulaşıldığı görülmektedir. Endüstriyel kapitalizm büyüme kapsamında sözde çevre savunma düşüncesini devam ettirmek istemektedir.

Yelpazenin diğer tarafında yeni söyleme gerek duyan açık fikirli bir yaklaşım ele alınabilir. Modası geçmiş davranışları dayatmak teşebbüsünde bulunmak doğru değildir. Bunun yerine içinde bulunulan durumlara uyum sağlamak öğrenilmelidir. Temel olarak yeni koşullarla birlikte yeni yaklaşımların değişimi üretim ve tasarım için yeni modelin gelişimini sağlamaktadır. Süreç engelleyici bir şekilde yavaş, değişimler kademeli bir şekilde artmakta ve kabul edilir değişimler sıklıkla isteksizleşmektedirler. Buna karşılık yeni modelleri planlama ve inşa etmek nihayetinde eski yolları tasvir edebilir. Şüphesiz ki, var olan sistemi faydalı ve teşvik edici bir şekilde iyileştirirken radikal yaklaşımların sergilendiği örnekler de görülmektedir. Örneğin hesap makinesi 17. yüzyıldan 19. yüzyıla kadar temel işlevini sürdürmüştür. Fakat hesap makinelerinde mikroçip teknolojisinin gelişimi ile birlikte birkaç yıl içerisinde kendini yenileyemeyen firmalar sektörün dışında kalmışlardır.

Sürdürülebilir gelişim durumunda geleneksel yaklaşımların sürdürülemez olduğunu fark ettiğimiz anda sürdürülebilir yaklaşımın neye benzediğini bilmiyoruz demektir (Walker, 2006). Bu tam olarak bir keşif yolculuğudur, doğanın keşfidir.

Tasarım projesi üzerinde önyargıları zorla kabul ettirmek ne istenir bir durumdur ne de hayal gücünü artırır. Bunlar oluştuğunda tasarımcılar basitçe var olan olgular üzerinden objeyi olması gerektiği gibi çizerler. Profesyonel dünyada binlerce tasarımcı vardır. Bunlar yaratıcılıklarını kolejlerde ve üniversitelerde aldıkları eğitimle geliştirirler. Bu yüzden de görsel dilleri önemli ölçüde birbirlerine benzemektedir. Bundan ötürü de “ürünlerin nasıl göründükleri”

üzerinde tartışılan konu çok önemsiz bir noktada durmaktadır. Aslında ürünlerin görünümü kısa süreli eğilimlerin, modanın ve tüketimin dişli gibi birbirlerine geçmiş halleriyle ilgilidir.

Tasarımcılar çalışmalarını niye bu yolla yapıyorlar? Asıl sorulacak soru budur. Bunların insanların önyargıları ya da kullanım deneyimleri ile depoladıkları bilgilerin sonucu olduğu düşünülmektedir. “Endüstriyel Tasarım” terimi de depoladıkları bilgilerden biridir. Bu terim, seri üretimin gelişimi ve tüketici malları ile çok yakından ilişkilidir. Genellikle büyük çapta dağıtım için ürünlerin tasarımıdır ve yaygın olarak üretim endüstrisinin profesyonel servisi olarak tanımlanır. Bunun yanı sıra endüstriyel tasarım terimine bağlı kısaltılmış ürün ömrü, ürünün malzemesi dayanıklı olduğu halde, yeni tasarımların piyasaya sunulması için hızla yeni trendlerin ortaya çıkarılması gibi diğer olgu büyük ölçüde sürdürülebilirlik adına sorgulanmaktadır. Çünkü bunlar sürdürülebilir ilkelere hiç bir şekilde bağdaşmamaktadır.

Endüstriyel tasarım ile sürdürülebilir tasarım farkları arasındaki bir başka konu ise tasarımın profesyonel hale gelmesini sağlayan olgulardır. Profesyonellik kategori etme, bölme ve aktiviteleri ayırma eğilimindedir. Endüstriyel tasarım tanımlanmış, profesyonel hale getirilmiş bir disiplindir. Oysa sürdürülebilir gelişim bütüncül, duyarlı bir yaklaşımın kendisinde ve daha gelişmiş bir ötesindedir.

Bunun sonucu olarak kullanılan terimler ve onların ima ettiği sistematik karakterlerin yardımcı olmaktan ziyade engel olduğu görülmektedir. Geleneksel sınırlar içinde tasarım hakkında düşünmek yerine daha sürdürülebilir yollar içinde yaklaşımlar gerçekleştirilebilir. Böylece sosyal refahın, çevresel yönetime ve ekonomik istikrara nasıl katkıda bulunabileceği düşünülebilir. Walker, “Bu konuyu nasıl düşünmeliyiz” sorusunu sormakta ve “yeni bir çerçeveye oturabiliriz” diye düşünmektedir. Anahtar kelimeleri tekrar tanımlayabiliriz. Örneğin endüstriyel tasarım yerine işlevli nesnelerin tasarımı, ürün tasarımı yerine malzeme geliştirme, problem çözme yerine deneyleme, uzmanlaşma yerine doğaçlama gibi kelimeleri kullanabiliriz (Walker, 2006).

Sürdürülebilirlik ile gelen bu kavramlar tasarımı da etkilemiştir. Hem çevrenin hem de ekonominin sürdürülebilirliği tasarım yapılırken bazı yöntemlerin ve araçların oluşmasına neden olmuştur. Örneğin bioTRİZ (Vincent, Bogatyreva, Bogatyrev, Bowyer, & Pahl, 2006), DANE (Vattam, Wiltgen, Helms, Goel, & Yen, 2010), BIRD (Murray, 2013), BioTOM (Pedro & Kobayashi, 2011) gibi araçlar bunlardan bazılarıdır.

1.4. Kapsam ve Sınırlılıklar

Bu çalışma, biyolojik olarak ilham almış tasarım için belirlenen fırsatları metodoloji kurmaya yönelik bir harekettir. Bu hareket biyolojik sistemlerin işlevselliğine dayanmaktadır.

Tez çalışması, hiçbir tasarımcıyı biyolojiden ilham alan bir tasarımcı yapmak için bir hedef önermemektedir. Sadece tasarımcıların eğitiminde sorulacak sorulara yenilerini getirip bununla birlikte ürün tasarlarlarken alternatif yollar sunmaktadır. Gelecekte de bu soruların ve yöntemin ne kadar ve nasıl uygulanacağı görülecektir.

Bu çalışmanın 3 adet önemli sınırlılıkları vardır. Birincisi önerilen anket yönteminin sadece Anadolu Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Bölümü öğrencilerine uygulanmış olması. Dolayısıyla ülkenin diğer üniversitelerinde bulunan endüstriyel tasarım bölümlerinde uygulanmamış olması bulguları genelleymeyeceğimiz anlamına gelmektedir. İkincisi ise çalışma için yeterli zamanın bulunmamasıdır. Kısa sürede yapılan anket ile birlikte isteğe bağlı katılımın olmasından ve dönem sonuna gelmesinden kaynaklanan nedenlerden dolayı çalışmanın derinliği yeterli düzeyde olamamıştır. Üçüncüsü ise uygulamaya katılan öğrencilerin doğa hakkında, doğadaki canlı organizmalar hakkında derinlemesine işlevsellik bilgilerinin olmayışı, bu konunun araştırılmasında yeterli bilgi birikimine ulaşılamayışı ve buna bağlı olarak biyotasarımın belli oranda yüzeysel kalmak zorunda oluşudur.

2. BİYO KAVRAMI VE BİYOLOJİ TABANI

Hayatın doğası her zaman filozoflar için bir bulmaca olmuştur. Fakat son yarım yüzyıldır hem bilimsel hem teknolojik hem de sosyal olarak önemli olaylar gerçekleşmekte, doğa bilimleri ile uygulamalı bilimler ve sanat arasındaki işbirliği, disiplinlerin tanınmasının geniş çapta yayılmasına neden olmuştur. Bu önemli olayların gerçekleşmesi üç nedenden dolayıdır:

a) Canlı ve cansız varlıkların kendi kendini kopyalaması ile ilgili olan temel prensiplerin çürümesi,

b) İşlevsel ve tarihsel biyolojinin kabul görmesi,

c) Sürdürülebilir uygulamaları yönlendiren biyolojinin temel prensiplerinin benzersizliğini somutlaştırmasıdır (Iouguina, 2013).

Biyolojiden bilgi almanın iki yönünün bulunduğu savunulmaktadır. Tarihsel boyutunda bilgi almak için neden diye sormaya başlanır. Oysa işlevsel biyoloji de nasıl sorusu ile bilgi almaya başlanır. İşte bu iki nedenden dolayı önce nasıl alınır diye sorulmuş, son dönemdeki yaklaşımlar da ise neden diye sorulmaya başlanmıştır.

Onca yılların geçmesi ile birlikte teknolojik, bilimsel ve sosyal üstünlüklerin biyologlara, fizikçilere ve çevre bilimcilerine sağladığı biyolojik araştırma bulguları, onları, uygulamalı bilim ve sanat alanlarından farklılaştırmıştır. Bugün birçok enstitü ve üniversite biyolojinin kavramsal rolünü çeşitli uygulamalı disiplinleri ile desteklemektedir. Bundan dolayı da farklı disiplinlerin biyoloji ile ilişkisinde ortaya çıkan yeni terimler türemiştir. Biyoformatik, biyoenerji, biyofili (yaşayan sistemlere duyulan sevgi), biyofizik, biyografik, biyoistatistik, biyotıp, biyotasarım gibi terimler ortaya çıkmıştır. Bu kavramlar içerisinde endüstriyel tasarımın da ilişkisi kaçınılmaz olmuştur. Bu sayede yeni yöntemler arama çabaları doğmuştur. Endüstriyel tasarım yöntemleri içerisinde sayılan biyomimikri, biyomimetik, biyonik gibi kavramlar ortaya atılmış ve bunlar zamanla uygulamaları ile birlikte günümüzde kendini ispatlamıştır.

Bugün gelinen noktada üretimin bazen ekonomik, bazen kaynak yetersizliği, bazen de pazarlama nedenleri ile biyoloji tabanlı araştırmalara gitmek zorunda kalmıştır. Bu süreçte hem mükemmelliği, hem de kaynak kullanımında sürdürülebilirliği devam ettirme konusunda biyoloji tabanlı çalışmalara ağırlık verilmiş, buradan çıkarılan veriler işlenmiş, bilgi olarak tasarım disiplinde kullanılmıştır.

Çalışmanın bu bölümünde biyo kavramının nasıl bir süreçle bilimde yer aldığı ve biyoloji tabanı açıklandıktan sonra biyolojik tabanlı disiplinlerin sınıflandırılması, güncelliğini koruyan yaklaşımları ve bu yaklaşımlara ait örnekler verilerek daha iyi tanımlanabilir bir çalışma ortaya konulacaktır.

2.1. Biyolojik Tabanlı Disiplinlerin Sınıflandırılması, Yaklaşımlar Ve Örnekleri

Biyolojik tabanlı disiplinlerin pratik bilgileri oluşmaya başladıktan sonra teorik çerçevelerine çok az zaman ayrılmıştır. Bunun nedenleri arasında bu disiplinleri uygulamaya kazandırmak, bu yaklaşımları teorik olarak bilime kazandıran insanların öğretimden ziyade uygulamaya yönelmesi sayılabilir. Bir süre sonra araştırmacılar arasında düşünce karmaşıklığına yol açmıştır. Özellikle terminoloji düzensizliği ve biyolojik tabanlı disiplinlerin teorik ilkelerinin birleştirilme konusu bu konuların başında gelmektedir. Basitçe söylemek gerekirse; “Biyonik, biyomimetik ve biyomimikri alanları tarihsel ve kültürel anlamda birbirlerinden nasıl ayırt edilir?” sorusuna cevap vermek bu disiplinlerin sınıflandırılmasında yardımcı olacaktır.

Yıllar geçtikçe bu alanlar kendine has bir takım ilkeler ve uygulama stratejileri geliştirdiler. Araştırmacılar bu farklılıkları ortaya çıkarmaktansa çeşitli alt kategoriler tanımlamayı seçtiler. Bu da biyolojik tabanlı disiplinlerin akademik ve profesyonel alanlara giriş için ve öğrenci hazırlamak için standart hale getirilmiş eğitim müfredatının gelişmesini sınırlamıştır ya da engellemiştir. Hâlihazırdaki etkin uzmanlar bu alanları nasıl tanımlar ve algılarlar?

Biyolojik perspektif diğer disiplinleri çok yoğun bir şekilde etkilemesine rağmen, tasarımcılar ve biyologlar engellenseler de biyolojiden aldıkları ilham ile

tasarım yapmaya devam eder ve bununla ilgilenirler. Bu engellemelerden bazıları kişisel iletişim ile ilgili olurken bazıları da terminolojideki karmaşadan doğan kültür engelleri olabilir. Ayrıca biyolojik tabanlı tasarım konusunda çalışan ve uygulama yapan öğrenciler ve profesyoneller bu alanda kullanılan terminolojiye ait ilkeler konusunda nasıl hemfikir olacaklardır?

Tüm bu sorulara tasarımcı bakış açısı ile cevap aramak adına araştırma ayrıntıya girecek ve son dönemde uygulanan biyo kavramlarından; biyonik, biyomimetik ve biyomimikri kavramları ana hatları ile tek tek ele alınacak ve örnekleri ile birlikte tanımlanacaktır.

2.1.1. Biyonik tasarım yaklaşımları ve örnekleri

Biyonik kelimesi etimolojik olarak incelendiğinde, biyoloji ve teknik kelimelerinin birleşiminden oluştuğu görülmektedir. Doğadan kopyalamayı, öykünmeyi ve öğrenmeyi içeren çalışma alanında kullanılan bir terim olan Biyonik, 1960 yılında Birleşik Devletler Hava Kuvvetlerinden Jack Steele tarafından Dayton'daki Wright-Peterson Hava Kuvvetleri Üssü'ndeki toplantıda türetilmiştir (Vincent, 2001). Biyonik, yaşayan sistemlerin yeteneklerindeki süreç bilgilerini tasarım sorunlarını çözmeye dönüştürmeyi amaçlar. Bu disiplin elektronik parça ve sistemlerin biyolojiden ilham almış tasarımı ile ilgilenir. Sistemlerde insan vücudunun parçalarını yenileme ve kullanım sürelerini artırmak üzerine çalışılmaktadır.

Biyonik yıllar geçtikçe Avrupa'da iyi tanınan bir alan olarak yoğunlaşmıştır (Wahl, 2006). Gelişimine bakıldığında Alman biyolog Werner Nachtigall, 1960'larda bu alanı bağımsız olarak kurar. Daha sonra Carmelo di Bartolo, Jurgen Hennicke ve Gabriel Songel bu alana katkı sağlayarak alanın devamını sağlamışlardır. Nachtigall "biyonik uygulayıcılarına işbirliği sürecinde rehberlik etmesi için ilkeleri bir set halinde formüle etmiştir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. W. Nachtigall tarafından formüle edilen biyotik prensipler

1. Ekleme yapı yerine bütünleştirme
2. Bireysel elemanların fazlalığından ziyade bütünün optimizasyonu
3. Tek fonksiyonellik yerine çok fonksiyonellik
4. Özel çevreye adapte edilmiş ince ayarlama
5. Enerji israfı yerine enerji kazanma
6. Doğrudan ya da dolaylı olarak güneş enerjisi kullanma
7. Gereksiz devamlılık yerine geçici sınırlama
8. Çöp topluluğu yerine toplam geri dönüşüm
9. Doğrusallık yerine ağ örgüsü
10. Deneme ya da hata yoluyla gelişme

Buna ek olarak İtalyan tasarım eğitimcisi Carmelo di Bartolo bu ilkelerin uygulanabilirliğini mühendislikten endüstriyel tasarıma doğru aktararak genişletmiştir (Birkeland, 2002) . Daha sonra 1970'lerde "Doğa odaklı tasarım ve biyotik" başlıklı gereklilikleri bir set haline getirerek konsept oluşturulmuştur. Bunu takiben Wahl, biyotik teriminin değişimindeki yaklaşımını doğa-kültür ilişkisi açısından tekrar tanımlamıştır. Bununla birlikte insan, toplum ve çevrede sağlık sinerjisini artıran salutojen (sağlık oluşumu) tasarım yaklaşımının eksik olduğunu da vurgulamıştır (Wahl, 2006).

Aşağıdaki örnekler biyotik tasarım yaklaşımları için oldukça ilginç boyutlarda olduğundan örnek olarak sunulmuştur.

Biyotik 1 Örneği;

Suya ilişkin ilham yüksek yararlılıktaki küçük arabaların bir sonraki nesli için başlangıç noktası olabileceği öngörülmektedir. Daimler Chrysler'deki araştırmacılar tropikal kutu balığının formunu temel alan, hali hazırdaki Mercedes Benz Biyotik Konsept Aracını ele almışlardır. Otomobilin önüne düşebilecek su damlacığı incelenmiş ve bu kutu balığının direnç katsayısı 0,06 iken, su damlacığının aerodinamik olarak ideal olan direnç katsayısı 0,04'e çok yakındı. Damlacık gibi balığın yüzünün tüm uzunluğa oranı çok küçüktür. Balığın bu yapısı, direnci artıran türbülansı oluşturmadan havanın hareketini teşvik eden akışkan yüzey ile birlikte iskelet benzeri bir görüntüye sahipti. Bütün bu özellikler otomobilin ön cephe tasarımına yansıtılmıştır (Boxfish - Bionic Car, 2015).



Şekil 2.1. Kutu Balığından Otomobil – İskelet Yapısı – Aerodinamik Testler için Çamur Modeli – DaimlerChrysler Prototip Biyonik Araç (www.biomimicry.net/boxfish www.daimler.com/dccom.html)

Biyonik 2 Örneği;

Kendi doğasındaki modeller gibi Biyonik Karıncalar da belirli kurallar altında beraber çalışmaktadırlar. Birbirleri ile iletişim kurmakta ve her birinin kendi içinde hareketleri uyumlu olmaktadır. Bundan dolayı yapay karıncalar; bireysel özerk bileşenleri, karmaşık görevleri ile tüm ağ tabanlı sistemlerde olduğu gibi doğadaki karıncaların sistemlerinin bir benzerini nasıl çözdüklerini göstermektedir.



Şekil 2.2. Biyonik Karıncalar (https://www.festo.com/PDF_Flip/corp/Festo_BionicANTs)

Yapay karıncaların müşterek davranışları henüz şaşırtmasa da, üretim metotları benzersiz olarak görülmektedir. Lazer bileşenleri görünen yapıları ile 3D MID¹ süreçleri ile süslenmiştir. Dolayısıyla tasarım ve elektrik fonksiyonları aynı zamanda sağlanmış olmaktadır. Bacaklarda tahrik teknolojisi içinde basınç teknolojisinin faydaları kullanılmıştır. Kullanılan bu tahrik teknolojisi hızlı olarak kontrol edilebilmektedir. Çok az enerji ile çalışmakta ve fazla yere ihtiyaç duymamaktadır (Bionic Ant, 2015).

Biyonik 3 Örneği;



Şekil 2.3. Fil Hortumundan Biyonik Kol (http://www.festo.com/cms/en-us_us/13096.htm)

Robotlar her zaman bilgisayarların sınırlarını zorlamaktadırlar, ama bilgisayar teknolojisi evrilmesinin devam etmesi sayesinde daha geniş çaptaki hareketler için daha karmaşık hesaplamalar mümkün olabilmektedir. Esnek kabiliyeti sayesinde esnek hareketler daha ileri seviyede tasarımlara yol vermektedir. Yeni bir “biyomekatronik dağıtım” sistemi de filin hortumunun yapısına dayanarak tasarlanmıştır. Alman mühendislik firması olan Festo tarafından tasarlanan biyonik dağıtım asistanı, yavaşça ağır yükleri nakleder, her omurdaki hava kesecekleri yardımıyla hava alıp verdikçe birim büzülüp genişler (Brilliant-bio-design, 2015).

Biyonik 4 Örneği;

Com-Bat adı verilen bu ürün 6 inç gözetleme aygıtı ile güneş, rüzgâr ve titreşim tarafından enerjisi sağlanmaktadır. Amerika Askeri Donanması tarafından uygulanan bu konsept askerler için gerçek zamanda veri toplama anlamına gelmektedir. Toplanan veriler için harcanan gücün ise sadece 1 vat olduğu belirtilmiştir.

¹ Molded Interconnect Device: Kalıplı Bağlantı Cihazı



Şekil 2.4. Yarasadan Casus Uçağına (<http://inhabitat.com/com-bat-solar-spy-plane/>)

Üzerine yerleştirilmiş mini mikrofonlar sayesinde farklı yönlerden gelen seslerin izlerini sürecektir, küçük detektörler sayesinde ise nükleer radyasyonu ve zehirli gazları tespit edebilecektir. Üstelik “kuantum noktalı güneş hücreleri” özelliği ile fotovoltaik (günümüzde güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren sistem) den iki kat faydalı olmaktadır. Askeri Donanma Michigan Üniversitesi’ni bu konsepti geliştirmesi için 10 milyon dolar hibe ile ödüllendirmiştir (Com-bat Solar Powered Spy Plane, 2015).

Son olarak İstakozlar da son dönemde araştırılan ve tasarımda biyonomik yaklaşıma örnek alınabilecek canlılar arasında yerini almıştır.

Dikenli istakozlar basit sinir sistemlerine sahip olmasına rağmen üst düzey bir yer bulma yeteneği sergilemektedirler. Florida Üniversitesi’nde yapılan bir araştırma, bu canlıların “patlayan nöronlar” adı verilen sinir hücreleri sayesinde koku kaynağını bulmada çok başarılı olduklarını göstermektedir. Bu araştırmaların sonuçlarının mayın gibi diğer patlayıcıların yerini bulmada yardımcı olması öngörülmektedir. Böylece gelişmiş elektronik cihazların tasarlanmasına yardımcı olabilecektir (Pirge, 2015).



Şekil 2.5. Dikenli Istakoz (Pirge, 2015)

Biyonik tasarım örnekleri biyo kavramını biyo+teknik içeriğinde mükemmel tanımlayan örneklerdir. Bu mükemmellik canlı organizmanın işlevsel özelliğini öne çıkarmakta, buna paralel olarak doğrudan benzeme özelliğini de asla ihmal etmemektedir.

2.1.2. Biyomimetik tasarım yaklaşımları ve örnekleri

Oxford İngilizce Sözlüğü biyomimetik terimini bilim dalı olarak biyomimetik malzeme, metotların kullanımı ve gelişimi olarak tanımlarken, biyomimetik kelimesini ise kimya orijinli biyokimyasal süreçlerin taklidini yapan sentetik metot olarak sunmaktadır (Turnbull, 2010).

Biyomedikal mühendisliğin kurucusu olan Otto Schmitt (Patterson, 2009), resmi olarak da biyomimetik terimini yunanca hayat anlamındaki *bios* ve taklit anlamındaki *mimesis* kelimelerinden türetmiştir (Bar-Cohen, 2006).

Bugüne kadar biyomimetik araştırmalar yedi alt kategoride tanımlanmıştır ve genişleyerek devam ettiği söylenir:

- Optimizasyon,
- Mimarlık ve tasarım,
- Hafif alaşımlı yapılar ve malzemeler,
- Kesişen yüzeyler,
- Akışkan dinamiği,
- Biyomekatronik ve robot teknolojisi,
- İletişim ve sensor (Speck & Speck, 2008).

Biyoloji ve tasarım arasındaki aktarım sürecinde başarılı bir çıktı almak için; renk ve şekil gibi yüzeysel seviyede katkının taklidi olan yerel benzetimlerden yapı ve işlevin taklidi olan daha uzaktakinin öneminin altı çizilmiştir (Dahl & Moreau, 2002).

Biyomimikri ve biyonik ile karşılaştırıldığında, biyomimetik prensiplerinde doğanın mekanik yetenekleri (Çizelge 2.2) temellendirilmekte ve doğadan alınan özel örnekler kaynak gösterilmektedir (Bar-Cohen, 2006):

Çizelge 2.2. Biyomimetik Prensipler (Mekanik Yetenekler)

1. Ejderha gibi büyük bir manevra kabiliyeti ile birlikte uçma
2. Geko kertenkelesi ² gibi yumuşak ve sert duvarlara yapışma
3. Bukalemun gibi çevreye doku ve şekil olarak uyum sağlama
4. Gerçek zamanda üç boyutta karmaşık süreç
5. Çok yüksek yararda operasyon için hareketli geri dönüşüm
6. Etraftaki kaynaklar kullanılarak kendi başına büyüme ve benzerini yapmak
7. Kimyasal olarak üreme ve enerji depolama

Karmaşık çevrede bağımsız olarak çalışan çok önemli yeteneklerden bazıları çok fonksiyonlu görevler sağlar ve beklenmedik değişikliklere uyum sağlayabilir. Bazı özellikler sadece taklit eden değil doğayı da aşan mekanizmalar ile sonuçlanmaktadır (Bar-Cohen, 2006).

² Geko Kertenkelesi: Sıcak iklimlerde yaşayan, sestem hoşlanan ve dillerini damağa sürterek ses çikaran, iri gözlü gececi kertenkele familyasıdır. İyi tırmanıcıdırlar (Demirsoy, 2015).

Biyomimetik prensiplerde geçen bukalemun ve geko kertenkelesi bilinen en tipik örneklerdir.



Şekil 2.6. Bukalemun (Sağda) <http://cirdani.deviantart.com/art/Chameleon-433862327> ve Geko Kertenkelesi (Solda) <http://juhaniviitanen.deviantart.com/art/Gecko-338749434>

Biyomimetik yaklaşımın en güncel örneklerinden sadece birkaçı aşağıdaki gibi sunulmuştur.

Biyomimetik 1 Örneği;

Boston Dinamik'in büyük köpeği yaklaşık 92 cm uzunlukta, 108 kg ağırlığında ve aynı bir hayvan gibi eklemli dört bacağı sahiptir. Dengede durabilir, kendini yönlendirebilir, koşullara bağlı olarak hareketini ayarlayabilir. Hatta karda ve suda yürüyebilir ve çamurlu yürüyüş yollarını tırmanabilir ve düştüğünde kendi kendini doğrultabilir (Not Science Fiction, 2015).

Büyük köpek hidrolik tahrik sistemi ile yönetilen bir mühendislik ile güçlendirilmiştir. Ayaklarındaki eklem sayesinde uyumlu elemanlar ile birlikte şok bir hareketi absorbe edecektir.

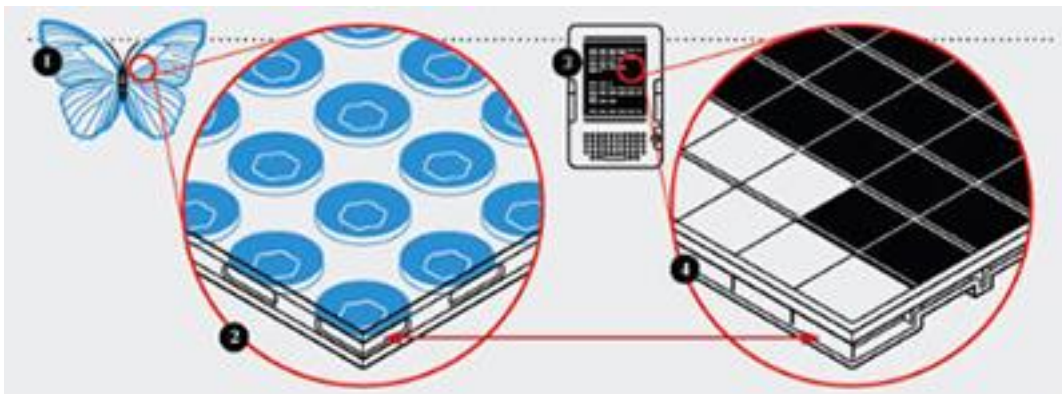
Büyük Köpeğin üzerindeki bilgisayar kontrol kartı ile hareket yeteneği, sensörlerin ve işleyicilerin işlemesi ile kullanıcıya iletişim sağlayacaktır. Hareket yeteneği için sensörler pozisyon ekli, güç ekli, iletişim temelli, yük temelli, jiroskop, Işıklı radar ve görsel sistem içerirler (Bigdog Robot, 2015).



Şekil 2.7. Köpekten Engebeli Arazi Robotuna (www.bostondynamics.com/bigdog.html)

Biyomimetik 2 Örneği;

Renksiz, yarı saydam zar ve mikroskobik büyüklükte katmanlarla kaplı kelebeklerin kanadına güneş ışığı vurdukça aynı bir prizma gibi yansımalar belirmektedir. Işık zarın içinden geçmekte, kanat çırpıldıkça farklı dalga boyutlarında ışıklar kırılacaktır. Bu dalgalarda renklerin açıp kapanmasını sağlayacak böylece kanat pırıltılı bir hal alacaktır.



Şekil 2.8. Kelebek Kanadından Dijital Ekran
(http://www.businessweek.com/magazine/content/10_19/b4177036185289.htm)

Mirasol ekranda iki cam panel ve renkleri ekrana yansıtan ufak aynalarla birlikte bu etkiyi kopyalayacaktır. Aynalar üzerinden ışığın rolü bireysel hücreler içindeki renkleri belirleyecektir. Aygıt en güçlü ışıkta parlak bir renk ulaştıracak,

sadece ekran tazelendiğinde güç alacaktır. Bu da şu anlama gelmektedir; yapay ışıktan ziyade çevreden doğal ışığı kullanacaktır. LCD ekranların aksine karanlık odada çalışmayacak ve e-okuyucu durumunda arka ışığa gereksinim duyacaktır (How 'Mirasol' Imitates Butterfly Wings, 2015).

Biyomimetik 3 Örneği;

Dünyanın suya susamış ve pratik zekânın yeterince işlemediği yerlerinde, herkes için temiz ve güvenli su içmenin ne kadar önemli olduğu açıkça ortadadır. Bu acil ihtiyacı gören ve bulunduğu ortamda çözüm arayan tasarımcı sisten su edinmek ve toplamak gibi bir fikir geliştirmiştir. Çiğ bankası şişesi tasarımı Pak Kitae sis böceklerinden taklit etmiştir. Sis böcekleri her gün kendine yetecek suyun kendi ağırlığının % 40'ına tekabül eden kısmını bu şekilde toplamaktadır.

Bu tasarımda çiğ tanelerini nesnenin sırtında bulunan kabartılar sayesinde toplamayı başarmıştır. Şişenin paslanmaz çelikten bir kubbesi vardır. Böylelikle nesne sabah havadan daha soğuk olduğu için ve formundan dolayı çiğ taneleri bu kanallardan kayarak toplanmaktadır. Şişe her gün bir kupa kadar su toplamaktadır ki bu yaşam ile ölüm arasındaki birisi için farklılık katacak anlamına gelmektedir (İnspired-by-insects, 2015).



Şekil 2.9. Sis Böceğinden Çelik Şişeye (<http://inhabitat.com/beetle-inspired-bottle-harvests-drinking-water-from-thin-air/>)

Biyomimetik 4 Örneği;

Pırlıtısına rağmen hangi açıdan bakılırsa bakılısın, Brezilya beği olan farklı boyutlardaki L. Augustus beği yeşilin tonları şeklinde gzmektedir. Bu çok da etkileyici gibi gelmeyebilir ama bilim insanları için optik bilgisayar yongaları mühendisliğinde yıllarca ellerinde bulunan bir problemin anahtarı olabileceği kanısında idiler. Her bölme bir petekle kristal içermektedir. Aynı optik programlama içinde gerekli duyulan fotonik kristaller için model sağlayan bir yapının iç kısmı gibidir (Inspired-by-insects, 2015).

Lauren Richey bu araştırmaya, parlak Brezilya beğinin içinde olduğu bilimsel bir proje olarak başlasa da, araştırması elektrikten daha ziyade ışığı kullanan ultra hızlı bilgisayarları kovalaması olarak ileriye gitmektedir. Biyomimetiğin kimya orijinli bir yaklaşım olduğu ve fizikten aldığı prensiplerle de örneklerini oluşturduğu görülmektedir. Doğadan ilham alan yaklaşımlar içerisinde, alan olarak kıyaslandığında daha geniş bir doğa incelendiği görülür.



şekil 2.10. Ağustos Beğinden Ultra Hızlı Bilgisayarlara
(<http://cdn.physorg.com/newman/gfx/news/hires/1009-39129.jpg>)

2.1.3. Biyomimikri tasarım yaklaşımları ve örnekleri

Janine Benyus doğal kaynak yönetimi lisansıyla Rutgers Üniversitesi'nden mezun olmuş, doğa bilimleri yazarlığı yapmış ve doğadan ilham alan inovasyon adlı kitabı da olmak üzere altı kitap yazmıştır. Bu alanın kurucusu olarak kabul edilmektedir.

Biyomimikri terimi; doğada kullanılan üç parametre üzerine tanımlanmıştır: model, ölçü ve danışman. Bundan dolayı biyomimikri sadece taklit etme ya da doğadan ilham almak değildir. Aynı zamanda inovasyonun uygunluğunu değerlendiren ekolojik standartları kullanır. Sadece dünyadan ne aldığımız değil de ondan ne öğrendiğimiz üzerine temellenir (Benyus, 1997).

1970'lerde önerilen ekolojik ve biyolojik olarak bilgilendirilmiş tasarımın dokuz prensibi varken 1984'te Nancy Jack Todd ve John Todd bu öneriye ekleme yaparak doğal tasarımın prensiplerinin (Çizelge 2.3) sayısını ona çıkarmışlardır (Wahl, 2006):

Çizelge 2.3. Doğal Tasarım Prensipleri (Todd & Todd, 1984)

1. Yaşam dünyası bütün tasarımcılar için matristir.
2. Tasarım hayatın kanunlarına karşı değil onları takip etmelidir.
3. Biyolojik eşitlik tasarımı belirlemelidir.
4. Tasarım biyolojik bölgeselliği yansıtmalıdır.
5. Projeler geri dönüşebilir enerji kaynakları üzerine temellenmelidir.
6. Tasarım yaşam sistemleri ile bütünleşerek sürdürülebilir olmalıdır.
7. Tasarım doğal dünya ile birlikte evrilebilir.
8. Yapılar ve tasarım gezegenin iyileşmesine yardımcı olmalıdır.
9. Tasarım mükemmel ekolojiyi takip etmelidir.
10. Herkes bir tasarımcıdır.

Fritjof Capra – ekolojik okuryazarlık merkezi kurucusu – tarafından genişletilen ekoloji prensipleri (Çizelge 2.4) doğanın dili olarak dönüştürülmüştür (DeKay, 2011). Ekolojik ve insan toplulukları arasındaki bağlantı algısal değişime sebep olmuştur.

Çizelge 2.4. Ekolojik prensipler (Capra, 2015)

1. Dönüşüm: Sürekli dönüşüm içinde yer alan iç ve dış kaynaklara bağlı olarak ekolojik çevrenin üyeleri dönüşüm içindedir.
2. Ağ örgüsü: Bütün yaşayan varlıklar ekolojik sistem içerisinde birbirine bağlı ve birbirleriyle ilişki içindedir.
3. İç içe sistemler: Her bağımsız sistem büyük sistemlerin içinde bütüne eklemlenmiştir.
4. Akışkanlık: Her organizma hayatta kalmak için sürekli bir enerji akışkanlığına ihtiyaç duyar.
5. Gelişme: Bütün yaşamlar zamanla değişir, gelişir, öğrenir, uyum sağlar.
6. Dinamik denge: Ekolojik topluluklar geri besleme döngüleri ile hareket ederler.

Biyomimikrinin prensipleri evrilerek deneyimlenmektedir. Bunun devam ettiğini 2009 sürümünün 2011 yılında Kosta Rica'daki Biyomimikri çalıştayında bazı değişiklikler geçirdiğini görmekteyiz. Bu değişiklikler Ohio Biyomimikri Eğitim Zirvesi'nde tanıtılmıştır. Bundan sonra biyomimikrinin prensiplerinin son sürümü Biyomimikri Enstitüsü tarafından önerilmiştir. Şu an için en kapsamlı araç, en önemli ve etkili bileşen olarak deklare edilmiştir (Biomimicry 3.8.Net, 2015).

Burada verilen örnekler bu yaklaşım da hem teorik incelenmiş hem de pratik olarak uygulanmaya konulmuştur.

Biyomimikri 1 Örneği;



Şekil 2.11. Nilüfer Bitkisinden Lotusan Boya (www.deviantart.com/lotus)

Nilüfer çiçeğinin bilimsel analizi ile bataklık suyunu temizlenmesi saptanmıştır. Bu sayede kendi kendini temizleyen inovatif boya geliştirilmiştir. İngiliz Sto AG firması tarafından Lotusan adı ile üretilmektedir. Wilhelm

Barthlott tarafından geliştirilen boya kurduğunda, nilüfer yaprağı gibi doğadan taklit edilerek kendi kendini temizlemektedir. Mikro dokulu yüzey süper hidrofobiktir. Bu özelliği suyun akışkan bir şekilde boncuk boncuk olmasını sağlamaktadır. Kir ve su arasında güçlü yapışkan olduğu için su kiri dışarı taşımaktadır. Buna “Lotus Etkisi” denmektedir (Lotusan, 2015).

Biyomimikri 2 Örneği;

Optik özelliği veya ışığı farklı yollarla yansıtması özelliği gibi pigmentleri anlama geniş bir ilgi alanı olmuştur. Kaliforniya’da bulunan Flex Ürünleri optik değişebilir pigment isimli bir ürün ortaya çıkarmıştır. Bu ürün aynı bir sabun köpüğü gibi gelen ışığın izlerinin benzerini sunmaktadır. Bakış açısına bağlı renkleri değiştiren bu pigmentler şu anda Amerika kâğıt paralarında kalpazanlığı önlemek amacıyla kullanılıyor.



Şekil 2.12. Morfo Kelebeğinden Renkli Kumaş (<http://www.asknature.org/product/deepa>)

Deepa Tekstil kelebekteki yapıdan kaynaklanan ışığın yansıtması özelliğine dayanan doğal zekâ diye adlandırdıkları parıltılı bir kumaş önermektedir. Kelebeğin kanadında ufak boyutlar ışık dalgalarını kırılmaktadır. Böylece renkler çoğalmış oluyor, kimyasal pigmentten ziyade algılara dayanan renkler ortaya çıkmaktadır.

Biyomimikri 3 Örneği;

Japon hızlı treni olan Shinkansen 500’deki en önemli problem hızla doğan gürültü seviyesinin yönlendirilmesi idi. Bu konu kuşlar dünyasından aktarılan bir strateji ile birlikte çözülmüş oldu. Bir diğer ilham kaynağı yalıçapkını kuşu idi. Uzun gagasının aerodinamik yapısı sayesinde su içindeki avını sessizce avlayabiliyordu. Kuşun havayı konik biçimde delmesi trenin uç kısmına model

olmuştur. Bu form tünele girip tünelden çıkarken başarılı bir şekilde hava direncini değiştirmeyi sağlamıştır.



Şekil 2.13. Yalıçapkını Kuşundan Hızlı Tren (<http://biomimicry.org/biomimicry-examples>)

Biyomimikri 4 Örneği;

Entropi Halı doğal olarak orman yüzeyinde gelişigüzel gibi görünen yaprakların ve nehir yataklarında bulunan taşların kendi düzeninden esinlenerek geliştirilmiştir. David Oakey ve Interface firması tarafından başlatılan proje yeni tasarım platformunda devrim niteliğindedir. Daha az artık, halının hava alması, monte edilirken yapışkan olmaması bu ürünün birkaç özelliğidir.



Şekil 2.14. Yüzeydeki Yapraklardan Entropi Halı (<http://www.interface.com/US/en-US/detail/entropy-metamorphosis>)

Biyomimikrinin deklare edilen son ekolojik prensiplerindeki maddeleri örneklerde uygulanarak görülmektedir. Gelişmenin, dinamik dengenin halıya yansımış hali, ağ örgüsünün kuşun gagası ile gelen sessizliğini koruduğu

görülmektedir. Bu da bize doğanın sadece form etkisi ile değil danışmanın ilke olarak içinde olduğunu göstermektedir.

2.1.4. Seçilen kavramların benzer ve farklı yönleri

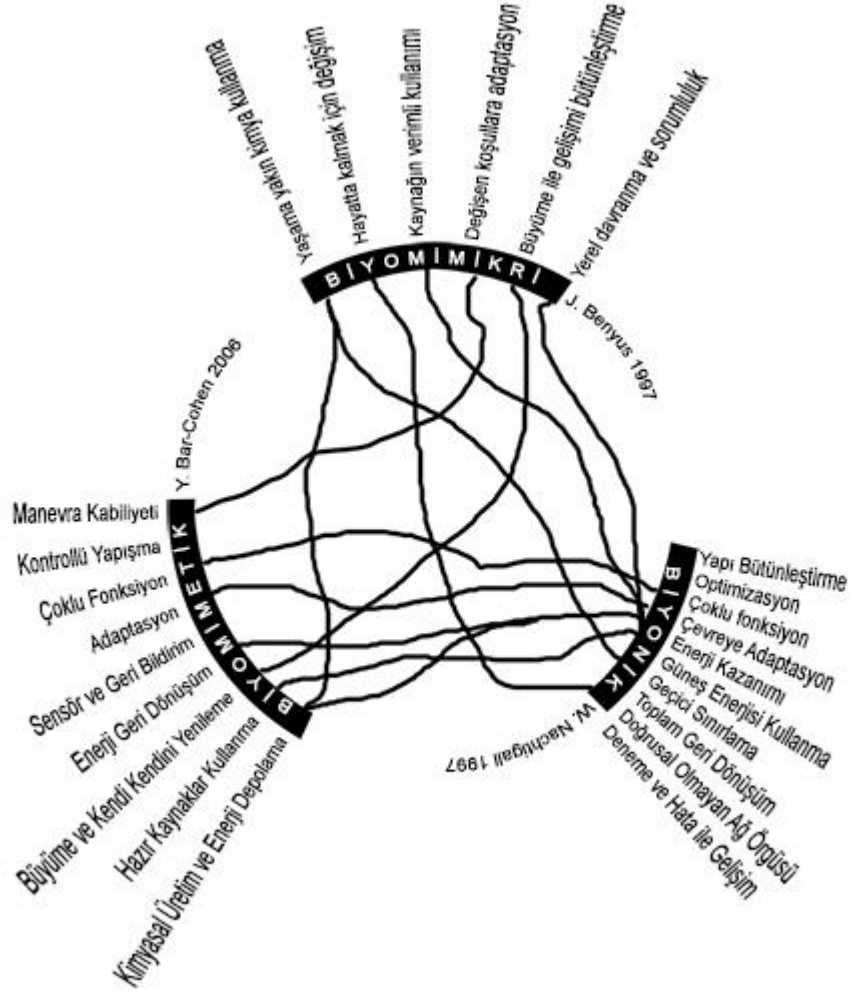
Çalışmanın bu bölümünde seçilen yaklaşımların genel özellikleri, kim tarafından ne zaman literatüre sokulduğu, ne aşamalardan geçtiği ve hangi prensiplerle uygulandığı ortaya konulmuştur. Bu yaklaşımların farklı ve benzer yönlerini bir arada görmek için tablo haline getirilmiştir (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5 Seçilen Yaklaşımların Karşılaştırılması

No	Biyonik	Biyomimetik	Biyomimikri
1	Ekleme yapı yerine bütünleştirme	Ejderha gibi büyük bir manevra kabiliyeti ile birlikte uçuşma	Yaşam dünyası bütün tasarımcılar için matristir.
2	Bireysel elemanların fazlalığından ziyade bütünün optimizasyonu	Geko kertenkelesi gibi yumuşak ve sert duvarlara yapışma	Tasarım hayatın kanunlarına karşı değil onları takip etmelidir.
3	Tek fonksiyonellik yerine çok fonksiyonellik	Bukalemun gibi çevreye doku ve şekil olarak uyum sağlama	Biyolojik eşitlik tasarımı belirlemelidir.
4	Özel çevreye adapte edilmiş ince ayarlama	Gerçek zamanda üç boyutta karmaşık süreç	Tasarım biyolojik bölgeselliği yansıtmalıdır.
5	Enerji israfı yerine enerji kazanma	Çok yüksek yararda operasyon için hareketli geri dönüşüm	Projeler geri dönüşebilir enerji kaynakları üzerine temellenmelidir.
6	Doğrudan ya da dolaylı olarak güneş enerjisi kullanma	Etraftaki kaynaklar kullanılarak kendi başına büyüme ve benzerini yapmak	Tasarım yaşam sistemleri ile bütünleşerek sürdürülebilir olmalıdır.
7	Gereksiz devamlılık yerine geçici sınırlama	Kimyasal olarak üreme ve enerji depolama	Tasarım doğal dünya ile birlikte evrilebilir.
8	Çöp topluluğu yerine toplam geri dönüşüm		Yapılar ve tasarım gezegenin iyileşmesine yardımcı olmalıdır.
9	Doğrusallık yerine ağ örgüsü		Tasarım mükemmel ekolojiyi takip etmelidir.
10	Deneme ya da hata yoluyla gelişme		Herkes bir tasarımcıdır.

Yaklaşımların prensiplerinin hangilerinin çakıştığını görmek için Şekil 2.15 deki görsel incelemeye yardımcı olacaktır. Bazı ilkelerin her üç yaklaşımda farklı ve ya aynı isimle çakıştığı burada daha fazla belirgin hale gelmektedir. Örneğin; biyomimikri yaklaşımında yer alan “yaşama yakın kimya kullanımı”

ilkesi biyonik yaklaşımında “geçici sınırlama” ilkesine, biyomimetik yaklaşımında ise “kimyasal üretim ve enerji depolama” ilkesine denk gelmektedir.



Şekil 2.15. Yaklaşımların Çakışarak Karşılaştırılması

Yaklaşımların prensiplerine bakıldığında çıkış noktasından kaynaklanan ve her yaklaşımın bir öncekine göre daha üste evrilerek genelleştiği görülmektedir. Yakın olduğu disiplin yaklaşımların prensiplerini büyük ölçüde etkilemiştir. İçerik olarak anlatmak istedikleri prensipler birbirleri ile örtüşmektedirler.

2.1.5. Biyo kavramların araştırılmasının önemi

Tasarımcı olarak doğadan ve biyolojiden gelen kavramları ve fikirleri birleştirmeye ve sahiplenmeye başlaması ile birlikte tasarımcılar ve biyologlar

arasında daha geniş çaplı bağlantılar kaçınılmaz olacaktır. Etkili iletişim ve disiplinler arası işbirliği için kimi terimlerin yaygın anlamı önemli hale gelmiştir. Söylemin anahtar kelimeleri hem tarihi hem de çeşitli disiplinlerin kültürü ile şekillenmektedir. Kökenleri biyofizik ve sibernetik olan biyonik ve biyomimetik alanları birçok benzerlikleri sergilemektedirler. Buna karşın biyomimikri ekoloji ve çevre bilimlerinden beslenmektedir. Biyonik ve biyomimetik alanları 1960'larda hayvanlar ve makineler üzerine yapılan bilimsel çalışmaların artması ile oluşmuştur. Biyomimikri alanı ise yaşayan sistemler teorisinin 1970'ler öncesindeki düşüncelerin yansıması sonucunda oluşan sentez ile 1990'larda yükselişe geçmiştir. 1970'lerde çeşitli hareketler doğal tasarımdan, 1980'lerde endüstriyel ekolojiden formlarını almışlardır. 1990'ların sonunda ise biyomimikri alanı doğmuştur.

Bilgi aktarım metotları eğitimciler tarafından biyonik, biyomimetik ve biyomimikri alanlarının sergiledikleri benzer tümevarım ve tümdengelim karakterleri ile önerilmiştir. Tümevarım ve tümdengelim yaklaşımları biyonik konusu ile Avrupa'ya olgunlaşmış bir alan olarak giriş yapmış ve 1970'ler ve 1980'lerde eğitim enstitüsünün müfredatına eklenerek devam etmiştir. Thomas Speck ve Olga Speck 2006 yılında biyomimetik alanında değişik metotları tanıtmıştır. Son olarak biyomimikri enstitüsündeki uzmanlar biyolojiden tasarıma ve problemden biyoloji tasarımına spiralini önermişlerdir. Bu üç yaklaşımın ilkeleri yıllar boyunca aktarım ile tecrübelenip bugünkü halini almıştır.

Doğadan esinlenme yani biyo kavramların incelenmesi doğanın tekniğini anlamak için ve bu teknikleri kullanmak için uygulayıcılar adına önemlidir. Doğadan esinlenme genelinde özellikle ön plana çıkmış ve en fazla benimsenmiş üç yaklaşımın genel özellikleri teorik olarak verilmiştir.

Bununla birlikte yaklaşımların adımları daha iyi anlaşılması bakımından örnekler üzerinden açıklanmıştır. Bu üç yaklaşımın çıkış noktaları ortaya koyulmuş ve hangi disiplinlere daha yakın durdukları görülmüştür. Bu sayede yapılacak doğadan esinlenme çalışmasının hangi yaklaşımla ve izlenecek yolun tespit edilmesi kolaylaşmıştır. Bir sonra ki bölümde bu araştırmanın biyolojik tabanlı lisansüstü tezler üzerine yapılan literatür taramasında katkı sağlaması ve taramanın bu yaklaşımları kapsayan bir çerçevede çizilmiş olması beklenmektedir.

3. BİYOLOJİK TABANLI LİSANSÜSTÜ TEZLERİN LİTERATÜR TARAMASI, ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Analiz çalışmalarında literatür taraması, yapılan yayın türü dikkate alınmadan o alanda yayınlanmış doktora tezleri, yüksek lisans tezleri, hakemli ya da hakemsiz dergilerde yayınlanmış makaleler, seminerler, konferans sunumları, bildirimler gibi tüm araştırmalar dikkate alınarak yapılmaktadır. Ancak bazı yüksek lisans ve doktora tezlerinden, aynı zamanda makale, bildiri gibi yayınlar da sunulmaktadır. Bu nedenle veri kaynağı olarak sadece doktora ve yüksek lisans tezleri bu araştırma kapsamına alınmıştır.

3.1. Lisansüstü Tezlerin Literatür Taraması

Protokol Analizi, insanlar tarafından bir fonksiyonu hesap etmek için kullanılan işlemler ile ilgili olarak delilleri toplayan deneysel yöntemdir. Bununla birlikte konuları, bir problem çözmek için yüksek sesli düşünerek denemektir ve konulardaki sözlü davranışların analiz edilmiş temel verilerini şekillendirmektedir (Dechesne, 2015).

Protokol analizin bir başka tanımı da şöyle yapılmaktadır; insanlar tarafından kullanılan protokolü taklit etmek veya yeniden yapılandırmaktır (Dechesne, 2015). Protokolün standart örneklerinden biri şöyledir; insanların cevaplama zor bir soruyu çözmek için kullandıkları mekanizmalardır. Bu mekanizma aritmetik problem şifresi olarak tanımlanmaktadır.

Bilişsel bilimde protokol analizin bir adımı, sözlü tanımlamayı incelemektir. Çalışılan konunun problem boşluğu yerine sözlü protokol kullanmaktır. Problem boşluğu ise, problem ile ilgili olarak ifade edilen bilginin aktarımında kullanılan kurallar bütünüdür (Dechesne, 2015). Protokol analizinin amacı, insanların bunu nasıl yaptıklarını yansıtan özel araştırma algoritmasında nokta atışı yapmaktır (Trickett & Trafton, 2014). Burada içerik analizinin, protokol analizin önemli bir parçası olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Bundan dolayı çalışmanın bu bölümünde içerik analizi daha detaylı bir şekilde açıklanacak

ve protokol analizinin sadece içerik analiz kısmı kullanılarak çalışmaya yön verilecektir.

Ülkemizde konuyla ilgili olan yayınlanmış tezler Yüksek Öğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi'nden Türkçe olarak 'biyomimikri', 'bionik', 'biyomimetik', 'biyotasarım' anahtar kelimeleri kullanılarak taranmıştır. İngilizce olarak da 'biomimicry', 'bionic', 'biomimetic', 'bio-inspired', 'biologically inspired (biyolojik olarak ilham alınmış)' ve 'biodesign' şeklinde incelenmiştir. Yapılan tarama sonucu toplamda 107 yüksek lisans ve doktora tezi elde edilmiştir.

Son yıllarda Dünya'da ve Türkiye'de sürdürülebilirlik alanında yaşanan gelişmelere paralel olarak, biyomimikri konusunda da bilimsel çalışmaların sayılarında artışlar meydana gelmektedir. Yapılan çalışmaların içeriği ve bilimsel niteliğinin araştırılması sayıların artması ile önem kazanmıştır. Bu anlamda biyomimikri alanında yapılan çalışmaların incelenmesi, kullanılan metotların ve eğilimlerin ortaya çıkarılmasında ve ne tür çalışmalara gerek duyulduğunun tespit edilmesinde önemli bir araç olarak kullanılabilir.

Tarihsel sürecine bakıldığında isim değiştirerek gelen, temelinde aynı mantıkla yapılan çalışmalar çok eski tarihlere dayanmakla birlikte incelenen çalışmalar son dönemde tamamlanarak ve direkt ilgili çalışmalarla bağlantı kurularak sınırlandırılmıştır. Bu alanda yapılan ilk çalışmalar 1997 yılında ortaya çıkmıştır. Bu tarihten günümüze değin 107 lisansüstü tez bu çalışma için incelenmiştir (Ek 2 – Meta Analize Dâhil Edilen Çalışmalar).

3.2. Protokol Analizi Bağlamında İçerik Analizi ile Çalışmak

İçerik analizinin herkesçe kabul edilecek bir tanımını yapmak güçtür. Holsti'ye göre (1968) tanımın değişiklik göstermesi yeni sorunlara, materyallerin değişiklik göstermesine, teknolojinin gelişmesine ve buna bağlı olarak yeni iletişim araçlarının ortaya çıkması gibi nedenlere bağlıdır (Öğülmüş, 1991). Bu nedenle içerik analizi tanımı yerine literatür de geçen birkaç tanımla yetinmek doğru olacaktır.

Barelson'a göre (1952) içerik analizi, bir iletişimin görünen içeriğinin nesnel, sistemli ve nicel olarak betimlendiği bir araştırma tekniğidir (Öğülmüş, 1991).

Janis'e göre (1949) içerik analizi; bilim insanı olarak onun yargılarına güvenmek koşuluyla, formüle edilmiş kurallarla analiz grubunun yargılarına bağlı kalarak iletişim araçlarının sınıflandırılması ve çözümlenmesidir (Öğülmüş, 1991).

İçerik analizinde araştırma yapmanın üç temeli vardır. Bir araştırmacı; ya metnin özellikleri ya mesajdan önceki koşulları ya da iletişimin etkileri hakkında çıkarım yapmak amacıyla mesajları analiz edebilir. Böylece araştırmacı bir konuda yayınlanan ve zaman içerisinde meydana gelen değişimleri saptayabilir.

İçerik analizi, bilhassa veriye ulaşma sorunu olduğunda ve araştırmacının ulaşabileceği veri, bireylerin verdikleri mesajlarla sınırlı olduğunda izlenecek yararlı bir yoldur.

İçerik analizlerde yüzeysel geçerlik sık başvurulan bir yöntem olmakla birlikte eğer araştırma salt betimsel bir amaçla yapılıyorsa bu yeterli görülebilir.

Bu çalışmada Türkiye'de ve Dünya'da çeşitli bilim dallarında yüksek lisans ve doktora programlarına sahip enstitülerin bu alanda hem disiplinler arası hem de doğrudan yapılan tezlerin tam metinleri incelenmiştir. Analiz edilen tezlerden çıkarılan veriler, içerik analizi yöntemiyle belirlenen değişkenlere göre sınıflandırılıp bu alanda durum saptaması yapılmıştır.

Çalışmanın bu bölümünde öncelikle bu alanda yapılan çalışmalara ilişkin bir literatür taraması özetine yer verilmektedir. Bir sonra ki bölümde çalışmanın hazırlanmasında kullanılan materyal ve yöntem, daha sonra elde edilen bulgulara yer verilecektir. Bu bölümün son kısmında ise çalışmada elde edilen sonuçlar değerlendirilecektir.

Çalışmanın amacı öncelikle biyolojik tabanlı araştırmalar konusunda bugüne değin yapılmış yüksek lisans ve doktora tezlerinin kapsamalarını ortaya çıkarmaktır. Bu doğrultuda incelenen tezlerin hangi disiplinler tarafından

çalışıldığının tespit edilmesi ve araştırmaların yöntemsel boyutlarının ortaya çıkarılması hedeflenmektedir.

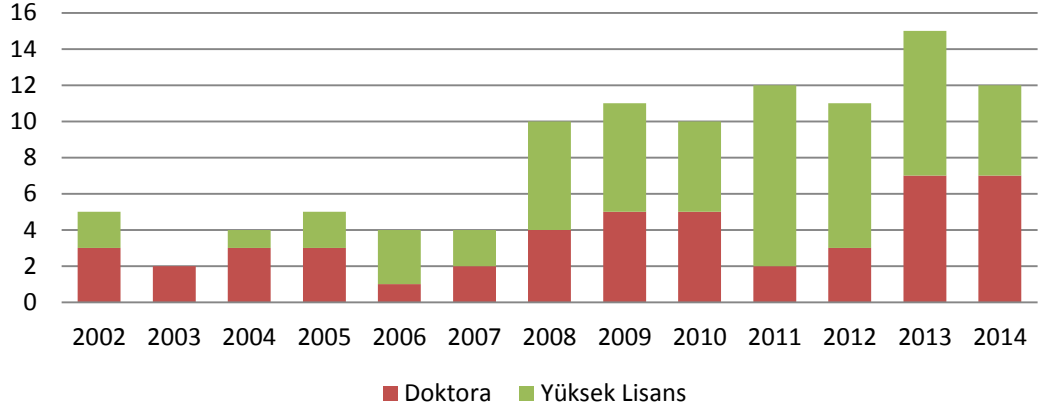
Altunışık'a göre; "Betimsel bir desen üzerine kurulmuş olan çalışmada, veriler içerik analizi yöntemi ile incelenir. Betimsel analizde elde edilen veriler, önceden belirlenen başlıklar altında özetlenir ve yorumlanır. Veriler araştırma sorularına göre sınıflandırılabilceği gibi, veri, toplama aşamasında elde edilen ön bilgiler ışığında da düzenlenebilir. Bu analizin amacı ham haldeki verilerin ilgili bilim insanların anlayabileceği ve isterlerse kullanabileceği bir şekilde dönüştürülmesidir. Bu amaçla elde edilen veriler önce mantıki bir sıraya göre konulur. Daha sonra yapılan sınıflandırmalar yorumlanarak sonuca ulaşılır." (Altunışık vd., 2010:322)

Altunışık'ın açıklamasında belirttiği üzere, yüksek lisans ve doktora tezlerinin birer ham veri olarak ele alınması ve bazı değişkenlere göre sınıflandırılması önem kazanmıştır.

3.3. Lisansüstü Tezlerin İçerik Analizi

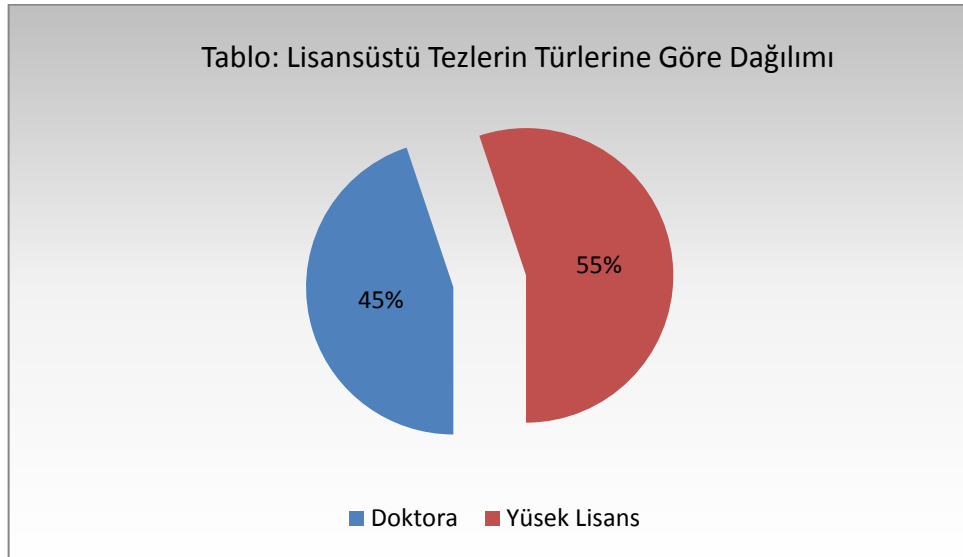
Bu bölümdeki tezlerin içerik analizinin yapılmasının amacı doğadan ilham alınan yöntemlerin bilimi ne kadar, hangi bilim dallarında ve ne düzeyde etkilediğini görebilmektir. Bu sayede yapılan çalışmanın nerelere ulaşabileceğini ve yapılan çalışmanın etkisinin olabileceğini görmektir.

Bu amaçlar doğrultusunda incelenen tezler bir takım değişkenlere göre sınıflandırılmıştır. Bu bağlamdaki tezler ilk olarak yapılmış oldukları tarih ve lisansüstü türlerine göre ayrılmıştır. Bunun yanı sıra tezlerin alan ve konularının da sınıflandırılması yapılmıştır. Sınıflandırılan tezler söz konusu değişkenler ile birlikte tezlerin yapıldığı ülkeye ve üniversitelere göre tespit edilmiştir.



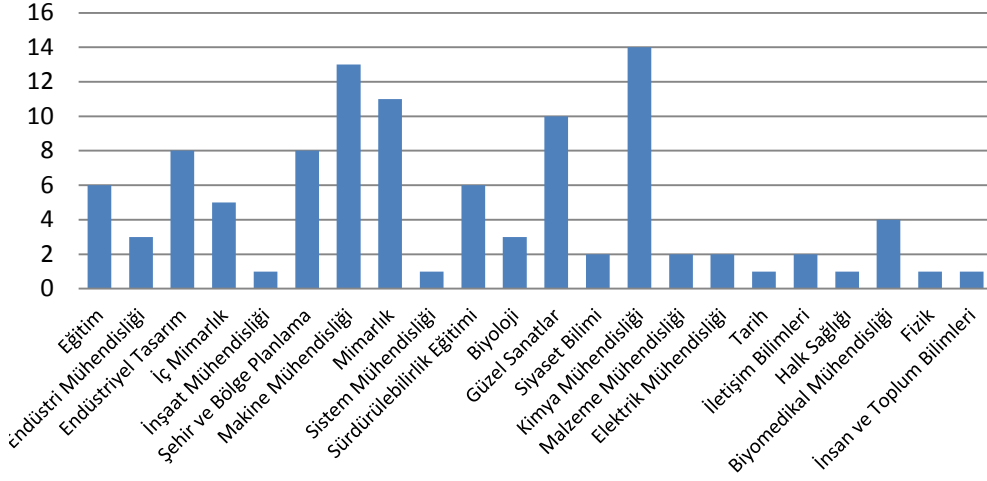
Şekil 3.1. Tezlerin Yıllara Göre Dağılımı

Zamana göre bakıldığında gerek yüksek lisans gerekse doktora tezlerinde son dönemlerde özellikle artış yaşandığı görülmektedir. Buna ilaveten yıllar geçtikçe tamamlanan doktora tezi görülmekte iken 2011 ve 2012 yılında çok az doktora tezinin yazıldığı saptandığı, bunun aksine 2011 senesinde 10 yüksek lisans tezinin tamamlandığı görülmektedir.



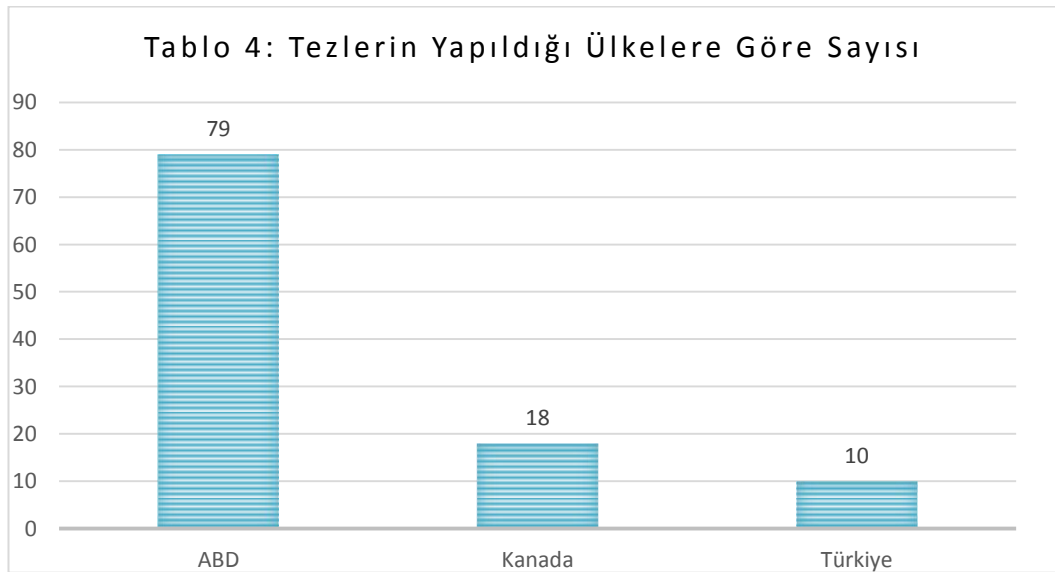
Şekil 3.2. Tezlerin Türlerine Göre Dağılımı

Doktora ve yüksek lisans tezlerinin yıllara göre dağılımı ardından, niceliklerini gösteren grafik anlatım yüksek lisans tezlerinin sayısal olarak fazla olduğunu gösterse de doktora tezlerinin de azımsanmayacak ölçüde olduğunu ortaya koymaktadır. Bu konu biyotasarım kavramları adına önem taşımaktadır.



Şekil 3.3. Tezlerin Araştırma Alanlarına Göre Dağılımı

Biyotasarım konusunda tamamlanan yüksek lisans tezi doktora tezlerine göre sayısal fazla olsa da toplamda 107 tez tamamlanmıştır. Bunların 8 tanesi endüstriyel tasarım, 14 tanesi kimya mühendisliği, 13 tanesi makine mühendisliği, 11 tanesi mimarlık ve 10 tane güzel sanatlar alanında yapılmıştır. Bu bilgiler ışığında en fazla tezin kimya mühendisliği alanında yazıldığı görülmektedir. Toplam 22 farklı alanda yazılan tezlerin güzel sanatlar, kimya mühendisliği, mimarlık, makine mühendisliği ve endüstriyel tasarım alanında yoğunlaştığı sonucuna varılmaktadır. Bunun yanı sıra biyotasarım kavramı o kadar geniş bir disiplini içermektedir ki araştırma alanı içerisine tarihi de almaktadır.



Şekil 3.4. Tezlerin Yapıldığı Ünelere Göre Dağılımı

Doğadan esinlenme konusunun en fazla çalışılan ülkelerin başında Amerika Birleşik Devletlerinin geldiği görülmektedir. 79 tezin çalışıldığı Amerika'yı 18 tez ile Kanada ve 10 tez ile Türkiye izlemektedir. Bu konu, en detaylı ve en fazla üzerinde çalışılan ülkenin Amerika olduğunu göstermektedir.

Çizelge 3.1. Tezlerin Yapıldığı Ünelere Göre Dağılımı

Üniversite İsimleri	Tez Sayıları
Albert Nerken School Of Engineering	1
Arizona State University	4
Benedictine University	1
Carleton University	2
Case Western Reserve University	3
Clemson University	6
Columbia University	2
Corcoran College Of Art + Design	2
Dalhousie University	1
Faculte Des Sciences Universite De Sherbrooke	1
Georgia Institute Of Technology	1
Harvard University	1
Illinois Institute Of Technology	1
Iowa State University	2
İstanbul Teknik Üniversitesi	2
Lehigh University	1
Lewis & Clark College	1
Marmara Üniversitesi	1
Mcgill University	1
Mimar Sinan Üniversitesi	2
New York University	1
N. Carolina Agricultural And Technical State	1
Northern Arizona University	1
Northwestern University	5
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	2
Oregon State University	1
Prescott College	4
Princeton University	2
Purdue University	2
Rice University	1
Rochester Institute Of Technology	1
Royal Roads University	3
Saint Louis University	1
San Diego State University	1
Southeast Missouri State University	1
Southern Illinois University Carbondale	1
The Ohio State University	1
The Pennsylvania State University	2
University Of Minnesota	1
University Of Utah	2

Çizelge 3.1. (Devam) Tezlerin Yapıldığı Ülkelere Göre Dağılımı

University Of Calgary	2
University Of California	5
University Of Hawai'i	1
University Of Prince Edward Island	1
University Of Rhode Island	1
University Of Southern California	1
University Of Kansas	2
University Of Manitoba	2
University Of Maryland	2
University Of Michigan	2
University Of Nevada	1
University Of New Mexico	1
University Of Texas	5
University Of Toronto	2
University Of Washington	2
University Of Waterloo	2
Wright State University	1
Yakın Doğu Üniversitesi	1
Yıldız Teknik Üniversitesi	1

Tezlerin yapıldığı üniversitelere göre bakıldığında 59 üniversite görülmektedir. Bunların başında 6 tezin farklı bilim dallarında çalışıldığı Clemson Üniversitesi gelirken sadece kimya mühendisliğinde beş tezin bitirildiği Northwestern Üniversitesi ise özelleşmiş bir yol izlemektedir. Türkiye'den ise ikişer tez ile Orta Doğu, İstanbul Teknik ve Marmara Üniversiteleri doğadan esinlenme konusunda çalışmışlardır.

3.4. Lisansüstü Tezlerin Değerlendirilmesi

Yapılan çalışmalara bakıldığında biyolojik tabanlı yaklaşımların günümüzde giderek değer kazandığı istatistikler tarafından da doğrulanmaktadır. Bunu yukarıda yapılan yıllara göre değişim istatistiğinde görülmektedir. Bu yaklaşımların daha yaygın hale getirilmesi kimi yazarlar tarafından istenmektedir bununla birlikte bu yaklaşımları uygulamak için bazı araçlar önerilmiştir. Doğadan ilham alan yaklaşımları bazı yazarlar özellikle desteklediklerini üniversitelerinde yapılan çalışma sayılarında göstermektedirler. Tezlerin içeriğine bakıldığında danışman olarak aynı bilim insanlarının isimleri açıkça görülmektedir. Bunun yanı sıra kimi zaman da daha anlaşılır ve güncel yöntemler

kullanılan önermeler çıkmıştır. Burada tez çalışmasının bir amacı olan yöntem önerisinden dolayı da bu araştırılan tezlerin içerikleri incelenerek, içeriğinde yöntem öneren ya da başlığında “method-yöntem” kelimesi geçen tezler bir sonraki bölümde ele alınacaktır. Bu sayede hem yapılan çalışmaların ne boyutlarda incelendiği hem de teorik alt yapının oluşması hakkında bilgi aktarılacaktır.

4. TARANMIŞ VE SEÇİLMİŞ LİTERATÜR ANALİZLERİ

Tezin bu aşamasında, belirlenen konu ile ilgili tezlerin içerik analizleri yapılmış olarak, meta analiz yöntemi ile herkesçe uygulanabilir ve anlaşılabilir bir genellemeye gidilecektir. Öncelikle yöntem hakkında bilgi verilecek, daha sonra seçilen tezlerin künyesi ile birlikte özeti ve değerlendirmesi yapılacaktır.

Farklı bilim ya da sanat dallarında olduğu halde, içeriğinde yöntem kelimesi geçen ve/veya yöntem öneren tezler meta analizine tabi tutulmak üzere seçilmiş ve aşağıdaki gibi listelenmiştir. Yöntem öneren bu lisansüstü tezleri on adettir:

1. Biomimetic Search- A Systematic Method for Inspiring Design Concepts,
2. Biology as a Muse: Exploring the Nature of Biological Information and its Effect on Inspiration for Industrial Designers,
3. Systematic Design of Biologically-Inspired Engineering Solutions,
4. Classification of Biological Phenomena to Aid in Search and Retrieval for Biomimicry,
5. Biomimicry for Sustainability: An Educational Project In Sustainable Product Design,
6. On Biologically Inspired Designs and Methods,
7. A Systematic Approach to Bio-Inspired Conceptual Design,
8. Biomimicry Design for Pre-fabricated Steel Module Inspired by Beehive,
9. The Integration of Biomimicry into a Built Environment Design Process Model: An Alternative Approach to Hydro-Infrastructure,
10. Graphic Design + Biomimicry: Integrating Nature into Modern Design Practices.

4.1. Meta Analizi Yöntemi ile Çalışma

Araştırmacılar artık her hangi bir konuda gerçekleştirilen tek bir çalışmanın önemli bir genelleme yapmakta yeterli olmayacağını ve yapılan çalışma çok iyi düzenlenmiş olsa bile, değişkenleri yer ve zamana göre değişiklik gösterdiği için, sorunlara yeterli bir düzeyde yanıt getiremeyeceğini bilmektedirler.

Meta analizi, diğer literatür tarama yöntemlerine yepyeni bir bakış açısı getirmektedir; farklı araştırma sonuçlarını sistematik ve nesnel bir yaklaşımla sentezleme yapar. Bununla birlikte örneklem sayısını artırarak yapılan diğer çalışmalardan niceliksel olarak daha doğru sonuçlara ulaştırabilmektedir.

Geniş çapta bir araştırma, belirlenmiş yöntemlerle uygun bir planlama ile yapılabilir. Fakat hem uygulanması zor ve araştırmalar belli bir bütçeyi gerektireceğinden hem de sonuçlarının okunması uzun zaman alacağından böyle girişimler destek bulamamaktadır. Oysa meta analizin bir takım riskleri olsa da uygulanması daha kolay ve ucuzdur. Glass (1976) araştırma bulgularının yeniden özetlenerek tek bir araştırma çatısı altında toplanması yöntemini önermiş ve buna “*Meta Analiz*” adını vermiştir (Glass, 1976).

Zaman içerisinde deneysel çalışmalarda olduğu gibi meta analiz de bir takım standartlar oluşmuştur. Bu kurallar etrafında yapılan çalışmalar geçerli ve güvenli sonuçlar vermiştir.

Meta terimi Yunancada “üst” veya “öte” anlamına gelmekle birlikte (Tepe, 2011) kelime olarak sözlükte “daha geniş ve etraflı” olarak karşılık bulmaktadır. Meta analizi çalışmaların orijinaleri ile bağlantısını koparmadan daha etraflı ve ayrıntılı olarak düzenlenen yeni bir çalışma biçimidir (Sacks, Berrier, & Dinah, 1987).

Bilim tarihinde adı konulmadan yapılmış, çok sayıdaki çalışmaların sonuçlarını gösteren ve değerlendirme yapan denemeler vardır. Örneğin Karl Pearson 1904 yılında aşılama ve tifo üzerine sentez yapmış, bundan sonra tıp alanında çok yaygın olarak kullanılmıştır. Aslında yöntem niteliksel olarak geliştirilse de son dönemlerde sayısal veriler üzerine yoğunlaşıp niceliksel araştırmalar daha ön plana çıkmıştır. Olasılıkları bir araya getiren istatistikî metotlar 1940 ve 1950’li yıllarda gelişmiştir.

Smith ve Glass (1980) 375 çalışmadan elde ettiği sonuçları kullanarak bir meta analizi çalışması yayınlamış ve fizyoterapinin ilgili hastalar üzerinde etkili olduğunu ancak terapi tiplerindeki farklılıkların çok fazla etkili olmadığını bulmuşlardır. Kısa bir süre sonra da Hedges ve Olkin (1985) meta analizini geleneksel istatistiğin temel köklerine bağlayan bir kitap yayınlamışlardır. Sosyal

bilimlerde meta-analizinin kullanımı bu yıllardan sonra artış göstermiş, son yıllarda da yaygın hale gelmiştir. Meta analizi 1989 yılından itibaren MEDLINE’da “Konu Başlığı” ve 1992’den bu yana da “Yayın Türü” olarak yer almıştır (Yıldız, 2002). Meta analizi sadece yaygın kullanıldığı için değil aynı zamanda literatüre son derece ve değerli bilgiler sağladığı için önem kazanmıştır.

Deneysel çalışmalarda bir tek çalışmaya, sıklıkla bir tipteki uygulamaya odaklanılır. Bu çalışmalarda ölçme sistem ve araçları araştırmacının tercihlerine göre oluşur. Çalışmalar kendi başlarına kapsamlı genellemeler yapılacak şekilde tasarlanır ama çok kapsamlı açıklamalar veremez. Aslında, bu tek çalışmalar daha büyük alan çalışmaların parçası olurlar. Bu büyük alan çalışmaları daha genel açıklamalar yapabilmek için birçok çalışmadan bilgi toplarlar. Bu süreç, alan yazın taramalarının ve meta-analizin temel mantığıdır.

Meta-Analizler, geleneksel literatür taramalarına alternatif olan en esnek ve yaygın çalışmalardır. Ancak aralarında önemli bir fark vardır, literatür taramaları nitel çalışmalar iken, Meta analizler ise görüş anketleri, ilişkisel çalışmalar, deneysel, yarı deneysel çalışmalar ve regresyon (çok değişkenli ilişkileri ölçme yöntemi) analizleri gibi bir çok tipte araştırma sonuçlarını birleştirmek için bir takım nicel teknikler sunarlar.

Meta analizin daha iyi anlaşılması için bilim insanlarının yapmış oldukları bazı tanımlamalara bakmak gerekiyor;

- Meta analizi belirlenmiş konudaki çalışmaların istatistiksel metotların yardımıyla sistematik bir şekilde özetlenmesidir (Göçmen, 2004).
- Meta analizi çalışmaları, aynı probleme yönelik yapılmış farklı araştırma sonuçlarından genel bir sonuca ulaşmayı sağlayan çalışmalardır. Bu nedenle daha genellenebilir ve doğrulanmış sonuçlara ulaşmamızı sağlar (Büyüköztürk, Akgün, Karadeniz, Demirel, & Kılıç, 2012).
- Meta analizi, analizlerin analizidir. Bireysel çalışmalardan elde edilmiş çok sayıda analiz sonuçlarını bütünleştirmek amacıyla kullanılan istatistiksel analizlerdir (Glass, 1976).

- Meta analizi bir alanda benzer çalışmaların sonuçlarının birleştirilmesi ile ortaya çıkan istatistiksel bir yöntemdir (Ergene, 1999).

Bu tanımlara göre ve Lipsey ve Wilson'un (2000; 2) da belirttiği gibi, meta analizi, belirli bir konuda yapılmış, birbirinden bağımsız, birden çok çalışmanın sonuçlarını birleştirme ve elde edilen araştırma bulgularının istatistiksel analizini yapma ve bunları yeniden yorumlama yöntemidir. Bu yöntem, araştırmacılara çeşitli çalışmaların sonuçlarını özetleyen nicel veriler sunar ve sonuçların birleştirilmesi ile ortak bir yargıya ulaşmalarını sağlar.

Meta analizi çalışması, bireysel çalışmalarda gözlenen sonuçların bir şans bulgusu olup olmadığı hakkında da önemli bilgiler sağlar. Böylece örneklem büyüklüğü de artırılarak çalışmanın istatistiksel anlamlılık düzeyi de artırılmış olmaktadır. Aynı zamanda, meta analizi diğer analizlerin bir özeti gibi düşünüldüğünde, araştırmalara konu olan kavramların, bu yöntemle daha geniş bir perspektiften belirli bir güven seviyesinde daha geniş örneklem sayılarını kapsayan sonuçlar içerdiğini görmekteyiz. Bu yüzden geçmiş yıllar içinde yapılmış olan ve meta analizine uygun veriler içeren daha çok çalışmanın birleştirilerek yeni bulgulara ulaşılması ve yorumlanması hem zaman hem de maliyet olarak araştırmacılara kolaylıklar sağlayacaktır.

Bu çalışmada meta analizi yönteminin kullanılmasının avantajlarından bazıları şunlardır: Bir araya getirdiği farklı çalışmaların bulgularını, standartlaştırılmış etki büyüklüklerine çevirerek, ortak ve genel bir çerçeveye görmeye yardımcı olur (Şahin, 2005). Belirli konuda yaşanan fikir ayrılıklarının ve belirsizliklerin çözümünde ve belirli uygulamaların sonuçları hakkında daha tarafsız bir değerlendirme yapma imkânı sunar (Egger & Smith, 1997). Eleştirel incelemeler, değerlendirmeler ve sentezlemeler yoluyla; önemsiz, anlamsız ve gereksiz araştırmaları önemli araştırmalar ile birbirinden ayırırlar (Ergene, 1999). İstatistik gücü zayıf yani yetersiz örneklem üzerinde yürütüldüğünde anlamlı sonuçlara ulaşamayan araştırma sonuçlarındaki etkiler, meta analizi çalışmasında anlam kazanabilir (Büyüköztürk, Akgün, Karadeniz, Demirel, & Kılıç, 2012).

Glass ve diğerleri (1981) meta analizi yönteminin dört büyük dezavantajından bahsetmiştir. Birinci dezavantajı; araştırmada kullanılan ölçme tekniklerin farklı olması ve bunların araştırma bulgularını değiştirip farklılaşması ile bu karşılaştırmaların anlamsız olacağıdır. Sonraki dezavantaj; üzerinde çalışılacak yayınların kalite farkının olması ve bunlardan doğru yargıya ulaşmanın imkânsız olmasıdır. Üçüncüsü ise bir meta analizinin bulguları ile yayınlanan çalışmaların sonuçlarının çakışıyor olabilmemesidir. Son olarak, bir çalışmadaki bulgular birbirinden bağımsız olmadıkları için kimi bulguların meta analizine dâhil edilmesi kimisinin de dâhil edilmemesidir (Ergene, 1999).

Günümüzde meta analizi, tıp, eğitim, psikoloji, biyomedikal bilimler ve daha pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu araştırmada ise tasarım alanında uygulanabilirliği araştırılmıştır.

Bu bağlamda incelenen tezlerin başlığında ya da içeriğinde yöntem kelimesi geçen ve/veya yöntem öneren tezler meta analizine tabi tutularak incelenecektir. Seçilen tezler farklı bilim dallarındadır. Listenin en son sütununda yöntem önerip önermediği bilgisinde EVET yazanlar aşağıdaki gibidir ve şöyledir (EK-2);

Yöntem Öneren Tezler
Biomimetic Search- A Systematic Method for Inspiring Design Concepts
Biology as a Muse: Exploring the Nature of Biological Information and its Effect on Inspiration for Industrial Designers
Systematic Design of Biologically-Inspired Engineering Solutions
Classification of Biological Phenomena to Aid in Search and Retrieval for Biomimicry
Biomimicry for Sustainability: An Educational Project In Sustainable Product Design
On Biologically Inspired Designs and Methods
A Systematic Approach to Bio-Inspired Conceptual Design
Biomimicry Design for Pre-fabricated Steel Module Inspired br Beehive
The Integration of Biomimicry into a Built Environment Design Process Model: An Alternative Approach to Hydro-Infrastructure
Graphic Design + Biomimicry: Integrating Nature into Modern Design Practices

İçerik analizine göre seçilmiş bulunan, yöntem öneren on adet lisansüstü tez, meta analizi yöntemine göre gerek nitel ve gerekse nicel özellikleri dikkate alınarak analiz edilmek üzere aşağıda tek tek ele alınmaktadır.

4.1.1. Yöntem önerilen birinci yaklaşım

Biomimetic Search - A Systematic Method For Inspiring Design Concepts (Biyomimetik Araştırma – Tasarım Konseptlerine İlham Veren Sistemik Metot) tezi Eli Hacco tarafından 2002 yılında yazılmıştır. Toronto Üniversitesi'nde yapılan çalışma Makine Mühendisliği ABD'nde Prof. Dr. Li Shu danışmanlığında yürütülmüştür.

Eli Hacco tezinde, biyolojik benzetimden tasarım konsepti üretmek için belirlenen bir sistemik metot geliştirmiştir. Biyomimetik araştırması, tasarımcılara biyoloji ön bilgi olmadan doğa olaylarını ilham için kullanan sistemik ve yapılandırılmış bir yöntem sağlamaktadır. Bu çalışma, sözlük araştırması yapan bir çalışmanın genişletilerek tam metne dönüştürülmüş bir çalışma türü halini almıştır.

Çalışmanın bir bölümünde yazar, eski çalışma ile kendi çalışmasını karşılaştırmış, bunları avantajları ve gelişim stratejileri ile sunmuştur. Sunulan yöntemin daha hızlı ve net olması için NLP (Naturel Language Processing) kavramı geliştirilmiş, bunun beş ayrı konsept üzerinde denemesini sağlamıştır.

Tez de öncelikle biyolojik olay tanımlanmaktadır. Biyolojik olay; biyolojik bilimlerle ilgili herhangi bir doğal olayın, biyolojik organizasyonun bütün seviyelerini içermesidir. (Vakili & Shu, 2001)

Geliştirilen tam metin araştırmasında bundan önce önerilen yöntemin eksiklerini tespit edip yazar yeni bir yöntem oluşturmuş ve bunu lisans öğrencileri ile güz dönemi boyunca şu adımlar ile takip etmiştir:

1. Benzersiz ve çözülmemiş tasarım sorunu seç.
2. Önerilen tasarım ile alakalı zorlukları belirle ve mühendislikle alakalı anahtar kelimeleri seç.

3. Bulunan benzetimler üzerine tercih edilen tasarım çözümleri ile ilk rapordaki eşleşmeleri sözlükte araştır.
4. Biyoloji bilimi kitabında olası benzetimleri ve bulunan eşleşmeleri ara.
5. İlk raporların gözden geçirilmesi ile önerilen konseptlerin yansıtılması için tam metin araştırmasını sadeleştir.
6. Final Raporu hazırla ve Sunumu yap.

Bundan sonra aşamalardan ilerlerken dikkat edilecek hususlar şu şekilde belirtilmiştir. Problem iyi tanımlanmalı ve işlev gereksinimi için net tanımlama yapılmalıdır. Metot eğer nesnel olarak işlemiyorsa bilinen çözümlerle birlikte problem uygun olmayabilir. İlk anahtar kelimeler tasarım probleminin işlevsel gerekliliğini tanımlamalı ve bu kelimelerin eş anlamlıları eğer ki uygun benzetimler bulunmazsa kullanılmalıdır. Çözümü bilinen durumlarda anahtar kelime seçimi eski çözüm tarafından etkilenmemelidir. Çok fazla anahtar kelime, iyi seçilmiş birkaç anahtar kelimedenden yararlı değildir. Sonradan eklenen anahtar kelimeler ilk çalışmanın yararlı olmadığı durumlarda kullanılmalıdır. İstenen mühendislik işlevinin içeriğindeki anahtar kelime ile aynı anlama sahip eş anlamlı kelimeler kullanılmalıdır.

Bundan sonraki süreçte belirlenen anahtar kelimeler ve eş anlamlı kelimeler tüm kitapta ilgili-ilgisiz aranmaktadır. Üç aşamada ilgisiz kelimelerin tamamına yakını elenmektedir;

1. Farklı anlama gelen kelimeler
2. Kelimenin içerisinde geçen kelimeler
3. Probleme ilgisi olmayan kelimeler

İlişkili kelimeler kullanılarak 5 tane konsept tanımı yapılmaktadır. Bu tanımlama yapılırken biyolojik organizasyonun farklı seviyelerindeki benzetimler kullanılmaktadır. Bu seviyeler ise hücre, organ, sistem, organizma ve ekosistem olarak belirlenmektedir.

Yazarın geliştirmiş olduğu genişletilmiş teknik şu adımları izlemektedir:

1. Biyolojik metni referans alacak bir kitap seç.

2. Mühendislik işlevselliği için seçtiğin anahtar kelimelerin eş anlamlılarını belirle.
3. Bu kelimeleri seçtiğin kitabın tam metninde ara.
4. İlgisiz eşleşen kelimeleri ayırmak için daha önce bahsedilen üç aşamalı yolu izle.
5. Kalan ilgili kelimeler üzerine daha fazla detay bul ve tasarım problemi için konsept öner.

Burada bu yöntemi zaman olarak kısaltmak için Brill Tagger ve WordNet programları kullanılmıştır. Brill Tagger programı kelimenin kökünden sonra eklenen eklerle kelimenin çeşidini saptamaktadır. WordNet programı ise kelimenin anlamı ile ilgilenmektedir. Bu işlemleri bölümlere ayırarak yapmaktadır. Yazar bu tekniğe NLP adını koymuştur.

Yazarın önerdiği yöntem, kelimeler üzerinden belirlemiş olduğu her hangi bir biyoloji ile ilgili bilgi havuzundan seçerek uygulamaya koyduğu kelime seçimi yöntemidir. Burada yöntemin iki değişkeni bulunmaktadır. Birincisi kelimelerin seçimi, ikincisi ise bilgi havuzunun belirlenmesidir.

4.1.2. Yöntem önerilen ikinci yaklaşım

Peter Wehrspann tarafından yazılan tezin ismi şu şekilde literatüre geçmiştir: *Biology as a Muse: Exploring the nature of biological information and its effect on inspiration for industrial designers.* (İlham kaynağı olarak Biyoloji: biyolojik bilginin doğasını keşfetme ve onun endüstriyel tasarımcılardaki ilhamın etkisi.) Tez 2011 yılında yazılmış olup Carleton Üniversitesi'nde Prof. Hallgrimsson danışmanlığında yürütülmüştür.

Araştırmanın ortaya koyduğu süreç aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Alan araştırması incelemesini kullan. (Terminolojiye hâkim olmak için resmi olmayan görüşmeler ve konuşmalar analiz edilir.)
2. Doğayı keşfet. (Biyolog ile birlikte disiplinler arası tasarım keşfedilir. Tartışmalar not edilip, laboratuvar gezilir ve derslere girilir.)

3. Daha önceki keşif aşamalarında kullanılan bulguları topla ve özel problem alanı üzerine odaklan. (Sayısal ve sözel bilgiler toplanır.)

Mimari, mühendislik, ekoloji ve endüstriyel tasarım ile ilgili çözülemeyen bir çok problem biyoloji ve tasarımın birlikte oluşturduğu takım, disiplinler arası çalışma ile üstesinden gelmektedir. Geliştirilmek istenen yöntemin gelişimine yardımcı olmak için keşfedilen üç problemlilik alan belirlenmektedir. Bunlar; biyolojik bilginin transferi, biyolojik ilhamlı tasarımın yöntemsel yapısı ve biyolojik ilhamlı tasarımın bilgi sunumudur.

Biyolojik bilginin transferi: Biyolojiden ilham alan tasarımda yöntemi uygulamak için bilginin transferi de üç farklı yolla yapılır: biyologlar ile doğrudan iletişim kurmak, doğa dilinden biyolojik bilginin kopyasını çıkarmak ve biyolojik veri tabanına ulaşmaktır.

Evrim ve tasarım süreci arasında çok güçlü paralellikler mevcuttur. Biyoloji ve tasarım birbirlerine bu yönüyle benzerdirler. Biyolojik ilhamlı tasarımın geleceği; disiplinlerin önünde duran engelleri yıkmasındaki mücadelede ve benzerliklerin güçlenmesinde yatmaktadır. Böylece tasarımcılar ve diğer uygulayıcılar yenilikçilik (inovasyon) için pozitif metot ile birlikte yaygın araçlar kullanabileceklerdir.

Biyoloğa Sormak: Bu konuda bir çalışma yaparken biyolog ile iletişime geçmenin şöyle faydaları vardır: araştırma yapmak zorunda kalınmaz, biyolojik bilginin potansiyel uygulaması ve uygunluğu ile yorum yapmak zorunda kalınmaz. Bir biyolog ile iletişime geçildiğinde başarının kesin gelmesi söz konusu değildir. Bu her zaman kolay bir iş de değildir. Örneğin özel sektörde çalışan biyologlar bir tasarım aktivitesi uygulamasında sürekli uygulamacılar tarafından meşgul edilirler.

Biyolojik Veri Tabanı Oluşturma: Şu an asknature.org ve TRIZ başlıklı iki tane veri tabanı bu konuda destek vermektedir. Asknature.org Biyomimikri Enstitüsü tarafından geliştirilen bir veri tabanıdır. TRIZ ise Rusya tabanlı bir sistemdir.

Doğa Dilini Araştırma: Bir biyoloji kitabından araştırma yapmak beraberinde bir sürü zorluğu getirecektir. Örneğin konuya aşina olmayan insanların böyle kaynaklar olmaksızın bir bilgiye nasıl ulaşacaklarını bilemiyoruz? Bu sorunun yanı sıra basit seviyede de olsa biyoloji birikimleri olması gerekmektedir.

Biyolojik ilhamlı tasarımın yöntemsel yapısı: Burada önemli olan biyolojik bilgiye ulaşmadan ve transfer etmeden önce bu bilgi ile ne yapılabilir olduğudur.

Öncelikle verilecek karar iki yöntemden biridir: çözüm odaklı mı yoksa problem odaklı mı olması gerekiyor?

Problem odaklı yaklaşıma bilginin başarılı bir şekilde aktarımı için:

1. Biyolojik benzetimde anlamlı araştırma yapabilmek için yeterli düzeyde problem tanımlanmalı,
2. Biyolojik benzetimler tarafından çözülmesi için yüksek seviyede karmaşık mühendislik fonksiyonu daha basit fonksiyonlara ayrıştırılmalı,
3. Fonksiyonel tanım kullanılarak bir araştırma yapıldığında özelleşmiş çözümlerden olduğunca kaçınılmalıdır. (Shu, Ueda, Chiu, & Cheong, 2011)

Biyolojik ilhamlı tasarımın bilgi sunumu: Biyolojik bilgi önceden belirlenmiş tasarım probleminde en iyi çözüm için ilham veren aracın kullanımına sunulmalıdır. Önemli olan bu bilginin nasıl sunulacağıdır. Burada üç farklı bakış açısı vardır: Metin, görsel ve nesne olarak.

Goldschmidt ve Sever (2010) tasarım aktivitesinin başarısının yazınsal uyarıcılar ile arttığını savunmaktadır ve bunu da iki safha da açıklamaktadırlar. Peter Wehrspann bu yazarlardan yararlanarak tezinin gelişimini sağlamıştır ve bu maddeleri onlara göre saptamıştır.

1. Görsel kavramların açıklanmadığı yerde kelimeler açıklama yapar.
2. Kelime ve deyimlerin derin anlamları süreçte daha geniş bir uyarıcı boşluk sağlar.

Yazarın önerdiği üç aşamalı yöntem birden fazla bilim insanı ile ve bu insanların farklı disiplininde olmaları ile yürütülmesi mümkündür. Her aşaması farklı fikir paylaşımları ile birbirini desteklemektedir.

4.1.3. Yöntem önerilen üçüncü yaklaşım

Jacquelyn Kay Nagel tarafından yazılan bu doktora tezi 2010 yılında Oregon Şehir Üniversitesi makine mühendisliğinde kabul edilmiştir. Yazar tezin başlığını şu şekilde koymuştur: Systematic Design of Biologically-Inspired Engineering Solutions (Biyolojiden ilham alan mühendislik çözümlerin sistematik tasarımı). Tezin danışmanlığını ise Dr. Robert Stone üstlenmiştir.

Biyolojik sistemlere atfedilen biyolojik organizmalar ve olgular mühendislikte ilhamı kullanmak için zengin bir analogi sağlar. Biyomimetik tasarımlar insanoğlunun problemleri için yaratıcı ve özgün çözümler sunduğunu açıkça gösteriyor. Buna ek olarak bazı biyomimetik tasarımlar o kadar yaygın kullanılıyor ki - örneğin cırt bant ya da uçaklar - onlarsız hayat düşünülemiyor. Biyolojik olarak ilham alan çözümler yararlı ve inovatif oldukları halde, doğadan alınan ilhamın çoğunluğu şans eseri gözlem sonucunda, geko kertenkelesi gibi özel bir biyolojik varlıkla doğrudan çalışılarak ya da biyologlara basit biyoloji terimlerini açıklatarak ortaya çıkıyor. Burada esas problem biyoloji ve mühendislik alanlarının arasında çalışılırken meydana çıkıyor. Uzman mühendislerin sahip oldukları kısıtlı biyolojik malumatlarla bir ürün ortaya koyması için çaba ve zaman gerekiyor. Bunun tersi de söylenebilir. Bu araştırma; şans faktörünü ortadan kaldırmayı, zaman ve çabanın toplamını azaltmayı ve iki alan arasındaki uçsuz bucaksız kopukluğa köprü olmayı hedefliyor.

Sistemli biyolojik ilhamlı tasarım uygulaması, iki alan arasında kurulan köprüyü araç ve tekniklerle çerçevelenmiş bir tasarım metodolojisine dayanıyor. Bu çerçeve ise aşağıdaki işlevleri ortaya koyuyor: İşleve dayalı ilgili biyolojik çözümlerin tanımlanması, tanımlanan biyolojik sistemin aktarımı, tasarımda kullanılacak biyolojik bilginin fonksiyonel sunumu ve biyomimetik tasarımın kavramlaştırılmasıdır.

Biyolojik sistemleri açıklamak için fonksiyonel temsil ve soyutlama kullanılarak bir mühendislik bağlamında biyolojik bilginin işlevini sunuyor ve tasarımcılara biyoloji ve mühendislik sistemleri arasındaki bağlantıları yapmak için izin veriyor. Bundan dolayı anlamlı biyolojik bilgi, bağlantılı çeşitli biyolojik bilgi ile mühendislere ulaşabilmeli ama bunlar yaygın ve anlaşılır mühendislik metotları ile yapılmalıdır. Bu çalışma uzman seviyede bağlantılı bilgilere ihtiyaç olmadan ama birçok alandaki bağlantılı bilgi ile birlikte mühendislik tasarımında inovatif çalışma yapmak için kullanılan sistematik tasarımın geçerliliğini ispatlıyor.

Bu metotla tasarımcının ağırlıklı olarak benzer olmayan alanlar arasındaki bilgilerin bağlantısını yapabilmesi üzerine kuruludur. Biyolojik ilhamlı tasarım mühendislik tasarımında genç bir alan olmasından dolayı tasarım metodolojisinin geçerliliğini tam olarak söylemek zor olacaktır. Geçerlik için iki yaklaşım kabul ediliyor. Bir tanesi üretimdeki hali hazırdaki ürünleri incelerken, ikincisi ise biyolojik ilhamlı mantıklı çözümlere dayanan tasarım problemleri için gerekli olan ihtiyaçları incelemektedir.

Önerilen metotta sırasıyla şu sorulara cevap aranmaktadır:

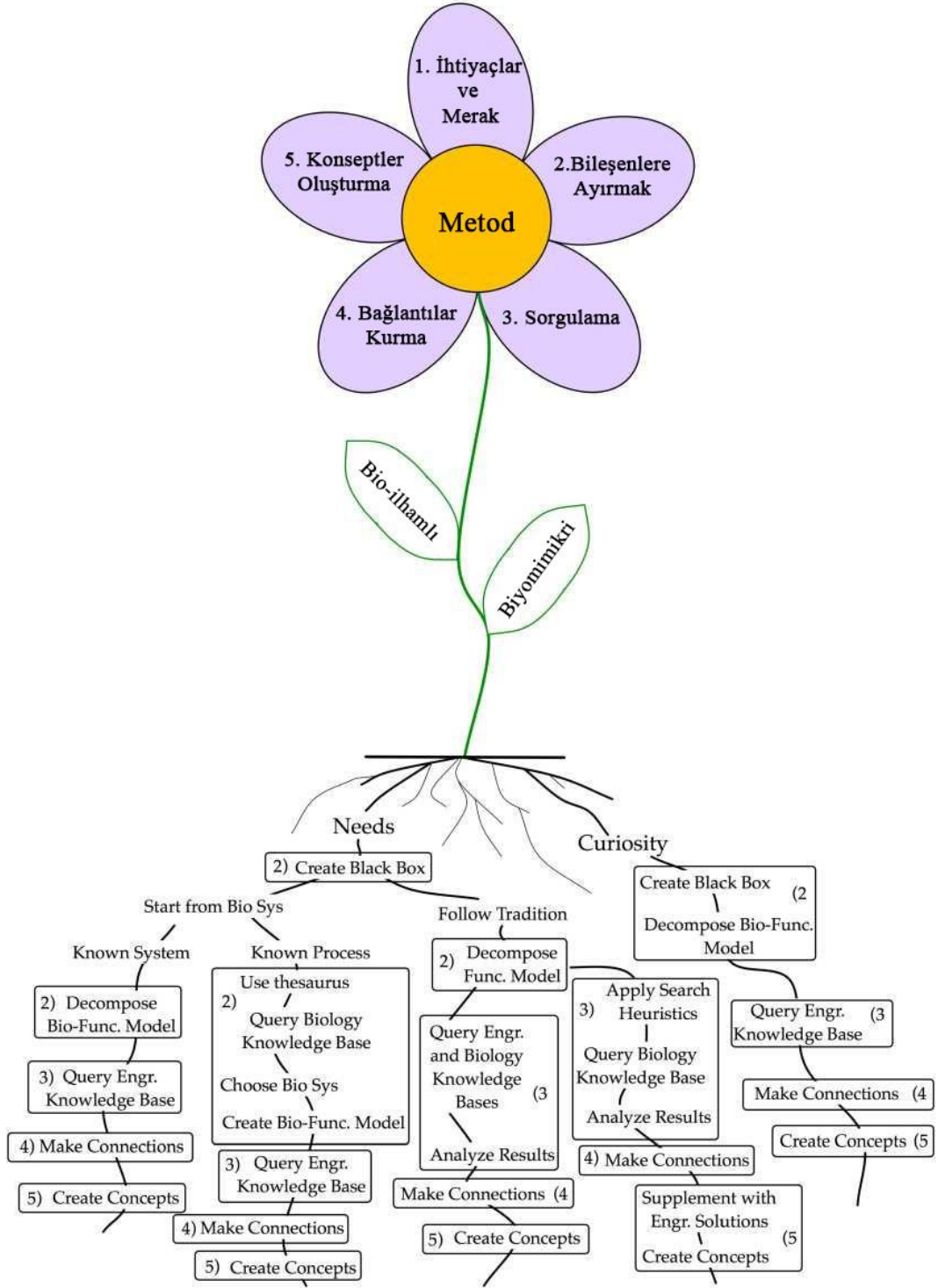
1. Mühendislikten biyolojiye kavramlar dizini aracı nasıl geliştirilir?
2. Bu dizin yöntem içinde önerilen üç maddeye nasıl eklenir?
3. Biyolojik işlevsel modelleme metodu kavramlar dizininden nasıl yararlanır?
4. Yöntemin diğer maddeleri konsept üretme yaklaşımlarına nasıl eklenir?

Önerilen metodun basamakları şöyle:

1. İhtiyaçlar – Merak: Bu ilk adımda tasarımcının yönü belirleniyor. Tasarımcı gelenekten gelen gereklilikleri mi yoksa meraktan gelenle mi başlayacağını seçiyor. Bu iki yol esasında problem odaklı mı yoksa çözüm odaklı mı olacağını karar verir.
2. Bileşenlerine Ayırmak: İhtiyaçları çözümlenmeyi ve içerisinde kara kutu ve işlev modelini de barındıran biyolojik sistemlerin incelenmesidir. Bütün modeller veri sözlüğü modeli temel işlevler kullanılarak

oluşturulmaktadır. Biyolojik sistem içindeki kara kutu modeli sistemin stratejisini, davranışını, yapısını, işlevini tanımlıyor. Girdi ve çıktılar kara kutuya bilgi olarak akıyor. Bu akışlar ya tüketici ihtiyaçları tarafından ya da biyolojik sistemin özellikleri tarafından harekete geçiriliyor. Bundan sonra fonksiyonel model oluşturmaktır.

3. Sorgulama: Bu adımda iki alan ile ilgili bilgi gereklidir: başarılı mühendislik sistemlerinin içeriği ve biyolojik sistemlerin içeriğidir. Daha önceden belirlenmiş 113 tüketici ürün ve 30 biyolojik sistemin ele alındığı kaynakta ürün işlevliği, fiziksel bileşik parametreleri, üretim süreçleri, hataları, birleşim detayları gibi ürün bilgileri veri sözlüğünde barındırılıyor. Bunun yanı sıra MEMIC yazılımı da sorgulama adımı olarak kullanılabilir.
4. Bağlantılar Kurma: Bağlantılar doğanın zekâsını keşfetmeyi sağlayan ve mühendislik sistemlerinde kullanılan uyum sağlayan birer sıçramalardır. Alanlar arasında bağlantı kurmak için doğru ya da yanlış bir yol yoktur. Sadece değişik öğrenme şekilleri vardır. Analogiler en yaygın kullanımlardır ve çeşitli şekillere sahiptirler. Biyoloji ile mühendislik alanları arasında dolaylı, dolaysız ve birleşik benzetimler kullanılır. Dolaylı benzetim (analoji); ilham almak için destek analogi olarak biyolojik sistemi kullanır fakat biyolojik sistemin her durumunu taklit etmez. Dolaysız analogide; biyolojik sistemden birebir taklit edilir. Birleşik analogi ise; çoklu biyolojik sistem davranışlarının bileşimidir. Bu davranışlar mühendislik sistemlerine benzerlik yapmak için öncüdürler. Bir analogiye ulaşım ve aktarımın seviyesinin zorluğu, büyük ölçüde iki alan arasındaki mesafenin nasıl yaklaşacağı ile ilgilidir (Johnson-Laird, 1989).
5. Konsept (kavram) Üretme: Analiz, derinlemesine düşünme ve sentez kısımlarından oluşmaktadır. Analiz için üçüncü adımdan, derinlemesine düşünme için dördüncü adımdan veriler alınır. Sentez için ise çizelgeler oluşturulur, listeler yapılır, kabaca çizimler yapılır, uzmanlara danışılır.



Şekil 4.1. Jacquelyn Kay Nagel'in Önerdiği Yöntemin Anlatımı

Yazarın önerdiği bu yöntem de 5 aşamalıdır. Üçüncü aşamada MEMIC programı ile dördüncü aşamaya geçmektedir. Bu aşamada uygulayıcı farklı analogi türlerinden birini seçerek buradan çıkardığı bilgi ile son aşamaya geçmektedir.

Resimsel sunumunu yazar, şekil 4.1. deki gibi anlatmayı uygun bulmuştur. Sebebini ise şöyle açıklamaktadır; “*Yöntemim organik bir süreci barındırıyor aynı çiçek gibi. Onun da sistematik tasarım köklerine ihtiyacı var.*”

4.1.4. Yöntem önerilen dördüncü yaklaşım

Classification of biological phenomena to aid in search and retrieval for biomimicry (Biyomimikri araştırmasına ve erişimine yardım etmek için biyolojik olguların sınıflandırılması) başlıklı tez Kevin Raymond Murray tarafından savunulmuş ve makine mühendisliği anabilim dalı başkanlığına yüksek lisans tezi olarak sunulmuştur. Tez 2013 Mayıs ayında Clemson Üniversitesinde Dr. Gregory M. Mocko başkanlığındaki jüri tarafından kabul edilmiştir.

Biyomimetik tasarımlar tasarımcılara çözüm alanını genişletmek için farklı analogiler öneren yeni bir alan sunuyor. Fakat biyomimetik tasarımla birlikte önemli biyolojik olgulardan ilham alarak bilgi üretmek için uygun bir metod sunmaktadır. Bu araştırma hem biyolojik sistemler için hem de mühendislik ürünlerini sınıflandırmak için bir yaklaşım ileri sürmektedir. Bu yaklaşımda tasarımcılara kendilerinin çözmeyi denedikleri problem tiplerine dayanan ilham verici olgular için araştırma izni vermektedir. Öncelikle bu sınıflandırma ürün-olgu çifti ile birlikte uygulanır. Bu çift biyolojiden ilham almış ürünlerin sanal veri tabanından biyomimetik tasarıma katkı sağlamaktadır. Yapılan üç deney ile önerilen sınıflandırma setinin geçerliliği ve gelişimi saptanmıştır. Bu deneyler 6 problem tipinin sınıflandırma şeması ile sonuçlandırılmış: malzeme, makine, akışkanlar ve dinamik, ısı iletimi, malzeme mekaniği ve enerjidir. Gelecek araştırma çalışmalarında sınıflandırma şemasını tamamlamak için biyolojiden ilham alan ürünlerin metin madenciliğinden (metinlerden veri, kavram arama) alınan kurallar ile birlikte uygulanabilir.

Bu araştırmanın amacı biyolojiden ilham almış ürünlerin sınıflandırılmasında bir araç sağlayabilmek ve mühendislerin uygulamalarında biyolojik olgular ile yardımcı olacak bir araç geliştirmektir. Özellikle biyolojik olgu keşfetme aracı, uygulanacak problem tipine dayanmaktadır. Araştırmada

ürün tarafından yönlendirilen problem tipine dayanan sınıflandırma metodu tanımlanmaktadır. Bu metot biyomimetik tasarım için mühendislik perspektifinden biyolojik olgunun bakış açısına destek sağlayacak ilhama yardımcı olmaktadır.

Şu an biyomimetik araçlar için mevcut araçlar ürün ve olayları sınıflandırma yaklaşımına sahip değildirler. Bu araçlar yönetilmesi zor olan keşfedilmiş ve araştırılmış ürünler olarak bulunmakta ve ya gerçekten mühendislik ile ilişki sağlamamaktadırlar. Ancak bu ilişki ile birlikte mühendisler, biyolojik tanımları anlamada, kendi kabiliyetlerine yardımcı olacaklardır.

Çözüm ve problem odaklı analogiler ile üretilen metotlar geliştirilmeye devam edilmektedir. Önerilen biyolojik bilginin mühendislik bilgiye aktarım metotları; TRIZ, fonksiyonel modelleme, tersine mühendislik metotları, biyolojik-mühendislik eş anlamlı sözlüğü, nedensellik yaklaşımları gibi şekillenmişlerdir. (Vincent & Mann, 2002) Bu araştırma bu metotların her birini biyolojik alandan teknik alana aktarılan analogileri kullanabilmeyi önermektedir. Bu analogiler tasarımcıya, konsepti formüle etmede bunun yanında görevlere açıklık kazandırmada yardımcı olacaktır.

K. Raymond Murray araştırmasında öncelikle var olan tasarım araçlarından iki tanesini seçip bunların eksik yönlerini tespit etmeye çalışmaktadır. Birincisi; Toronto Üniversitesinde çalışılan “Doğal Dil Dönüştürücüsü” tabanlı biyolojik çözümlere erişim ve araştırma için bir araç geliştirilmiştir. Bu dönüşümler ağırlıklı olarak Wordnet program kökünden gelmekte ve kullanıcıya günlük ilişkiler sunmaktadır. Bu araç araştırmayı yönelinecek probleme yönlendirmemekte daha çok işi tanımlayan fonksiyonel kelimeleri bulmakta işe yaramaktadır. Birçok tasarımcı teorik olarak aynı harekete farklı fonksiyonel kelimeler tanımlayabilir. Fakat kullanıcıya bağlı olarak ilham veren bu farklılıklar olguya dâhil edilememektedir.

İkinci araç ise Vattam’ın geliştirmiş olduğu DANE’dir. Bu araç kullanıcıya Yapı-Davranış-Fonksiyon (SBF) modeli içinde geliştirilen biyolojik sistemlerin çeşitliliğini araştırmaya izin vermektedir. SBF modeli sistemin işlevine hem davranış hem de yapı olarak nasıl ulaşıldığını tanımlamaktadır.

Diğer bir araç ise AskNature (DoğayaSor) 'dır. Biyomimikri Enstitüsünü mühendislere yardımcı olması için geliştirdikleri bir internet sitesidir. Geliştirmiş oldukları Biyomimikri Taksonometrisi, mühendislere biyolojik olgu araştırmaları için imkân vermekte ve taksonometri 156 farklı sınıflandırmayı içermektedir. Bu kadar sınıflandırmanın olması ise tasarımcıyı tasarımın ilk aşamalarında seçim yapma zorluğunu artırmaktadır. Tasarımın ilk aşamalarında çözüm olasılıklarını keşfetmek için tasarımcılar cesaretlendirilmelidirler. Böylelikle bir üst seviyeye geçebilsinler. Bunun için bu kadar çok sınıflandırma içinde keşif yapabilmek adına çok fazla zamana ihtiyaç olacaktır.

Yazar buraya kadar olan araçların zorluklarını şöyle sıralamaktadır; “Geniş veri tabanında zaman harcama, Yönlendirme zorluğu ve mühendislik bakış açısını anlama, hangi biyolojik çözümün hangi ürün ile geçerli olacağını belirleme, problem tipine dayanan araştırmanın araçlarının olmamasıdır.”

Literatür taramasından sonra yazar şu boşlukları tespit etmiş ve önerisini de bu tespitlere oturtmuştur.

1. Problem tipine dayanan biyolojik bilgi araştırmalarına ait araçların olmaması,
2. Genişleyen veri havuzunun zaman tüketen metotları,
3. Biyolojik terimlerin sıklıkla mühendislere anlama zorluğu getirmesi,
4. Önerilen yöntemlerin sürdürülebilir olmaması.

Önerilen Yöntemin Genel Çerçevesi

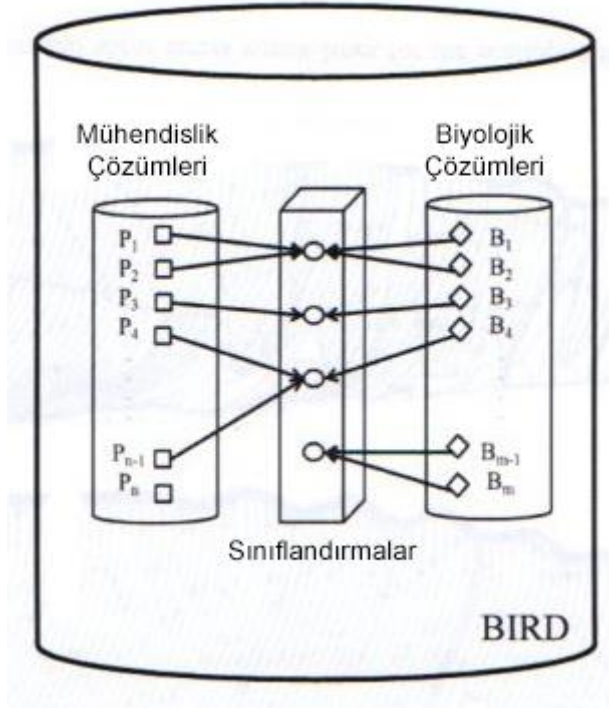
Birebir işlevi kopyalamaktan kaçınmak için; sınıflandırma yapılır. Bu önerilen sınıf şu ilkelere dayandırılır:

- Daha önce tasarlanmış biyomimetik ürünler incelenir.
- Birlikte gruplanan ürünlerin hangi problem tipine dayandığı tespit edilir.
- Yazınsal süreçle keşfedilecek biyolojik sistemlerin bir çok benzer sistemleri olabileceği göz önünde bulundurulur.

Bu ilkelere dayandırılarak ürün-olgu sınıflandırması uygulanır ve araştırma sürecinin bir üst seviyesine geçmek için bu sınıflandırma genişletilir. Bu sınıflandırma süreci ile yazınsal biyolojik tanımlama arasında benzerlikler araştırılır, ilham alınabilecek olgular bir takım haline getirilir. Bu yazınsal tanımlamalar yeni biyolojik olguları keşfetmek için kullanılır. Bu da veri tabanının genişlemesine imkân verecektir. Bu tanımlanan aracı oluşturmak, uygun sınıflandırma takımını ortaya çıkarmak için gereklidir. Doğru sınıflandırma, mühendislerin problem tipini belirlemede kullandıkları tanımlamaları geliştirmeye gerek duyar.

Bunlarla birlikte oluşan veri tabanında son kullanıcı aşağıdaki maddelerde oluşan kararları vermiş olacak ve bu sayede tasarımını bir üst seviyeye taşımış olacaktır.

- Sınıflandırmaya dayanan biyolojik olgular araştırması,
- Sınıflandırmaya dayanan ürünler araştırması,
- Özel ürün için ilham veren olgular keşfi,
- Özel ürün için sınıflandırma keşfi,
- Özelleşmiş ürüne dayanan ilişkilendirilmiş biyolojik olgular araştırması.



Şekil 4.2. BIRD ile oluşturulan tüm sistem

Yazar önermiş olduğu yöntemde kullandığı sanal veri havuzuna kısaca BIRD yani tasarım için biyomimetik inovasyon veri havuzu demiştir (Şekil 4.2). Bu yöntemin kullanıcılarını genel olarak mühendisler için düşünmüştür. Bu veri havuzu biyomimetik tasarım için destek aracıdır. Bu araç çift yönlüdür; tasarımcılara hem ilham kazandırır hem de tasarımcıların ilham eklemesini sağlamaktadır.

4.1.5. Yöntem önerilen beşinci yaklaşım

“Biomimicry for sustainability: An educational project in sustainable product design (Sürdürülebilirlik için biyomimikri: sürdürülebilir ürün tasarımında bir eğitim projesi)” başlıklı tez 2012 yılında Yekta Bakırlıoğlu tarafından yazılmıştır. Yard. Doç. Dr. Çağla Doğan tarafından yönetilen tez ODTÜ de endüstriyel tasarım bölümünde yüksek lisans tezi olarak yayınlanmıştır.

Üretim ve tüketimin eşitsizliğinden doğan sürdürülemezlik 1980’lerden sonra sürdürülebilirliğin doğuşuna ve tartışılmasına neden olmuştur. Bilimsel olarak da araştırma alanı haline gelmiştir. Gelişen alanda birçok yaklaşım geliştirilmiştir. Bunlardan biri de biyomimikri yaklaşımıdır. Yaklaşımların uygulanması ve daha anlaşılır kılınması için araçlar tasarlanmıştır. Bu çalışmada da bu araçlardan birinin nasıl tasarlandığı, nasıl uygulandığı ve ne derece etkili olduğu sorgulanmıştır. BSA (Biyomimikri Skeç Analizi) adı verilen araç ODTÜ’de 3. Sınıf öğrencilerine eğitim aracı olarak sunulmuştur. Fikir geliştirme aşamasında etkili olduğu belirtilen aracın olumlu ve olumsuz yönleri ortaya çıkarılarak sonuçlandırılmıştır.

Öğrencilerin ve tasarım eğitiminde sürdürülebilirliğin nasıl kullanılacağı ya da biyomimikri tablolarının nasıl kullanılacağı ve değerlendirileceği bilinmediği için, ürün tasarım sürecinin yeterince biyolojiden ya da doğadan faydalanamaması nedeniyle böyle bir konu üzerine çalışılmaya gidilmiştir.

Endüstri ürünleri tasarımı eğitimi müfredatında biyoloji dersi olmadığı için ve üniversitelerde kullanılan biyoloji kaynaklarının tasarıma yönelik yazılmaması nedeniyle böyle bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntem üç aşamadan meydana

tasarımında kullanılan fotoğraflama vb. gibi yalın araçları kullanma, elde edilmiş analiz sonuçlarını skeçlerle hem gözler önüne serme ve hem de analiz etmeye devam ederek uygulamaya aktarma aşamalarını içermektedir. Bir bakıma, bu yöntem ürün tasarımının süregelen kendi özel yöntemlerinden birisi gibi dolaysız bir çağrışım içerir.

4.1.6. Yöntem önerilen altıncı yaklaşım

“On biologically inspired Designs and Methods” (Biyolojik olarak ilham alan tasarımlar ve yöntemler) başlıklı doktora tezi 2010 yılında sunulmuştur. Makine mühendisliği ana bilim dalında Hugo Tiago Carreira Pedro tarafından hazırlanan çalışma Dr. Marcelo Kobayashi danışmanlığında yürütülmüştür.

Yıllar öncesine dayanan var olanı ya da yeni teknolojiyi geliştirmek için doğayı kopyalama girişimi, Çinlilerin yapay ipeği üretmesi ve Leonardo da Vinci'nin uçan makine tasarımı kadar eskidir. Biyomimetik, biyonik ve ya biyomimikri olarak bilinen bu yöntemlerin teknolojiye aktarımları bazı durumlarında doğrudan olabilir. Doğal yapıların ya da insan yapımı nesnelerin gerektirdiği koşullar aynı amaca hizmet etmekte ve benzer kısıtlar altında uygulanmaktadır. Bu çalışmada içerisindeki mühendislik tasarım çalışmalarının örnek olaylarından bir tanesi şudur: kambur balinanın yüzgecinden ilham almış biyomimetik kanat. Bu tasarım hesaplamalı akışkanlar dinamiği yoluyla detaylı bir şekilde çalışılmıştır. Bu çalışmanın detayında şu tasarım görülmektedir; en son teknoloji ile hazırlanmış yüzgecin karakteristik özelliği olan tümseklerin aerodinamik performansının geliştirilmesi. Çünkü genelde mühendislik tasarımının, doğa ile farklı amaçlar, farklı kısıtlar, farklı malzemeler gibi konularda bir paralelliği yoktur ve kopyalama da bir çözüm değildir.

Topoloji yardımı ile, şekil ve boyut optimizasyonu için yeni bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntem BioTOM adı verilmiştir. Bu metot doğanın yapısındaki bakmamakta ama doğal seleksiyon sürecini mühendislik uygulamaları için en uygun tasarımı sağlamak adına kullanmaktadır. Dahası BioTOM için düzen üretimi, tek hücreden çok hücreli yapılara kadar hücre

bölünmesi ve büyümesi boyunca hücrel gelişimini taklit etmektedir. BioTOM, topoloji optimizasyonu içinde, bir çift karşılaştırmalı değerlendirme problemlerine uygulanır. Daha sonra BioTOM, mühendislik görüşlerinden diğer iki topoloji optimizasyonu problemine uygulanır. Sonuçlar göstermiştir ki BioTOM, topoloji ve şekil optimizasyonunda ağırlığı azaltmak, aerodinamik performansı artırmakta kullanılan çok yararlı ve genel kapsamlı bir yöntemdir.

Topoloji optimizasyonu mühendislikte önemli bir alandır (Bendsoe & Sigmund, 2003). Optimum dağıtım sağlama ve sınırlı alanda malzeme düzenlemesi hedeflenmektedir, buna alan tasarımı denmektedir. Bu düzenleme belirli sabitlere cevap verdiğinde bir nesnenin optimizasyonu olmuş demektir. Mevcuttaki topoloji optimizasyonu metotları içerisinde biyoilhamlı algoritmalar büyük bir rol oynamaktadır (Pedro & Kobayashi, 2011).

Aslında doğanın sürecini taklit eden sayısal biyoilhamlı algoritmalar, tekil ve çoğul nesnelerin optimizasyon problemlerini çözmek için geliştirilmektedir. Bunlardan bazıları şöyledir; yeniden birleştirmeyi taklit etme, karınca kolonisi, parçacık küme ve genetik algoritmadır (Deb, 2001).

Son yıllarda genetik algoritmalar araştırmaları ilgiyle artmaktadır. Bu ilgi büyük ölçüde girift araştırma boşluklarından ve kopyalama yaparken basit gereklilikler ile birlikte araştırmalar ve küresel ulaşımdaki yararlılığından kaynaklanmaktadır. Bu nitelikler, özellikle topoloji optimizasyonuna uygun olmaktadır. Çünkü araştırma boşluğunun boyutsal sınırsızlığı oldukça karmaşık nesnelerin ve sabit işlevlerin var olmasına neden olmaktadır.

Lindenmayer sistemi olarak da bilinen 'L' haritalama sistemi 1960'lı yılların sonuna doğru biyolog Aristid Lindenmayer tarafından ortaya koyulmuştur. Yıllar geçtikçe 'L' haritalama sistemi önemli bilimsel bir teori halini almış ve çok fazla kollara ayrılmıştır. Bitki gelişiminden matematiğe, bilgisayar grafiklerinden müziğe kadar genişlemiştir.

Bu çalışmada biyolojinin ontojenik³ prensipleri incelenmektedir. Metodun tanımı için gerekli olan ‘L’ haritalama sisteminin elemanları sunulacaktır. Bu çerçevede ‘L’ haritalama sisteminin genetik kodlarını ortaya çıkaran yapısal model tanımlanmaktadır.

Önerilen metodoloji bundan sonra BioTOM olarak sunulmuştur. BioTOM, yaşayan organizmalarda hücresel bölünme süreçlerinden ilham almıştır. Hücresel bölünme programı ‘L’ haritalama sistemini takip etmektedir.

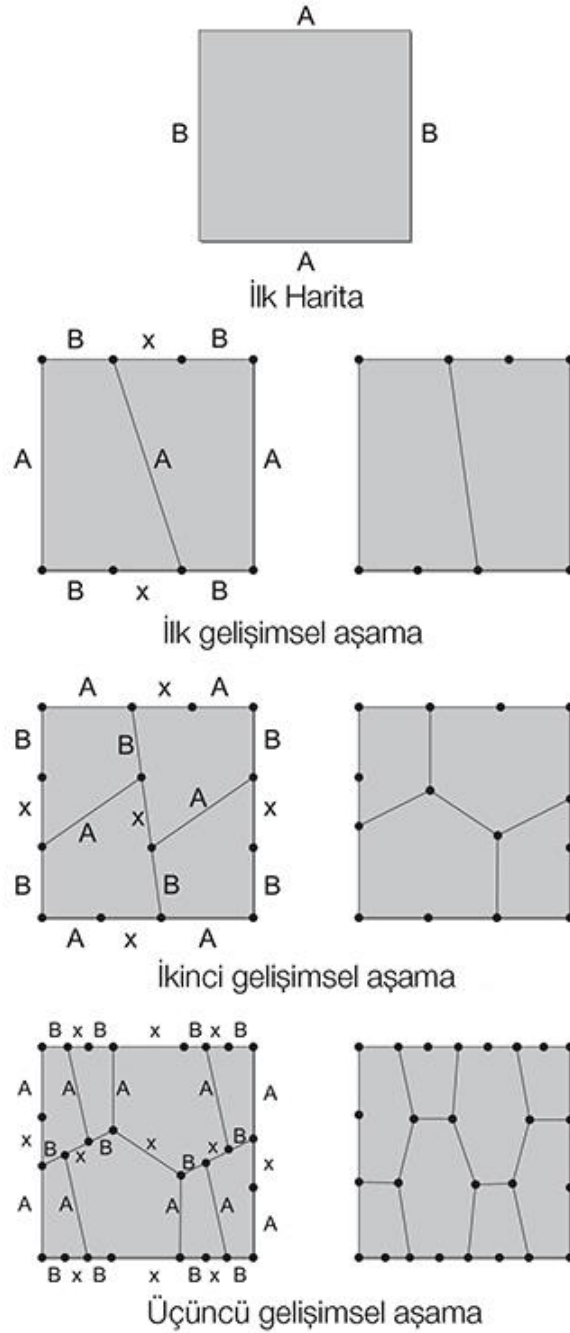
‘L’ haritalama sisteminde haritalar bulunmaktadır ve bu haritalar hücresel bölünme kurallarına göre değişim göstermektedir. Harita sınırlı bir bölge olarak tanımlanmaktadır. Her bölge kenarların artarda gelmesiyle ve köşelerde kenarların keşişmesi ile sınırlanmaktadır. Her köşe bölgenin sınırlarının bir parçasıdır ve bölgeler tamamen birleşirler. Bu haritalar hücresel katmanlara benzetilebilir. Bu katmanların yeri bölgelerin sunduğu hücreler ve köşelerdir.

Hücre bölünme süreci türev safhası öncesinden gelir. Bu fazda ilk olarak üretim kuralları haritadaki tüm kenarlarda uygulanmaktadır. İkincil olarak, tüm hücre köşeleri eşleşen işaretler ile taranmaktadır. Eğer hücre içerisinde iki işaret yer alıyorsa –bunlar aynı harfi taşıyorsa ve birbirlerine yönelmişse– bu işaretler eşleşir. Bölünme kriterine bağlı kalınarak; bir hücre bölünmesi işaretlere bağlanarak düzenlenir. Bir çiftten fazla eşleşen işaretler bir hücrede bulunabilir. Bu durumda yöntemin çift karakteri sayesinde bir çift işaret bağlantı için seçilir ve kalan işaretler atılır. Aşağıda hücresel bölünmeye örnek olarak verilen aşamalardan ilk dört aşama şekilde görülmektedir (Şekil 4.4). Sol kolondaki şekiller her bölünme sonrası aşamayı gösterirken, sağ kolondaki şekiller ise topoloji dengesini göstermektedir.

Topoloji dengesine bakıldığında yaşayan organizmalarda asıl hücresel bölünme iki aşamaya bağlıdır: düzgün bölünme ve hücresel dinamik aşamalarıdır. Bu iki aşamanın birleşimi gelişim ve değişimi dolayısıyla BioTOM’un özünü şekillendirmektedir. Genetik algoritma gibi evrimsel algoritmalar biyolojik

³ Ontojenik: Bir organizmanın yumurtadan olgun formuna kadar geçirmiş olduğu değişim ve gelişim

metaforlardır. Bu metaforlar kaliteli tasarımı tanımlayarak, tekrar birleştirerek ve özelliklerini zenginleştirerek üretmektedirler.



Şekil 4.4. Hücresel bölünme sürecinde ilk üç adım

Hesaplama metoduna benzer şekilde doğal sistemlerde sınırlı kodlama sistemi olan DNA ile sınırlandırılmıştır. Fakat doğanın sert bir şekilde farklı çözümler ile sınırlı problemleri böldüğü yerde DNA doğrudan düzen şablonunu

kodlamaz. Bundan ziyade DNA derlenip yerine getirilmiş performans sergilediğinde gelişmiş bir program kodlamaktadır. BioTOM için seçilen yapı, bir sonraki programlı kodlama seçenekli tasarımın araştırmasını iki durumda etkilemektedir.

Yönlendirme: BioTOM'daki ontojenik model seçenekli tasarım için araştırma sürecini yönlendirir. Bu yönlendirme genetik algoritmanın yararlılığını tasarım boşluğunda iyi özellikleri keşfetmek için geliştirir.

Tasarım Önerme: BioTOM yapısal elemanların gelişimini biçimlendirir ve değiştirir. Dolayısıyla bu yalnız önerme tarafından sınırlandırılmaz. Sunum ile BioTOM arasındaki ayrım önemlidir çünkü bu genetik algoritma metodunun hem yararlılığını hem de etkinliğini değiştirir.

Birleşimi bu iki durumu etkiler: 'yönlendirme' ve 'tasarım önerme'; büyük ölçüde neden BioTOM'un mevcut genetik algoritmaya göre daha üstün olduğunu açıklamaktadır. Yönlendirme BioTOM'a sadece uygun yapıyı araştırmak için izin vermekte iken, ince detaylardaki tasarım önerme'nin artması ise yüksek performanslı tasarıma ulaşmaya izin vermektedir.

4.1.7. Yöntem önerilen yedinci yaklaşım

Georgia Teknoloji Enstitüsünde Dr. David W. Rosen danışmanlığında 2008 yılında yazılan doktora tezi "A systematic approach to bio-inspired conceptual design" (Biyolojiden ilham alan kavramsal tasarımın sistematik yaklaşımı) başlıkla sunulmuştur. Tez Jamal Omari Wilson tarafından makine mühendisliği anabilim dalında yazılmıştır.

Kavramsal tasarımda, tasarımcı yenilikçi tasarım çözümleri için araştırma yapacak ilk kişidir. Bu araştırma süreci; tasarımcının tasarım süresini tanımlar ve bitmiş tasarım çözümlerinin kalite ve etkinliğini gösterir. Sınırlı usallık teorisine göre; tasarım süresi tasarımcının sınır konulmuş mantıksal kabiliyetleri ile sınırlandırılmıştır. Sınırlı usallık tarafından dayatılan limitlerin üstesinden gelmek için tasarımcılar sıklıkla fikir geliştirmeye yardımcı olacak çeşitli

teknikler üzerine çalışırlar. Bunlar uygulama alanının içerisinde benzer çözümleri barındırır. Buna rağmen tasarımcılar yaygın olarak çözümlerin artılarını almakta ve diğer bilimlerin, teknolojilerin uygulamaları konusunda hata yapmaktadırlar. Ve hatta teknik problemler ve yabancı bir alandan gelen benzer problemlerin çözümleri arasındaki benzerlikleri tanımada hata yapmaktadırlar. Bu probleme değinmek, ilerideki araştırma sorununa “ kavramsal tasarımda tasarımcıya daha yararlı olacak şekilde kavrayış yeteneğine nasıl yardımcı olabiliriz” sorusu önerilmektedir. Bu araştırmada biyolojik stratejiler kavramsal tasarımda tasarımcıya yardımcı olmaktadır. Yüzlerce yıl boyunca araştırma ve geliştirme, doğa problemlerinin yüzleşmiş olduğu yüksek verimli ve ekonomik çözümler geliştirmektedir. Doğadan çalışılacak duruma getirilecek tasarım stratejileri, tasarımcının karşılaştığı mühendislik problemlerini daha etkili çözerek cevap verecektir.

Bu araştırmanın temel hipotezi şudur: Biyolojik sistemlerin, zengin bir davranış modeli ve strateji kaynağı üretmek için yardımcı olmasını sağlamaktır. Bunun yanı sıra biyoilhamlı kavramsal tasarım için önerilen yaklaşımların, tasarımcıya ilgili biyolojik sistemleri tanımlamada ve kavramsal tasarım içerisinde biyolojik stratejileri kullanmada daha çeşitli tasarım fikirleri, büyük eserlerin tasarım fikirleri ve daha yüksek kalitede tasarım fikirleri üretmek için yardımcı olmaktır.

Hipotezin ana iddiaları şunlardır; biyolojik sistemin sunumu, davranışsal analiz, etkili erişim, kavramsal tasarım üzerine biyolojik stratejilerin etkilerini değerlendirmektir.

Bu araştırmada sunumlar biyoloji ve mühendislik alanlarında bulunan boşluğa köprü kurmak gibi anahtar bir rol oynar. Araştırmanın ilk bölümünde; zengin ve nedensel davranışsal model biyolojik sistemlerin tutumu için geliştirilmiştir. Bu amaçla, hiyerarşik Petrinet sunumu ortaya koyulmuştur. Bu sunumun hem davranışsal artırım hem de soyutlama sunumu gibi avantajları bulunmaktadır. Davranışsal modelin amacı; sistemli olarak biyolojik sistemlerde tasarım stratejilerini açmak ve böylece tasarımcıya destek olmaktır. Daha sonra davranışsal model içinde tutarlılığı sağlayan sistematik metot (Tersine mühendislik, biyolojik sistemler metodu) analiz ve biyolojik sistemin hareketi için

geliştirilmiştir. Bu metodun amacı da hiyerarşik seviyeler karşısında davranışsal sistemin ana özelliklerini korumak olarak sunulmaktadır.

Kavramsal tasarım içerisinde biyolojik stratejiler ile alakalı tanımlama doğadan ilham alan tasarımın anahtar konusudur. Mevcut yaklaşımlar biyolojik bilgiye ulaşmayı ve depolamayı sağlamak için yararlı olmasına rağmen, mevcut erişim stratejileri sıklıkla ya çok fazla ya da ilgisiz çözümler ile sonuçlanmaktadır. Bu araştırma da mühendislik varlık bilimi, hiyerarşik Petrinet sunumundaki konseptlere dayanarak geliştirilmiştir. Daha sonra bu varlık bilimi DL⁴-Mantık Tanımlama kullanılarak strateji kaynağı içinde şifrelenmiştir. Biçimsellik sunum bilgisi, alan bilgisi sunumunda ve bunun hakkında muhakeme yapmakta kullanılmıştır. DL-Mantık Tanımlama içinde çıkarım algoritmasının kapsamı; hem tutarlı hem de biyolojik stratejilerin kesin erişimi sağladığını göstermektedir. Mevcut yaklaşımlar ile biyolojik stratejiler erişimi ve sunumu karşılaştırıldığında erişim kapsamının daha yararlı olduğu bulunmuştur.

‘Tersine mühendislik-biyolojik sistemleri’ için metot oluşturmak ve strateji kaynağı belli iki yaklaşımla sentezlenmiştir; probleme dayalı ve çözüm odaklı yaklaşımlar.

Probleme dayalı yaklaşımda, tasarım mühendislik ile başlamakta ve mühendislik tasarımı çerçevesinde çözümler araştırmaktadır. Bu yaklaşımda strateji kaynağı ilgili biyolojik stratejiler belirlenerek ve fikir geliştirme teşvik edilerek kullanılmaktadır. Kavramsal tasarımda probleme dayalı yaklaşımın geçerliliği için makine mühendisliği öğrencilerinin bilişsel çalışmalarında, örnek olarak kurşungeçirmez zırh tasarımı kullanılarak sağlanmıştır. Biyolojik stratejiler büyük tasarım fikirlerini geliştirmeyi artıran bir yaklaşım olarak bulunmuştur. Hala da çok çeşitli tasarım fikirlerini barındırmaktadır.

Çözüme odaklı yaklaşımda ise tasarımcı biyolojik çözümle işe başlamakta ve mühendislik alanı içinde bu sistemin davranışını taklit etmektedir. Bu

⁴ DL: Description Logic (Mantık Tanımlama) 1980’lerde bu ismi almıştır. Daha önce terminoloji sistemleri ve kavram dilleri olarak tanımlanmıştır. Yapay zekâda tanımlama için kullanılır. Resmi bilgi sunumu dilleri ailesidir.

yaklaşımında ‘tersine mühendislik-biyolojik sistemleri’ metodu sistemli olarak biyolojik sistemlerin davranışlarını ayrıştırarak ve davranışsal stratejileri birleştirerek kullanılmaktadır. Bu stratejiler daha sonra yeni fikirleri üretme kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu yaklaşımın geçerliliğini ise biyoilhamlı sistemlerin tarihsel vaka çalışmalarında, örnek olarak ise renal değişim terapisi⁵ kullanılarak sağlanmıştır. Bu yaklaşımda biyoilhamlı sistemlerin elinde bulundurduğu analogik sistemlerin daha derin seviyede davranışsal benzerlikleri bulunmuştur.

4.1.8. Yöntem önerilen sekizinci yaklaşım

Dr. Cosmas Tzavelis danışmanlığında yürütülen bu çalışma 2012 yılında endüstri mühendisliği anabilim dalında sunulmuştur. Lin Lee tarafından yazılan lisansüstü tezinin başlığı şu şekildedir: “Biomimicry Design for Pre-fabricated Steel Module Inspired by Beehive” (Arı Kovanından İlham Alan Prefabrik Çelik Modülü için Biyomimikri Tasarımı).

İnsanoğlu her zaman doğayla birlikte yaşamaktadırlar. Doğa olmadan yaşayamazlar; çünkü bütün enerji kaynakları dünya üzerindedir. Maalesef bugünün teknolojisi ve bilimi birçok insanı doğanın gücünden habersiz hale getirmiştir. Doğa bütün gizemlerin tamamıdır ve bazı gizemler büyük ölçüde insanlar tarafından kendi teknolojilerinin yararına ortaya çıkarılmaktadır. Fakat doğadan öğrenmek için birçok hayret verici dersler vardır ve bunlar halen keşfedilmeyi beklemektedir. Biyomimikri, doğadan fikirleri uyumlu hale getirmenin adıdır.

Bu çalışmada, biyomimikri metodu çelik çerçeve tasarımında kullanılmıştır. Farklı türler ile çeşitli doğal yapılar çalışılarak bal arıları tarafından en iyi çapta ve özende hazırlanan arı kovanları bulunmuştur. Arı kovanındaki fikri

⁵ Renal Replacement Therapy: Doğal bir böbreğin çalışma prensibi üzerine kurulmuş, böbreğin çalışma fonksiyonları %10-15 altında iken çalışan bir sistemdir. (Health Communities Editör, 2015)

takip ederek altıgen çelik çerçeve tasarlanmıştır. Daha sonra bölünüp ölçülerek örnek bir tır dorsesine uyumu sağlanmıştır. Böylece çelik modül fabrikada prefabrik olarak yapılıp site kurulumu için taşınmıştır. Odaklanan noktada yığılmış tekrarlanan modüller kullanılarak yerinde kolay yapım sağlanmaktadır. Programlar tarafından yapılan çeşitli testler ile altıgen modeli ile kare modeli performans açısından karşılaştırılmıştır. Sonuçlarda altıgen tasarımın olumlu olduğu, bunun da biyomimikrinin çelik yapıların teknolojisini iyileştirmek için değerli bir araç olarak sunulabileceği görülmektedir.

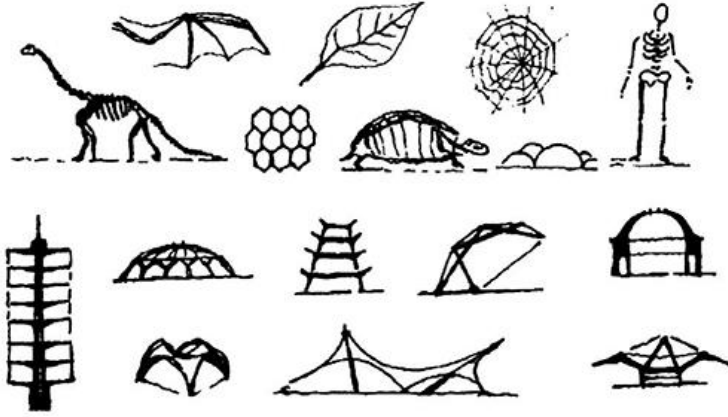
Doğada bulunan en vahşi hayvan ile en narin hayvanın iskelet yapılarına bakıldığında, tamamen doğal malzemeleri ile minimum artılla ve çevre içinde iklimsel güçlere direnmeleri ile bu hayvanların iskelet yapılarının ne kadar güçlü olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmanın amacı biyomimikri yaklaşımı kullanılarak çelik yapı modül tasarımı yapmaktır. Modül yapısını oluşturmak için doğayı danışman gibi kullanmak gerekir. Bunun yanı sıra yapının düzen bilgisinin nasıl uygulandığı da çalışılması gereken bir başka konudur. Bu tasarım sadece estetik olarak değil bunun yanı sıra yararlı ve doğal model gibi doğal olmalıdır. Başka bir ifadeyle son tasarım hem uygulamada hem de danışma amaçlı olarak doğayı simgelemelidir.

Bilim insanları ve mühendisler belirli çevresel koşulları ileri teknoloji ile alt üst etmektedirler. Buna rağmen teknolojik sürecin oranı psikolojik değişimin oranından çok fazladır. Bu olgu insan hayatı üzerindeki birçok akli ve fiziki baskıyı düşürmektedir. Biyofili tasarım, doğal ve mevcut habitatın birleşimi gibi problemlerle ilgilenmektedir. Burada görülüyor ki biyofili tasarım binanın sadece yapı sürecinin daha yeşil olmasına yardımcı olmakla kalmamaktadır. Bunun yanı sıra insanın refahını da korumaktadır. Bu tasarım yaklaşımı, ekonomi ve çevresel kazanımlar gibi sadece insan yararına hizmet eden bilgilere önem atfetmemektedir; bundan daha da önemli olarak, doğal dünya için gerçek aşkı vurgulamaktadır.

Binaların iskelet yapıları birçok pozitif etki oluşturabilir. Buradan yola çıkarak yapılacak binaların da insanları süslü ve lüks ölçüsünde tatmin edebileceğini, fakat yapay olarak zevk veren bu görünüşlerin insanlara birçok psikolojik baskıya sebep olabileceğini bir kere daha vurgulamaktadır. Bu konuyu

çözmek için de binanın doğa ile çatışmamasını bunun aksine doğaya karışmasını istemektedir.

Yazar, kendine kaynak olarak doğadan ilham alma: hayvanlar (biyoloji ve bina bağlantısı) kitabını seçmiştir. Ve buradan örnekler vererek tezini kuvvetlendirmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Doğa (Üst) ve İnsan (Alt) Yapımı Yapısal Sistemler

Dünyada birçok yapısal şekil vardır. Bunun en basiti küp formudur. Küp formu 90 derecelik köşeleri ile son derece sağlam bir yapıdır. Küp biçimi dikkate alınarak, geometrik yapıların diğer birçok, altıgen, beşgen gibi örnekleri oluşabilir. Bu şekil çalışmasının amacı doğadaki en iyi şekli, tasarlanacak iskelet yapısı için bulmaktır. Böylece amaç, bina düzen bilgisinin yararlılığını artırmak ve doğal bir simge etkisi vermesini sağlamaktır. En keskin geometrik yapıların benzerlerini bile, doğadan aramak ve bulmak mümkün olabilir.

Bu anlamda altıgen, beşgen ve karenin formları denenerek hem yüzeysel hem de hacimsel malzeme kullanımı ölçülerek kar-zarar ilişkisi kurmaktır. Bu kapsamda arı kovanının altıgen dokusundan ilham alınarak altıgen şeklinde çelik modül tasarlanmıştır. Modül tasarımının nihai hedefi düzgün altıgen şekle sahip prefabrik çelik modül ile birlikte çözüm yolu bulmaktır. Böylece kurulacak mekâna kolayca depolanabilmesi ayrıca bir avantajdır. Bu sayede hem zamandan hem de kuvvetten kazanç sağlanmış olacaktır. Modülün nakli için tır dorsesi

kullanılması sabit tutulup bu aracın hacmine sığacak ölçülerde tasarlanması da zorunlu hale gelmiştir.

Tercih edilen iki form – kare, altıgen – tasarım değişkenlerine göre analiz edilmiştir. Öncelikle yapılacak tasarımın yüksekliğine göre, daha sonra sabit, hareketli, rüzgâr ve deprem yüküne göre analiz edilmiştir. Yük ve direnç analizleri için LRFD⁶ metodu kullanılmıştır.

Bu çalışmada geçen biyofili (biophilic) tasarım hakkında kısaca bilgi vermek çalışmayı daha iyi anlamak için gereklidir.

Stephen Kellert'in öncülüğünde 1990'lı yıllarda *Biophilic Hypothesis* yayını ile literatüre giren bu kavramın elemanları şu şekilde sıralanmaktadır (Epstein, 2015):

1. Çevresel özellikler
2. Doğal şekil ve formlar
3. Doğal dokular ve süreçler
4. Işık ve boşluk
5. Mekân odaklı ilişkiler
6. Değişen insan-doğa ilişkisi

Bu tasarım yaklaşımında amaç sadece çevrenin inşa edilmesinden kaynaklanan zararları azaltmak değil, buna ek olarak inşa edilen çevrenin hoş giden ve eğlenceli olması beklenmektedir. Doğal çevre üzerindeki etkisinin zararlarını en aza indirmek ve hatta zararlarından sakındırmak araştırılmaktadır (Molthrop, 2015).

Biyofili tasarım ilkeleri hem insanların hem de çevrenin büyümesine izin veren çeşitli bağlamlar içerisinde uygulanabilmektedir. İnsan psikolojisi doğa ile irtibatta kalmaktadır ve kendi binalarına doğayı davet etmesi hem modern yaşam şeklinin devam etmesi hem de ilkel gereklilerini azaltmayı sağlayan ideal bir yoldur (Kellert & Heerwagen, 2009). Pozitif etkileri özellikle de sağlık hizmeti

⁶ LRDF: Load and Resistance Factor Design

alanında görülmektedir. Özetle, eski mimarlar doğanın formunu taklit etmişler, muhteşem yapılar üretmişler, biyofili tasarımının özgün konseptini kullanmışlardır.

Çalışmanın sonucunda formu belirlerken doğayı kullanmasına rağmen nihai üründe disiplinin gerekliliklerine göre çalışma yapmıştır. Yazar, biyomimikri yöntemini çalışmanın başında danışman olarak kullandığını belirtmiş, daha sonra biyofili tasarımına yönelmiştir. Fakat bu yaklaşıma dair ilkeleri net bir şekilde çalışmasına almamıştır. İlkeler sonradan incelendiğinde yukarıdaki bu altı aşamadan geçtiği görülmektedir.

4.1.9. Yöntem önerilen dokuzuncu yaklaşım

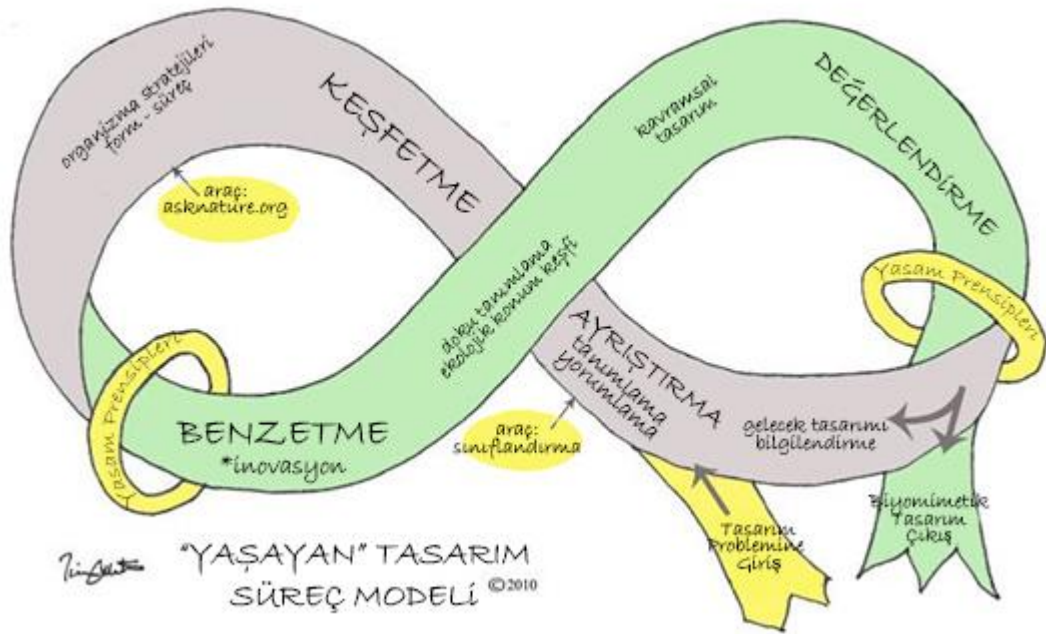
Timothy Lee Albertson tarafından yazılan tez mimarlık ana bilim dalında jüriye sunulmuştur. Çalışma Nevada Üniversitesi'nde 2010 yılında Lee-Anne Milburn danışmanlığında "The integration of Biomimicry into a built environment design process model: An alternative approach to hydro-infrastructure" (Çevresel Yapılı Tasarım Süreci Modelinin Biyomimikri ile Bütünleştirilmesi: Hidro-Altyapıya Alternatif Bir Yaklaşım) başlığı ile yazılmıştır.

Planlamayı, tasarımı ve sürdürülebilir insan ürünü çevre yapımını destekleyen mevcut metotlar ve süreçlerde geri besleme döngüsünün ve disiplinler arası ortak dilin eksiklikleri tespit edilmiştir. Binlerce yıllık gelişim sonucunda doğa, tasarım şablonlarını bir set halinde sunmakta ve bu şablonlar tasarımcılara şık, sürdürülebilir ve inovatif çözümleri oluşturmada rehberlik etmektedir. Son dönem de doğadan ilham alan yaklaşımlardan biri olan biyomimikri de doğanın en iyi fikirlerini sunmakta ve insanoğlunun kullanımı için adapte etmeye analiz olanağı vermektedir. Dolayısıyla insan yapımı çevre, biyomimikri gibi bir disiplinin eklenmesinden yarar sağlayacaktır.

Biyomimikri alanının önermiş olduğu sürdürülebilir uygulamalar ile örnek olan bir insan yapımı çevre de hidro-altyapıdır. Bu altyapı insan medeniyetini destekleyen su sisteminin yönetimini içermektedir.

Bu çalışmada tasarım süreci modeline biyomimikri alanı eklenmiştir. Önerilen tasarım süreci modeli, organizma stratejilerini araştırarak bileşenlerin daha ileri seviyede damıtılmasına izin vermektedir. Bu stratejiler kavramsal tasarım seçenekleri ile çeşitli büyüklükte hidro-altyapı uygulamalarına aktarılacaktır. Hayatın prensiplerini bu modele eklemek biyomimikriyi daha ulaşılabilir yapacak ve bundan dolayı daha geniş çapta kabul edilmiş endüstri ve tüm türlerin sürdürülebilirliği yarar sağlamış olacaktır.

Yazar, önermiş olduğu tasarım sürecine “Yaşayan” Tasarım Süreci Modeli adını vermiştir. Yöntemi çalışılacak disiplin ya da bilim dalına göre tekrar uyarlamıştır. Biyomimikri’de bilinen süreçler burada da uygulanmaktadır. Ayrıştırma, Keşfetme, Benzetme ve Değerlendirme aşamaları olarak dört temel aşamada yöntem önerisi yapılmaktadır (Şekil 4.3). Dört aşamalı bu süreçler bu tezin gelişimi adına da önemli olabilir. Yazar bu dört temel aşamayı kendi çalışmasında da uygulayarak tezinin bölümlerini buna göre bölümlemiştir. Örneğin, üçüncü bölümünü ayrıştırma, dördüncü bölümünü ise keşfetme olarak adlandırmıştır.



Şekil 4.6. Yaşayan Tasarım Süreci Modeli

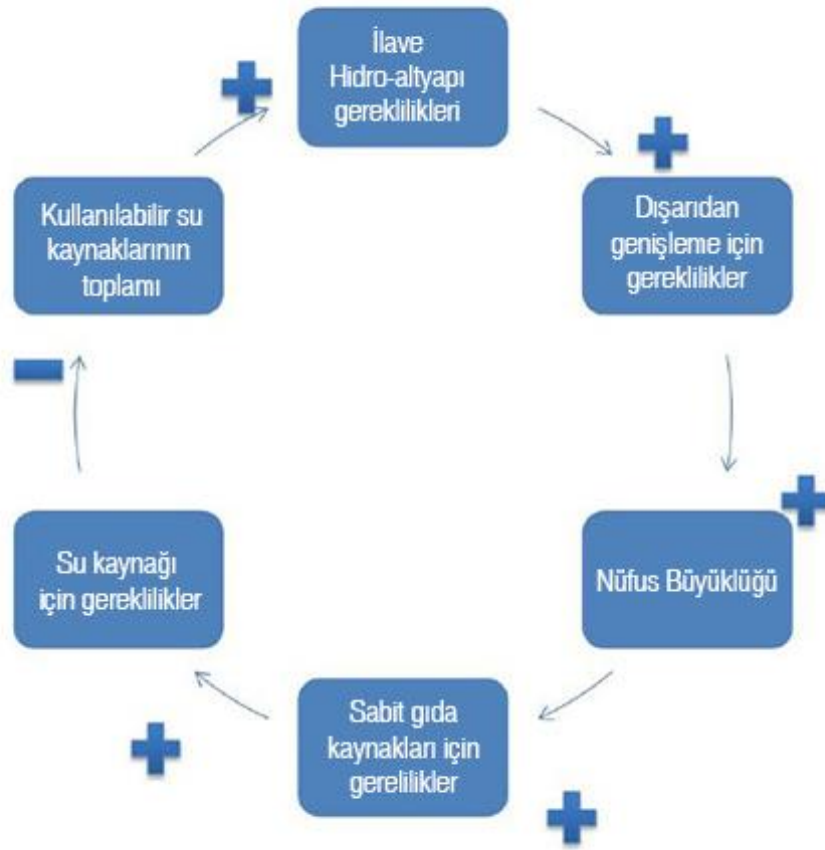
Ayrıştırma: Bu aşamada tasarım problemi başlangıç noktası olarak hizmet etmektedir. Ana hedeflerinden ilki; problemi anlamak, ikincisi; tasarım problemini ayrıştırarak bileşenlerini belirlemek, üçüncüsü; bir sonra ki aşama içinde biyolojik terminolojiye aktarılan fonksiyonlar içinde tasarım problemini yorumlamaktır.

Keşfetme: Bu aşamada doğa içinde organizma stratejilerini keşfetme araştırılmaktadır. Daha sonra doğaya has belirlenen özelliğin ya formunun ya da sürecinin aktarılması önerilmektedir. Organizma stratejileri; düşünce özgürlüğünün derinlikten daha önemli olduğu bir alt aşamadır. Uygulamanın olmaması durumunda araştırmanın çok ağır ilerlediği belirtilmektedir.

Benzetme: Dokular ve ekolojik konumdan meydana gelmektedir. Dokular, mevcut tasarım süreçleri ile organizma stratejileri arasındaki ortaklıkları saptamaya yardımcı olmaktadır. Kavramsal tasarım aşamasında ise doku tanımlama ve ekolojik konum keşfinden alınan araştırmalar birleştirilmektedir.

Değerlendirme: Bu aşama, önerilen tasarımın hangi yolla ve ne boyutta başarılı olacağını öngören geri besleme döngüsü ile araştırılmaktadır.

Bununla birlikte disiplinin getirmiş olduğu gereklilikler belirlenmiştir (Şekil 4.7). Bunlar tasarım problemi olarak dört ayrı bileşende toplanmıştır; su yönetimi, su toplama, su depolama ve su dağıtım. Önerilen tasarım süreç modelinde sürekli geri besleme alınarak yöntem uygulanmıştır. Bu çalışmada vaka çalışması olarak Las Vegas Vadisindeki yerleşim yerleri 3 farklı büyüklükte ele alınmıştır. Küçük boyut (binalar) , toplum boyutu (master plan) ve büyük boyut (bölge) olarak ele alınmıştır.



Şekil 4.7. Sosyal Hidro-altyapı Geri Besleme Döngüsü

Çalışmanın sonunda uygulanan tasarım yöntemi şunu göstermektedir; Las Vegas Vadisi hidro-altyapısında yapılan tasarımın tamamı ile doğadaki su yönetimi birbirini tutmamaktadır. Doğa ‘yerinden yönetimli’ şekliyle davranırken, mevcut sistem ‘merkezi yönetimli’ olarak hareket etmektedir. Buradan hareketle alternatif bir sistem önerilmektedir: Vadinin ‘yerinden yönetim’, master planı ile biyomimikri ilhamlı bileşenlerin bütünleştirilmesi olarak sunulmuştur.

4.1.10. Yöntem önerilen onuncu yaklaşım

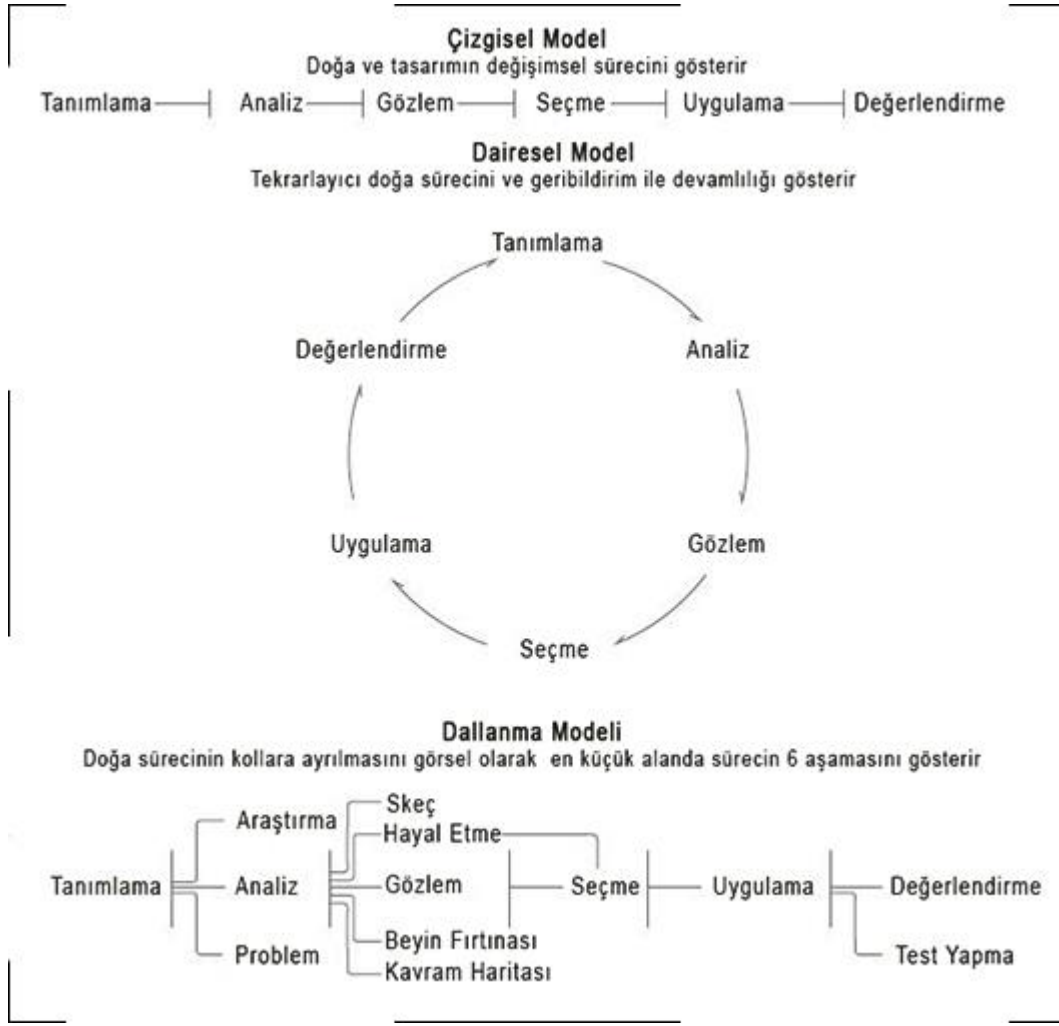
Rochester Teknoloji Enstitüsü’ne bağlı Grafik Tasarım bölümünde yüksek lisans tezi olarak yazılan çalışma 2012 yılında sunulmuştur. Yazar Margaret

Mckosky tarafından yapılan çalışma “Graphic Design+Biomimicry: Integrating Nature into Modern Design Practices” yani Grafik Tasarım+Biyomimikri: Modern Tasarım Uygulamaları ile Doğayı Birleştirmek başlıklı olarak yayınlanmıştır. Tez, Nancy Ciolek danışmanlığında yürütülmüştür.

Bu lisansüstü çalışmada grafik tasarım ve biyomimikrinin ilkelerini ve yöntemlerini nasıl etkili bir şekilde birleştirileceğini keşfedilmektedir. Amaç, sonucunda başarılı, sürdürülebilir ve zamansız tasarım çözümleri bulan inovatif tasarım süreci oluşturmaktır. Bu süreç bugün sürekli toplumun karşılaşmış olduğu problemleri çözmeye yardımcı olmak için öneri sunan doğanın yararlarını tasarımcılara hatırlatmak anlamına gelmektedir. 3.8 milyar yıldır doğa, ne işe yaradığını, neyin uygun olduğunu, neyin daha önemli olduğunu ve neyin sürdürülebilir olduğunu bulan yaratıcı hünelerini kullanmaktadır.

Son basım uygulamasında tez belgelerinin tamamıyla tüm araştırma, süreç ve bulguları katalog haline getirilerek rehber kitap kaynağı olarak rol oynamaktadır. Bu uygulama doğanın 14 tasarım ilkesinin uygulaması olan dolaylı metodu ve biyomimetik tasarım sürecindeki 6 aşamanın – Tanımlama, Analiz, Gözlem, Seçme, Uygulama ve Değerlendirme – uygulaması olan doğrudan metodu içerir. Her bölüm grafik tasarım+biyomimikri süreci aşaması olarak tanımlanmıştır. Kullanıcının sunulan konuyu kavramasını artırmak için bilgilendirici çizelgeler, diyagramlar, yazı ve fotoğraflar içermektedir.

Genel olarak bu tez tasarımcıyı farklı düşünmeyi cesaretlendirmekte, inovatif, deneysel bir tasarım çıkarmak için zorlamaktadır. Tezin yakın amacı tüm dünyayı ve her şeyi kapsamaları için iyi yapmak potansiyeline sahip iyi tasarım yaratmaktır. Çağdaş tasarımcılar büyük bir şansın eşliğindedir: Tasarımcılar bu düşünceyi dönüştürecekler mi ya da tasarım, insan ve daha da önemli gezegenimiz için geleceğimizi olumlu şekillendirmeye yardımcı olan biyomimikri zihniyeti ve yeni üsluptaki düşünceyi sahiplenecekler mi?



Şekil 4.8. Biyomimetik tasarımın görsel süreci (Mckosky, 2012)

Yazar “doğayı kullanarak kendi ilhamlarını daha sürdürülebilir tasarım çözümleri için grafik tasarım ile biyomimikrinin bütünleşmesindeki bu yeni ve inovatif tasarım süreci tasarımcılara farklı düşünmeye yardımcı olacak mı?” sorusundan yola çıkarak cevap aramıştır.

Tezde işlenen konuda iki ayrı disiplinin incelemesini yapan yazar öncelikle kendi alanında belirlemiş olduğu yaklaşımı açıklıyor. Yaklaşımın üç ana başlıkta toplandığı görülmektedir. Çizgisel, dairesel ve dallanma. Daha sonra biyomimikri yaklaşımının aşamalarını 6 ana başlıkta toplamıştır. Bu iki yaklaşımı bir arada sunarak bir yöntem ortaya çıkarmaktadır. Biyomimetik tasarımın görsel sürecine bakıldığında, üç farklı model görülecektir; çizgisel, dairesel ve dallanma(Şekil 4.8). Bu üç modelin kullanılmasının sebebi; doğa sürecinin tekrar

etmesini vurgulamak, birden fazla dokunun değiştiğini netleştirmektedir. (Mckosky, 2012)

Çizelge 4.1. Grafik Tasarım - Biyomimikri Karşılaştırması

GRAFİK TASARIM (Teknolojik, İnsancıl)	BİYOMİMİKİRİ (Biyolojik, Doğa)
Tasarımcılar var olmayanı oluşturuyor.	Biyologlar var olan üzerine çalışıyorlar.
Grafik tasarımcıları araçlarını diğer tasarımcılardan ve tarihten ödünç alıyorlar	Doğa genetik kodlar tarafından işlenen genetik planı takip etmek zorundadır.
İnsanlar düzlük için büyük bir eğilime sahiptirler.	Doğa çok az düz yüzey yapar.
Tasarımcılar mekanik ve geometrik şekilleri severler.	Doğa çok az dik köşe kullanır daha çok eğimli çizgiler ve geçişler kullanır.
Tasarımcılar ve insanlar bir şeyi alarak, değiştirerek, ekleyerek, çıkararak oluşturmayı severler kullanmadıklarında da elden çıkarırlar.	Doğa parçalara böler ve en başından monte eder, hiçbir çöp oluşturmadan malzemeyi optimize eder.
Üretim boyunca brüt güç kullanımının sonucunda fazlalık, çöp ve kirlilik oluşmaktadır.	Yüksek oranda üretimde beceri kullanımının sonucunda beslenme ve koruma oluşmaktadır.
Bizim teknolojimiz ne sağlar?	Bizim neye ihtiyacımız var? Doğa bunu nasıl sağlar?

Yazar bu iki metodu değerlendirmek için büyük farklılıkların yanı sıra her iki açıdan ortaklıklara bakılmasının da önemli olduğunu vurgulamaktadır (Çizelge 4.1).

Yazar bütün bu tespitler sonucunda final baskı uygulaması yaparak bunun üzerinden hem yüz yüze gözlem hem de kullanıcı anketleri sonucunda okunabilirlik kavramının artmasına bağlı olarak doğru sonuç aldığını aktarmaktadır.

4.2. Meta Analiz Bulguları

Doğadan esinlenen tasarım, biyolojik olayları mühendislik problemlerinin çözümlüne ilham vermek için kullanır. İnsanlar günümüze kadar biyolojiyi tarih boyunca mitolojik örneklerden hayvan ve böcek benzeri robotlara kadar taklit

etmişlerdir. Doğal dünya zengin bir mühendislik problemlerinden uygulanacak potansiyel tasarım çözümleri önermektedir. Günümüze kadar doğadan esinlenen tasarımlar tipik olarak duruma göre yapısal tasarım metodolojisi olmadan üretilmiştir. Doğadan esinlenen tasarımın önündeki en büyük engel tasarımcının hem mühendislik sistemini hem de biyolojik sistemini iki alan arasında analogi kurmak için bilgi sahibi olmak zorunda oluşudur. Gelecekteki tasarımcılar, doğadan esinlenen tasarım araçlarının analogi yaratımlarına yardımcı olmak için ve ilişkili biyolojik tasarım uyarıcısını bulmak için halen geliştirilmekte olduğundan şanslıdırlar.

Eğer bir tasarımcı uygun tasarım araçlarının farkında değilse, o aracın avantajlarından tam olarak faydalanamaz. Aslında doğanın tasarım ilhamının bütünü tasarımcı tarafından kullanılan bilgi ile birlikte organize edilemediğinden kaynaklanan bir verimsizlik ve faydalanamama durumu oluşturabilir.

Çalışmanın bu bölümü bir önceki bölümde daha önce önerilen yaklaşımlar için yapılan araştırmaların sonuçlarına genel bir değerlendirme sağlamaktadır. Doğadan esinlenen tasarım için araç ve yöntemler şu başlıklar altında toplanmaktadır: İşlevsel model, BioTRIZ, analogik düşünce ve bilgi toplama araçlarıdır (Glier, McAdams, & Linsey, 2011).

İşlevsel Model

Fonksiyon seviyesini artırarak biyolojik sistemlerde analiz etme, tasarımcıya fonksiyon olarak benzer teknolojik çözümleri bulmaya yardımcı olmaktadır. Bu yaklaşım tasarımcıya biyolojik olguları modelleyen sistematik ve tamamlanmış bir yaklaşım sağlamaktadır. Buna rağmen herhangi bir işlev dili biyolojik sistemleri modellediğinden, işlevsel modeli uygulamak için biraz gayret gerekmektedir.

Fonksiyon olarak biyolojik olguları modellemedeki engellerden biri modellenmesi beklenen sistemin alanının düzgünce tanımlanmasıdır. Dikkatlice tanımlanan kategori ve biyolojik sistemin fonksiyonel modelinin boyutu tasarımcıya daha iyi soyutlamaya izin vermektedir.

Yazarlar dört biyolojik kategori önermektedir: organizmaların hayati fonksiyonları ile ilgili psikoloji; organizmanın fiziksel formu ile ilgili morfoloji; organizmaların uyarıcılara verdiği cevap ile ilgili davranışsal; farklı hedefleri başarmak için soyuna özgü davranış olarak tanımlanan strateji. Biyolojik boyutlar atomik büyüklükten büyük bir nüfusa kadar değişmektedir. Ama bilim insanları boyutların; hücre, organ, organizma ve davranışsal şeklinde yapılmasında yararlı olacağı eğilimindedirler ve biyolojik literatür içinde boyutlar bu şekilde düzgün belgelenmiştir. Genellikle biyolojik fonksiyonel model tek bir boyut ile kısıtlanırken, tasarımcı çoklu boyutlama modellemesini kullanmaktadır.

Kategori ve boyutlamanın öneminde akılda tutulacak bir konu da geliştirilen yedi adımlı genel metodolojidir. Bu yöntemin önerisi şu adımlardan oluşmaktadır:

1. İlgi duyulan biyolojik sistemlere ait uygun bir referans kitabı belirlemek
2. Sistemin işlevliğinin özünü anlamak için biyolojik sistemlerin genel değerlendirmesini okumak
3. Fonksiyonel modelin hedeflediği cevabı bulabilmek için tasarım sorusunu tanımlama
4. Fonksiyonel modelin kategorisini tanımlamak
5. Fonksiyonel modelin boyutunu tanımlamak
6. Biyolojik sistemin fonksiyonel modelini geliştirmek
7. Tasarım sorusu karşısında fonksiyonel modelin geçerliliğini kontrol etmek

Fonksiyonel modelleme biyomimetik tasarım için güçlü bir araçtır. Bu metodun sistematik, detaylı yaklaşımı biyolojik olgunun görünüşlerini ortaya çıkarmaktadır. Buna ek olarak fonksiyonel temel açısından biyolojik sistemleri açıklamak tasarımcıya mühendislik odaklı dil içinde sistemi açıklamaya izin de vermektedir. Geleneksel tasarım müfredatı içinde fonksiyonel modellemeyi öğrenen mühendislik öğrencileri için biyomimetik tasarımda fonksiyonel modelleme tamamen yabancı teknikten ziyade önceden var olan kendi bilgilerini genişletmek anlamına gelmektedir. Fakat doğal sistem için fonksiyonel modelleme yaratma alt yapısında mühendislik alanına sahip bir tasarımcı için zordur. Kesin ve yararlı bir modelleme yaratma, tasarımcının ilgilendiği sisteme

hâkim olmayı gerektirir. Sonuç olarak biyolojik model oluşturulduktan sonra tasarımcı mühendislik içerisinde sistem fonksiyonlarını taklit etmenin yollarını bulmalıdır.

BioTRIZ

Bu yöntem Rusların geliştirmiş olduğu TRIZ yöntemine dayanmaktadır. TRIZ yeni mühendislik tasarımlarının ana temelini basitçe genel tasarım ilkelerini tek bir sette birleştirme önermesi ile geliştirilmiştir. Bu varsayımınla çalışan TRIZ üç milyona yakın başarılı patent ve fiziksel, kimyasal ve matematiksel bilgiden gelen malumatı kapsamaktadır. Bu bilgi ile tasarım problemini çözmeye yardımcı olan TRIZ 39 parametre ile özetlenmiştir. Bir tasarımcı TRIZ yöntemini bir tasarım problemini çelişki matrisi oluşturmak için kullanır. Daha sonra tasarımcı bu 39 parametrenin oluşturduğu çelişki matrisine danışır. TRIZ mühendisler için güçlü bir tasarım aracıdır, teknik ve mühendislik bilgi tabanından gelişir, fakat doğadan gelen tasarım bilgisi yoksun olmaktadır. BioTriz, TRIZ yaklaşımına biyolojik tasarım bilgisini ekleyerek kullanılmaktadır.

Yaklaşımın gelişimine Julian Vincent öncülük yapmıştır. Yaklaşık 500 biyolojik olgu ile 270'den fazla fonksiyon analizine dayanmaktadır. BioTriz operasyonun sadece altı kategoride sistem parametrelerini gruplamaktadır: içerik, yapı, uzay, zaman, enerji ve bilgi. TRIZ'in 39 parametresine karşı sadece 6 parametre kullanır. BioTriz, TRIZ'in yaratıcı ilkelerini tutmakta ama onları genişleterek her bir ilke için biyolojik sistem içinde nasıl kullanıldığına örnek vermektedir (Vincent, Bogatyreva, Bogatyrev, Bowyer, & Pahl, 2006).

Sonuç olarak eğitimsel görüşe göre BioTriz daha az gerekli malzeme ile birlikte basit bir tasarım metodudur. Mühendis öğrencileri bu metod sayesinde, zengin biyolojik tasarım bilgisinin biyoloji literatürünü mühendislik terimine çevirmeye gerek duymadan güçlendirmektedir. Böylece kendi tasarım problemlerine uygulanabilir yararlı bilgiyi elde etmiş olurlar.

Analojik Düşünce

Doğadan esinlenen tasarımda analoginin kullanıldığı üç çalışma özellikle incelenmiştir. İlk yapılan çalışma Vakili ve arkadaşlarının uygulamış olduğu

çalışmadır. Mekanik ve endüstriyel mühendis öğrencilerinden oluşan yedi kişilik bir grubun (bunlar lisans ve lisansüstü çalışan öğrenciler) yaptığı bu çalışmada mikro kurulum olarak tasarım problemi oluşturmuş ve öğrencilere daldan yaprakların ayrılma modeli sağlamıştır. Ayrılma sürecinin fonksiyonel modeli uyarıcının bir parçası olarak verilmiştir. Gözlemlere ve katılımcılar ile görüşmeye dayalı olan çalışmada yazar fonksiyonel modeli nasıl kullanacaklarına dair birçok tavsiye vermiştir. Katılımcılar fonksiyonel modeli kullanışsız bir araç olarak bulmuştur. Buna rağmen modeller öğrencilerin uyarıcıdan gelen analogileri seçip çıkartmalarına yardımcı olmuştur. Yazar, fonksiyonel modelin faydalı tasarım analogilerini seçip çıkartmalarında kullanılmasını tavsiye etmiştir.

Bir sonra ki çalışmada Mak ve Shu tarafından 32 mekanik mühendis lisans öğrencileri incelenmiştir. Öğrencilere giysi temizlemek için kavramsallaştırılacak biyomimetik sistem sorulmuştur. İki biyolojik tasarım uyarıcıdan bir tanesi; dikkatle seçilmiş bazı biyolojik sistemlerin yazınsal tanımlamasıdır. Sonucunda şu bulgulara varılmıştır; öğrencilerin daha özelleşmiş ya da uygun olmayan açılardan tasarım problemlerine yaklaştıkları görülmüştür. Birçok öğrencinin faydalı olacak şekilde biyoloji ile mühendislik alanı arasında bilgiyi transfer edemediği bulgusuna varmışlardır. Buradan çıkan sonuçla çok anlamlı ve genel biyolojik tasarım uyarıcıları detaylı uyarıcıdan ziyade daha yaratıcı olabilmektedir.

Doğadan esinlenen tasarımda analogik düşünce üzerine yayınlanan en yakın çalışma Vattam ve arkadaşları tarafından uygulanmıştır. Daha önceki iki çalışmanın aksine bu çalışma Georgia Teknik Üniversitesi içerisinde bulunan biyomimetik tasarım kursunda canlı bir biçimde yapılmıştır. Biyomimetik tasarımı yapılan kursun bağlamında iki çalışma tarafından tanımlanan zayıflıkları özel vurgulara ihtiyaç duyan bölgeleri vurgulamaktadır (Vattam, Helms, & Goel, A content account of creative analogies in biologically inspired design, 2010). Örneğin; ilgilenilen biyolojik sistemi anlamak, geçmiş tasarım tespitini harekete geçirmek, fonksiyonel yapıları kullanarak analogiler bulmak ve daha önceki kavramsal aşamada detaylandırılmış tasarım uyarıcılarından kaçınmak.

Bilgi Toplama Araçları

Doğa ve mühendislik alanları arasında analoji çizme teşebbüsü referans olarak bazı biyolojik sistemleri içermelidir. Nadiren ilham için uygun biyolojik olguları tanımlama, biyoloji altyapısı olmayan tasarımcı için imkânsız olanı denemektir. Bu görevi kolaylaştırmak için büyük araştırma geliştirme araçlarını kullanmaktır. Büyük ölçüde bu alandaki en fazla emek doğal dil araştırma aracı gelişimine harcanandır.

Doğal dili geliştirmek için harcanan emek üzerine yazılan rapor biyoloji-mühendislik araştırma aracı 2001 yılında yayınlanmıştır. Raporu yazarlar Vakili ve Shu tasarım problemi ile ilgili biyolojik bilgiyi araştırmışlardır. Bunu yaparken biyolojiye giriş kitabının içindekiler kısmını ve sözlüğünü ele almışlardır. Mühendislik odaklı anahtar kelimeler faydalı eşleşmeleri bulabildiği için eş anlamlı kelimeleri kullanarak keşfi hızlandırmışlardır. Üstelik mühendislik ve biyolojik anahtar kelimeler arasındaki boşluğu kapatmak için gerekli olan köprüyü kurmuşlardır. Köprü olarak kitabın sözlüğü hizmet vermiştir. Daha sonraki çalışmada Hacco ve Shu ilk metotlarını tüm biyoloji kitabını kullanarak geliştirmişlerdir. Bu yaklaşım daha fazla eşleşme yapılmaya izin vermiştir. Bunların çoğunun ilgisiz olduğu da ortaya çıkmıştır. İlgisiz eşleşmelerin büyük kısmı daha ilgili ve özel araştırma terimlerini tanımlamaya gerek olduğunu ortaya çıkarmıştır.

BID Lab araştırma aracı büyük ölçüde WordNet tarafından geliştirilmiştir. WordNet; elektronik sözlük veri tabanıdır. İnsan hatırlama dilinin mevcut psikolinguistik ve hesaplamalı teorilerine göre organize edilmiş ve tasarlanmıştır. WordNet'in birçok özelliği vardır; bir araştırma aracının işlevselliğini zenginleştirir, farklı anlamlar arasında ayırım yapabilir, troponim⁷ ağacını işletebilmektedir. WordNet'in bu kabiliyetleri ile birlikte Chiu ve Shu büyük ölçüde ilgisiz sonuçları düşürmüştür. Geliştirmiş oldukları algoritma ile tam olarak net olmayan ifadeleri de sınırlandırmışlardır.

⁷ Troponim: Fiillerin alt kümesini oluşturan bir fiilden başka bir fiil yapmaktır. Örneğin; ovarak temizlemek – temizlemek gibi.

BID Lab araştırma aracı bir tasarım problemi için biyolojik ilham potansiyel kaynak bulmaya teşebbüs edildiğinde büyük bir kazanç olmaktadır. Fakat şu an Laboratuvar dışında kullanılmamaktadır. Cheong ve arkadaşları BID LAB araştırma aracını biyolojik olarak ilgili anahtar kelimeleri tanımlamak için fonksiyonel temel içerisinde kullanmışlardır. Başka bir çalışmada ise Cheong'un fonksiyonel temel çalışması daha fazla geliştirilerek mühendislik – biyoloji eşanlımlılar sözlüğü oluşturulmuştur. Bu sözlük tasarımcılara daha etkili bir şekilde geleneksel araştırma araçlarını kullanmasına izin vermektedir.

BID Lab araştırma aracı ve mühendislik – biyoloji eşanlımlılar sözlüğü biyolojik bilginin var olan kaynağını güçlendirmek için tasarlanırken, iki bilgisayar tabanlı interaktif tasarım aracı, IDEA-INSPIRE ve DANE, müşteri odaklı veri tabanları etrafında inşa edilmiştir. Bu araçlar biyolojik ve mühendislik sistemlerinin sayısal modelleri ile birlikte tasarlamasını sağlamakta ve kullanıcının sistem araştırmasına izin vermektedirler. Bu araçlar öncelikle kullanıcıya bilgiyi nasıl sundukları ve biyolojik ve mühendislik sistemlerin fonksiyonel olarak nasıl modellendiği konusunda farklılaşmaktadırlar.

Chakrabarti ve arkadaşları IDEA-INSPIRE aracı için lisans eğitimine sahip 3 tasarımcı ve havuzdan seçtikleri 2 tasarım problemini çözmek için resmi ürün tasarımı eğitimi vererek yeterlilik sınavı uygulamışlardır. Yazılım, veri tabanına giriş sayısı limitli olsa bile, % 47 oranında fikir üretmiştir. DANE biyomimetik tasarım içinde Georgia Teknik Üniversitesine ait seçmeli derste tasarım aracı olarak sağlanarak test edilmiştir. Maalesef ki, öğrenciler yazılım kullanımında çok az teşvik görmüşler ve öğrencilere nasıl ve niye bu aracın kullanıldığı hakkında net bir bilgi sağlanmamıştır (Vattam S. , Wiltgen, Helms, Goel, & Yen, 2010).

Ne IDEA-INSPIRE ne de DANE genel kullanım için uygundur. Fakat bu araçlar geliştirilmeye devam edilmiş ve yararlılıkları doğal sistemleri genişlemesine bağlı olarak veri tabanları ile artış göstermiştir. Bu araçların iyi organize edilmiş hali ile tasarımcılara yüksek ölçüde doğadan esinlenen tasarım bilgisine ulaşımı sağlama potansiyeli mevcuttur. Bu bilgiler çoğunlukla eklenen her yeni tasarım da gerekli olan zaman ve emek ile sınırlandırılmıştır. Eğer bu sınır bir şekilde aşılmazsa, IDEA-INSPIRE ve DANE gibi araçlar doğal dil

araştırma araçları arasında ulaşılabilir bilgi zenginliği ile karşılaştırıldığında ister istemez küçük veri tabanları şeklinde kalacaktır.

4.3. Meta Analiz Sonuçları

Sonuçta; tarihsel olarak doğadan esinlenen mühendislik, uygun analogiyi şekillendiren tasarımcıya yardımcı olacak faydalı olguları tanımlayan yapı ve kılavuz olmadan doğaçlama temeli üzerine uygulanagelmiştir. Doğadan esinlenme üzerine yapılan mevcut araştırmalar tasarımcıya biyolojik tasarım çözümlerinin büyük bir kısmına yıllardır kullanılan biyolojinin bilgi altyapısını geliştirmeye gerek duymaksızın izin veren güçlü araçları ortaya çıkarmıştır.

Doğal dil araştırma araçları ve interaktif veri tabanları ile ağırlıklı olarak mühendisler biyolojik literatürün büyüklüğü kadar aşına olunan mühendislik terimleri kullanarak araştırma yapabilmektedirler. Buna rağmen BID Lab araştırma aracı genel kullanım için uygun değildir. İnteraktif tasarım aracı olan IDEA-INSPIRE ve DANE'nin bazı ümit veren ilk testlere sahip olmasına rağmen bu veri tabanlarını yapmak zaman ve maliyet gerektirmektedir.

Fonksiyonel modelleme ve BioTRIZ gibi araçlar tasarım bilgisini biyolojiden mühendislik alanına aktaran sistematik metotlar sunmaktadır. Fonksiyonel modelleme tasarımcıya teorik ile birlikte mühendislik odaklı biyolojik sistemlere bakış açısı sunmaktadır. Bu bakış açısı sistemdeki sorunlara özel yönlerini ortaya çıkarmaya katkı sağlamaktadır. Ama fonksiyonel modelleme ciddi ölçüde kategori ve büyüklük tanımlamasına bağlıdır. Bu parametreleri düzgün bir şekilde düzenlemek zor olabilmektedir ve detaylı soru üzerine sistemi anlamayı gerektirebilmektedir. BioTRIZ tasarımcılara biyolojik ilham için kaynak gerektirmeksizin biyolojik tasarım bilgisi kullanmaya izin vermektedir. Buna rağmen BioTRIZ hala bu yöntemi kullanan tasarımcıya çelişki matrisi tarafından verilen özgün ilkeleri tamamlayan yaratıcı yollar bulmayı gerektirmektedir.

4.4. Meta Analiz Sonuç Değerlendirilmesi

İncelenen lisansüstü tezlerden yöntem öneren tezlere bakıldığında bunlardan bazıları farklı disiplinlerle çalışıldığı için yöntemlerini karma yapmaktalar, bazıları ise doğrudan yakın disiplin olduğu için buradaki yöntem tekrar alınmıştır. İşlevsellikleri çalışılan disipline hâkim olmayı gerektirdiği ya da ek bir yazılıma ihtiyaç duyduğu için sorgulanmaktadır. Bu sebeplerden dolayı daha kolay ve anlaşılır bir yöntem önerme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Meta analiz yöntemi ile özellikle gelişmiş ülkelerin araştırma alanlarında gerçekleştirilmiş bulunan tez çalışmalarından seçilmiş ve ayrı ayrı analiz edilerek elde edilmiş bilgiler ışığında oldukça verimli sonuçlara ulaşılmıştır.

Meta analiz yöntemi sonuç değerlendirmesinde, “İşlevsel Model”, “BioTRİZ”, “Bilgi Toplama Araçları” ve “Analojik Düşünce” araçları ve ara yöntemleri, Tablo 4.2’de bütünü görülebilmesini sağlamış olarak geliştirilmiştir. Aynı zamanda, tüm yaklaşımların, birden altıya kadar aşamalarla, dört ayrı araç ve ara yöntemlere adım, adım, hangi bilgi ya da uygulama içerikleri ile uyum sağladıkları gözler önüne serilmiştir. Bu bağlamda bu tezin sonraki gelişimini destekleyen en önemli gelişim aşaması birinci aşamalardır. Bazı durumlarda ikinci aşamalar da destekleyici olmuştur.

Diğer taraftan hemen hiç desteklemeyen, ya da söz edilmeyen araç ve yöntem ise biyo kavramını bir süreç içinde ele almak düşüncesi ya da davranışdır. Bu bağlamda bu tezin özgün olduğuna inanılan özelliğini öncelikle içerik analizi ve daha sonra meta analiz sonuçları ortaya koymaktadır. Tez başlığında yer alan “Biyosüreç” kavramının Endüstriyel Tasarım Bölümü öğrencileri bağlamında ele alınması ve çok boyutlu olarak biyo kavramları temelinde, anket ve deneysel çalışmalarla geliştirilmesi bu araştırma çalışmasının özgün aşamasıdır.

Çizelge 4.2 Analiz Edilen Yaklaşımların Aşamaları

Bilgi Toplama Araçları						
	Aşama 1	Aşama 2	Aşama 3	Aşama 4	Aşama 5	Aşama 6
Yaklaşım 4	Daha önce tasarlanan biyomimetik türünler incelenir	Problem tipi tespit edilir (Malzeme, makine, akışkanlar ve dinamik, ısı iletimi, malzeme mekanığı, enerji)	Keşfedilecek biyolojik sistemlerin bir çok benzer sistemleri olabileceği göz önünde bulundurulur			
Yaklaşım 5	Doğayı gözlemler	Yapısal ve Estetiksel analizini BSA kullanarak yapar	Yorumlayarak yeni fikirleri aktarır			
Yaklaşım 7	Biyolojik sistemler için davranışsal model geliştirilir	Davranışsal artırım ve soyutlama sunumu için PetriNet yazılımı kullanılır	Tersine mühendislik-biyolojik sistem metodu ile davranışsal model analiz edilir	Model yeni fikirler üretme kaynağı olarak kullanılır		
Analojik Düşünce						
	Aşama 1	Aşama 2	Aşama 3	Aşama 4	Aşama 5	Aşama 6
Yaklaşım 1	Biyolojik metni referans alacak kitap seçimi yapılır	Seçilen anahtar kelimelerin eş anlamlarını bulur	Bulunan kelimeler kitapta aranır	İlgisiz kelimeleri ayırır	Kalan kelimeler ile ilgili detay bulup konsept geliştirilir	
Yaklaşım 6	BioTOM'daki ontojenik model, seçenekli tasarım için araştırma sürecini yönlendirir	Yapısal elemanların gelişimini biçimlendirir ve değiştirir				
Yaklaşım 9	Ayrıştırma	Keşfetme	Benzetme	Değerlendirme		

Çizelge 4.2 (Devam) Analiz Edilen Yaklaşımların Aşamaları

İşlevsel Model						
	Aşama 1	Aşama 2	Aşama 3	Aşama 4	Aşama 5	Aşama 6
Yaklaşım 3	İhtiyaç -Merak	Bileşenlerine Ayırma	Sorgulama - MEMIC programı kullanılır	Bağlantılar Kurulur	Konsept Üretilir	
Yaklaşım 8	Çevresel özellikler belirlenir	Doğal şekil ve formlar tespit edilir	Doğal dokular ve süreçler incelenir	Işık ve boşluk ilişkisi sorgulanır	Mekan odaklı ilişkiler ile birleştirilir	İnsan-doğa ilişkisi içinde konsept geliştirilir
Yaklaşım 10	Disiplinde uygulanan model seçimi yapılır	Tanımlama / Analiz	Gözlem / Seçme	Uygulama / Değerlendirme		
BioTRIZ						
	Aşama 1	Aşama 2	Aşama 3	Aşama 4	Aşama 5	Aşama 6
Yaklaşım 2	Alan araştırması incelemesi kullanılır	Doğa keşfedilir	Önceki keşiflerde kullanılan bulgular toplanır	Özel problem alanı üzerine odaklanılır		

5. BİYOKAVRAMLARI TEMELİNDE ANKET UYGULAMASI

İkinci bölümde incelenen biyo kavramı ve biyoloji tabanı alanı içerisindeki sınıflandırılmanın karşılığının uygulamada ve teorikte yerini bulup bulmadığını anlamak, hazırlanan anket sorularının uygulanması ile cevap bulacaktır. Son yıllarda yapılan çalıştaylardan, projelerden ve farklı çalışmalardan, ya da biyolojiden ilham alan yeni tasarım yaklaşımları denemelerinden, acaba tasarımcı adayları olan öğrencilerin ne kadar farkında olduğunu öğrenmek için temel farkındalık anketi uygulaması yapılmıştır. Bunun sonucunda, önerilen metodun ilk çalışmasını yapmak için kontrol grubundan deney grubuna katılımcı seçilmiştir.

5.1. Alan Araştırması - İncelemesi

Anket Çalışmasının araştırma evrenini Türkiye'deki Endüstriyel Tasarım ve/veya Endüstri Ürünleri Tasarımı bölümlerinde eğitim gören 2. , 3. ve 4. Sınıf öğrencileri oluşturmaktadır. Çalışma evrenini ise Anadolu Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Bölümü'nde eğitim gören öğrenciler meydana getirmektedir.

Anket 136 öğrencinin katılımı ile gerçekleştirilmiştir. Katılımcılara doğrudan yüz yüze anket hakkında açıklama yapılarak ulaşılmıştır. Anket Google üzerinden anket hazırlama yardımı ile hazırlanarak çıktısı alınarak uygulanmıştır. Burada katılımcılara aynı şartlar sunulması düşünülerek katılımcıların beraber oldukları durumlar tespit edilip iki gün içerisinde uygulama bitirilmiştir.

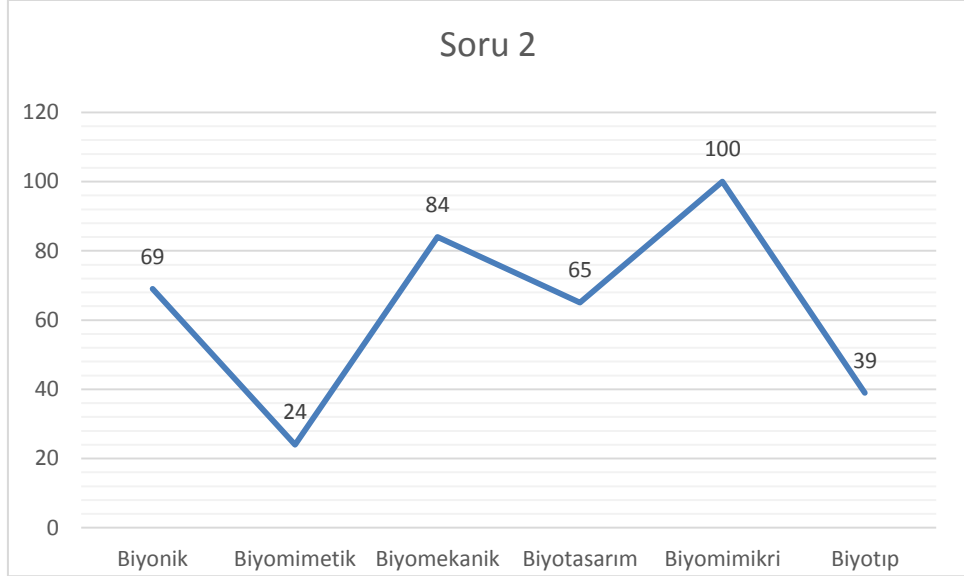
Çalışmada katmanlı (tabakalı) rastlantısal örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Katmanlar katılımcıların eğitim düzeyine (sınıflar) göre yapılmıştır. Ankette 5 adet (1, 12, 13, 14, 15. Sorular) açık uçlu, 8 adet (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. Sorular) kapalı uçlu, 2 adet (2, 11. Sorular) yarı kapalı uçlu sorular sorulmuştur. Kapalı uçlu sorularda ölçekleme türü olarak beşli ölçek kullanılmıştır.

Anketin amacı önerilecek yöntem için yapılacak çalıştay öncesinde hem katılımcıların konu ile ilgilerini hem de çalışmaya katılıp katılmamak konusunda kararlarını öğrenmektir. Bu anket (Ek 1 - Anket Soruları) katılımcının biyoteknik, biyomimetik, biyomimikri, biyotasarım gibi kavramların farklarını, bu kavramlardan daha önce hangisini öğrendiğini, nasıl kullandığını sorgulamaktadır.

5.2. Biyokavram Anketi Bulguları

Soru 1: Ürün tasarımı dışında özel ilgi alanlarınız nelerdir? Sorusuna katılımcılardan yalnız 10 tanesi doğa, biyoloji, botanik, canlılar ilgili veriler ve sürdürülebilirlik cevabını vermişlerdir.

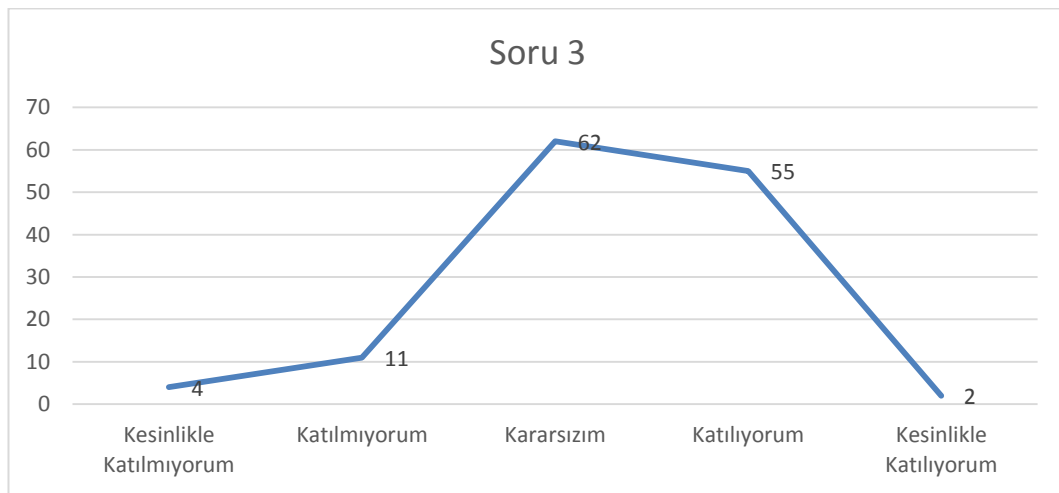
Soru 2: Şu ana kadar aşağıdaki kavramlardan hangisi ile karşılaştınız? Sorusuna katılımcıların büyük çoğunluğu biyomimikri cevabını vermişlerdir. Bunu biyomekanik kavramı takip etmiştir (Şekil 5.1 Soru 2 Grafiği).



Şekil 5.1. Soru 2 Grafiği

Soru 3: Matematik alanı, biyoloji ile mühendisliği birleştirip biyonik disiplinini ortaya çıkarmıştır.

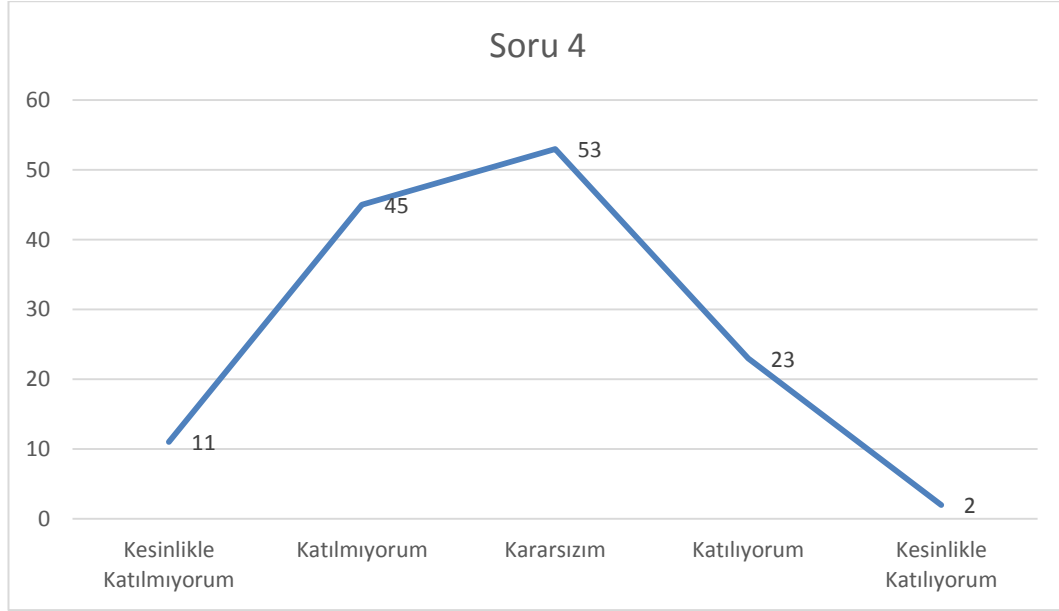
Beşli ölçek kullanılan bu soruda katılımcıların büyük çoğunluğunu kararsızım ile katılıyorum seçenekleri oluşturmaktadır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Soru 3 Grafiği

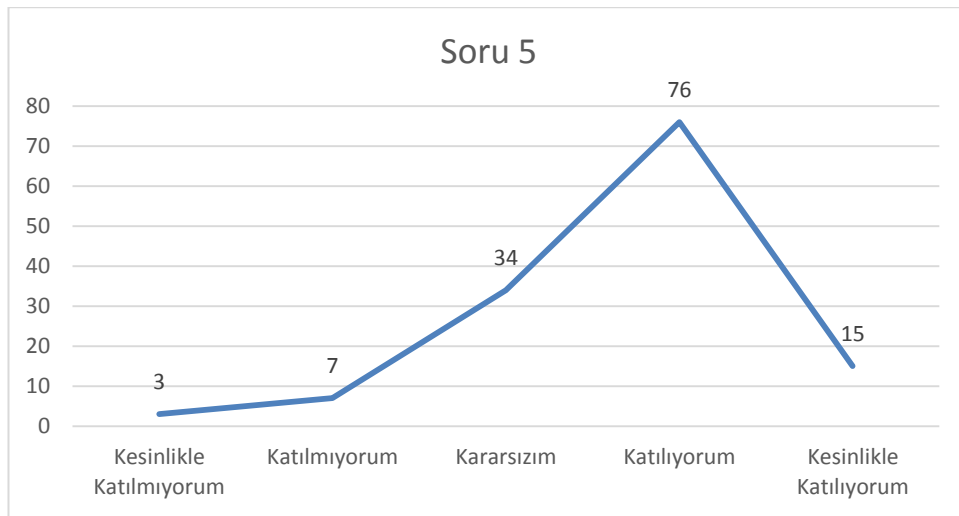
Soru 4: Biyomimikri, tasarım masasında oturan biyologlar tarafından daha çok mimari ve ekonomi konusunda çalışılan bir disiplindir.

Yine bir konuya hakimiyeti ölçmek için sorulmuş bu soruya 136 katılımcıdan 45'i katılmıyorum, 53'ü kararsızım'ı işaretlemişlerdir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Soru 4 Grafiği

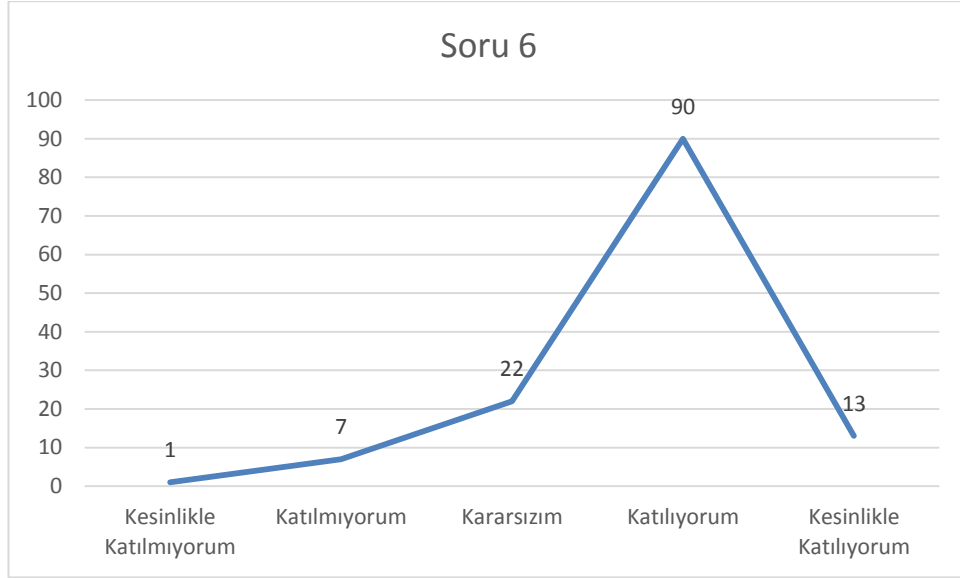
Soru 5: Biyonik kelimesi yaşam benzeri anlamında biyoloji ve mekanik kelimelerinin birleşiminden oluşmuş bir disiplindir. Bu sorudaki tanımın katılımcıların büyük çoğunluğu tarafından bilindiği görülmektedir.



Şekil 5.4. Soru 5 Grafiği

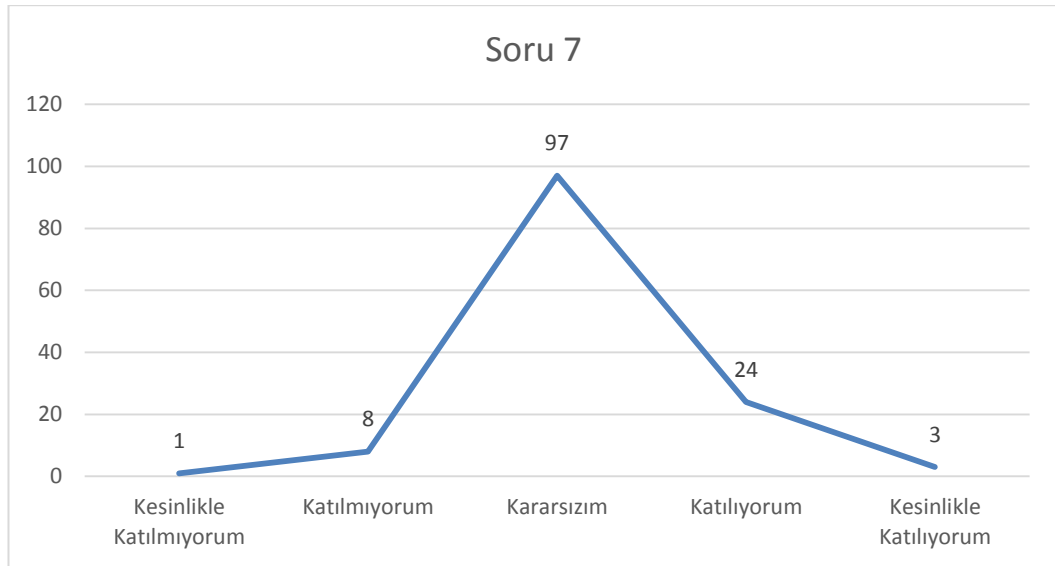
Soru 6: Biyotasarım, biyoloji ile tasarım arasında disiplinler arası çalışılan ve doğadan esinlenen diğer bütün terimleri kapsar.

Katılımcıların biyotasarım konusundaki kararsızlıkları tamamına oranla çok düşük kaldığı görülmektedir.



Şekil 5.5. Soru 6 Grafiği

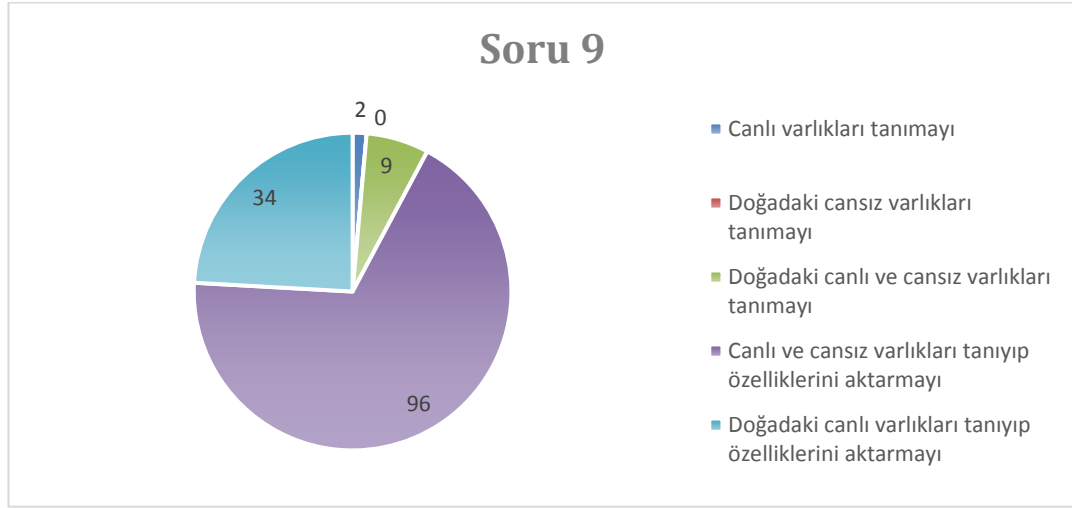
Soru 7: Biyomimetik, biyokimyasal süreçleri taklit eden yapay bir yöntemdir. Bu soruda katılımcıların çoğunluğu kararsız kalmış durumdadır.



Şekil 5.6. Soru 7 Grafiği

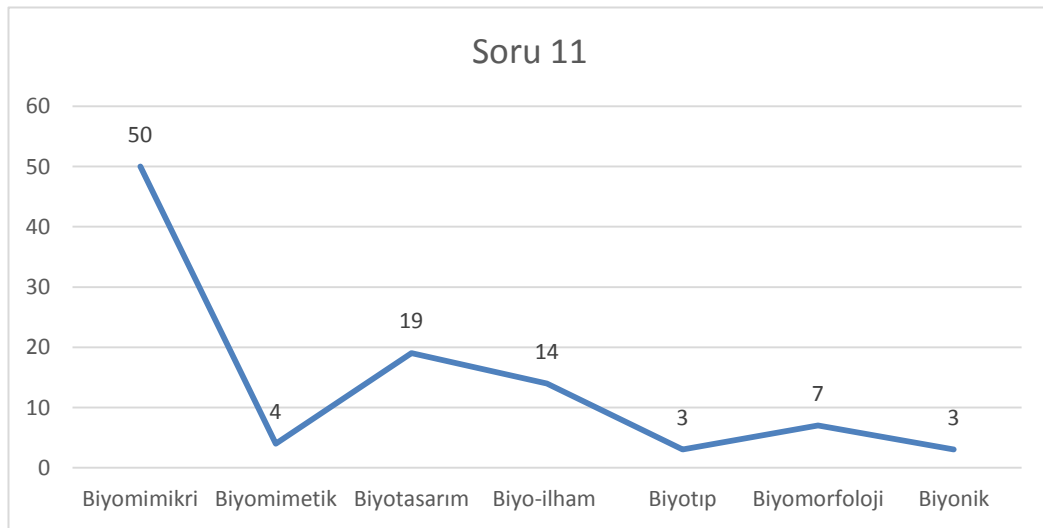
Soru 8 ile soru 10 birbirini güvenilirliğini sağlayan sorulardır. Bu iki soruda verilen cevaplara baktığımızda % 9'luk hata payı vardır. Bu da 12 katılımcının farklı cevap verdiği anlamına gelmektedir.

Soru 9: Doğadan aktarma kavramı size neyi çağrıştırıyor? Diye sorduğumuzda katılımcıların 96'sı "canlı ve cansız varlıkları tanıyıp özelliklerini aktarmayı" çağrıştırdığını işaretlemişlerdir.



Şekil 5.7. Soru 9 Grafiği

Soru 11: Cevabınız evet ise; biyo-kavramlardan hangisi ile uygulama yaptınız? Sorusuna katılımcılara birden fazla işaretleme yapılabileceği belirtildi. Grafiğe bakıldığında ise bunun büyük çoğunluğunun biyomimikri olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 5.8. Soru 11 Grafiği

Soru 12: Doğadan uygulamaya yönelik olarak nasıl bir nesne tasarladınız ya da tasarlanabilir? Doğadan hangi varlıkları aktardınız ya da aktarılabilir? Tanımlayınız sorusuna aşağıdaki gibi cevaplar gelmiştir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1. Soru 12 Cevapları

İlham Alınan Varlık	İlhama Konu Olan Ürün
Eğrelti Otu	Salata Sosluğu
Timsah	Et Kesici
Kedi Patisi	Temizlik Süngeri
Fok Dişi	Havuç Oyma Aparatı
Mercan	Hava Temizleme Aracı
Kene	Limon Sıkacağı
Yıldız	Karo
Öğütücü Dişi	Kuruyemiş Kırıcı
Pelikan Gagası	Limon Sıkacağı
Afrika Yengeci	Et Doğrama Makası
Timsah	Ambalaj
Sivrisinek	Yağdanlık
İskelet	Raf
Deniz Anası	Demleme Aracı
Vatoz Balığı	Lavabo Açacağı
Armedillo	Çim Biçme Makinesi
Pelikan Gagası	Saklama Kabı
Su Akışkanlığı	Lavabo
Sarmaşık	Sıcak İçecek Tutacağı
Armedillo	Kesme Tahtası
Poyraz Kuşu	Ceviz Açıcı
Lotus Çiçeği	Tepsi
Armedillo	Ütü
Kozalak	Ayakkabı
Ahtapot	Çöp Kutusu
Arı Kuşu	Baharatlık
Örümcek Ağı	Streç film
Karınca Dişleri	Budama Makası
Kuş Pençesi	Sıcak Kavanoz Tutucu
Yaprak Damarı	Bisiklet Gövdesi

Öğrencilerden bu kadar çok çeşitli cevapların gelmesi aslında doğadaki tüm varlıkların ve her varlığın da farklı özellikleri ya da aynı özelliğin farklı ürünlere ve hatta aynı ürüne bile yansırken farklı kişilerce tasarlanması da biyolojiden ilham almanın tasarıma nasıl bir katkı sağladığını gösterir. Bunu öğrencilerden birçoğu 12 numaralı soru da belirtmişlerdir. Bu görüşlerden bazıları:

“Doğadaki canlı ve cansız varlıkların doğa içindeki temel işleyişleri bir ürünün işleyişi olarak tasarlanabilir. Doğadaki tüm varlıklar bir ürüne aktarılabilir potansiyeller barındırıyor.”

“Canlı ve cansız varlıkların fiziksel görünüşleri, diğer varlık ve ortamlarla etkileşime geçtiğinde nasıl davrandığı göz önünde bulundurularak bu özellikler bir işlevde birleştirilebilir. Bu işlev, insanda uyandırdığı bir his de olabilir, mekanik şekilde taklit edilerek insan yaşamını kolaylaştıran bir özellik de olabilir.”

“İnsanların nehir kenarlarında çamaşır yıkarken kullandıkları, yararlandıkları taş, toprak, su gibi doğal malzemelerin çamaşırını nasıl temizlediğini analiz ederek bu malzemelerin temizlerken ki işlevleri çamaşır makinesinde yeni bir formda tasarlanabilir.”

“Doğadaki varlıkların hücre yapısı (örneğin; nilüfer çiçeği), oran ve orantısal incelemeleri aktarılabilir.”

“Yaprak soyutlaması yaparak yaprağın damar yapısını bisiklet tasarımına aktarım yapmışım. Balıkların yüzgecinden palete geçiş ve kuşların kanatlarından da aktarım yapılarak uçan ürün tasarımı yapılabilir.”

Soru 13: Doğadan aktardığınız ya da aktarılabilir olduğunu düşündüğünüz bir canlı varlığın teknik özellikleri nelerdir? Sorusuna öğrenciler şu şekilde cevap vermişlerdir (Çizelge 5.2):

Çizelge 5.2. Soru 13 Cevapları

Doğadan Aktarılabılır Canlı Varlığın Teknik Özellikleri
Örümceklerin ağ dayanımı
Kuşların V şeklinde uçuşması
Çöldeki böceğin kendi suyunu üretmesi
Leoparın hızlı koşma yeteneği
Bukalemunun renk değiştirmesi
Tuzlu suyu tatlı suya çevirmesi
Tavuk başının hareketsiz kalabilmesi
Kurbağanın zıplama hareketi
Örümcek ağının örme düzeni
Küstüm otunun yapraklarını sıra ile kapatması
Bitkilerin tohum saçma şekli
Kurbağa ayağının perdeli olması
Kunduzun toprak kazması
Lotus çiçeğinin dengeyi kaybetmemesi
Lotus çiçeğinin bulunduğu yerde hijyenik kalabilmesi
Ağaçkakanın ağacı gagası ile delmesi
Yarasanın ters asılı durarak dinlenmesi
Armedillonun tehlike anında kendini kapatıp top halini alması
Vatuz balığının cam yüzeye yapışması
Sivrisineğin kesme- emme- depolama işlemini birarada yapması
Timsah ağzının kapanma şekli
Yengecenin 360 derece hareket eden kol ve bacaklarının olması
Balıkların sürü halinde yaşaması
Sineklerin inme ve havalanma şekilleri

Soru 14: Doğadan aktardığınız ya da aktarılabılır olduğunu düşündüğünüz bir canlı varlığın ürün tasarımı temelinde görünüş özellikleri nelerdir? Sorusuna katılımcılar aşağıdaki cevapları vermişlerdir (Çizelge 5.3):

Çizelge 5.3. Soru 14 Cevapları

Doğadan Aktarılan Varlığın Ürün Tasarımında Görünüş Özellikleri
Keskin ve sert görünümlü olması
Birbirine bağlı çoklu parçalar
Kamufle eden renkler
Doku
Parlaklık
Organik formlar
Kesici yapılar
Sarmal hareket sağlayan yapılar
Uzunluk
Hız algısını uyandıran akıcı hatlar
Çevresi ile uyumlu olması
Küresel yapısı

Soru 15: Biyo-kavramları konusunda genel düşüncenizi lütfen açıklayınız.

Öğrencilerin bu soruya genel yaklaşımları tanımlama ve tasarıma pozitif katkısı olacağını düşünerek cevap verirken, bunun aksine az sayıda da olsa yaklaşımı karmaşık bulanlar da olmuştur. Bunlardan pozitif katkı sağlayacak bazı görüşler şöyledir:

“Hepsi birbirleri ile bağlantılı olan kavramlardır.”

“Her şey insanın doğasını arama çabalarıdır.”

“Doğadaki canlı-cansız bütün her şeyin özelliklerinden yola çıkılarak ürün tasarımında öncü olmaktadır.”

“Doğada var olan ipuçların incelenerek her hangi bir alanda kullanılmak üzere aydınlatılmasıdır.”

“Doğadaki her şey kusursuzdur. Bu kusursuzluğu insan mantığımızın algıladığı kadar alıp ürüne aktarmak amacımıza en güzel ulaşımı sağlayacaktır.”

“Biyo-kavramlar günlük hayatımızı şekillendiren öğelerle pekiştirilerek daha pratik ve doğal bir yaşama sahip olmamızı sağlar.”

“Tasarımda, tıpta ve teknoloji de biyo ön takılarıyla yapılan işlerin sürdürülebilirliğin fazla olduğunu, kaynak kullanımı ve teknik anlamda da ufuk açıcı yollar sunduğunu düşünüyorum.”

“Doğanın sahip olduğu özellikler ve kavramlar temel bilimlerin başlangıç noktasıdır.”

“Belirli bir sistem ve yaşam alanı tasarladığımız düşünülürse aksamadan ilerleyen bir sistemi inceleyip örnek almanın yararlı olacağını düşünüyorum. Biyo-kavramlar anlaşılır ve doğru uygulanır ise sistem çözümlenmeleri kolaylaşacaktır.”

“Sürdürülebilirlik, yaşam kalitesini artırma, insanın doğaya – insanın insana olan adaptasyonunu iyileştirme yönünde atılabilecek en iyi adım biyo-kavramlar ile üretilmiş nesnelere teknolojileri yaşamımıza sokmaktır.”

Bunların yanı sıra olumsuz görüşlerde mevcuttur;

“Çok karmaşık, biraz da sıkıcı”

“Ürün tasarımcıları açısından çalışılması zor alanlar olduğu fikrindeyim. Çünkü olayın düzgün ve doğru aktarılması konusunda çok detaylı araştırma gerektirmektedir. Detaylı araştırma da uzun zaman gerektirdiğinden tasarım disiplini için zor olduğunu düşünüyorum.”

“Kavramların öğretilmesi ya da ulaşılması ve bunlar hakkında bilgi sahibi olmak için daha fazla kitap olmalıdır.”

5.3. Analiz ve Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Farkındalık anketi de diyebileceğimiz bu ankette öğrencilerin konuya olan ilgilerini, daha önce biyolojiden ilham alan bir yöntemle tasarım projesi yapıp yapmadıklarını, geçmişten günümüze deneyimlenen farklı isimlerle çıkan yöntemlerin yöntemsel olarak ve çıkış noktasının farkını bilip bilmedikleri öğrenilmiş oldu. Farklı eğitim seviyelerinden 136 katılımcının ilgi alanlarının %7'sinin bu konuda olduğu görülmüştür. Fakat katılımcıların %73'ünün “biyomimikri” kavramını uygulamış olması iki eğitim dönemi önce yapılan ürün tasarımı 4 ders kapsamında yapılan biyomimikri projesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Biokavramların arasındaki farkları öğrenmek için beş soruda sorulan biyonik, biyomimikri, biyotasarım, biyomimetik gibi kavramların birbirleri yerine kullanıldıkları görülmektedir. Bunun yanı sıra %76 ile bilinen “biyotasarım” kavramının da ankete katılan katılımcıların %24'ünün konu hakkında bir fikri olmadığı göz ardı edilmemelidir.

Ankette incelenen bir başka konu ise hangi doğa varlıklarından ilham alındığı sorusu idi. Gelen yanıtlara bakıldığında doğadan aktarım projesi yapan her katılımcının Timsah, Pelikan Gagası, Lotus Çiçeği gibi farklı doğa varlıklarından ilham aldığı görülmektedir. Bu da doğanın ne kadar sınırsız imkânlar sunduğunu göstermektedir.

Öte yandan teknik özellikleri nelerdir diye sorulan diğer sorularda kimi zaman bir varlığın sergiledikleri farklı özelliklerden çıkan tasarımlar olurken (örümcek ağ dayanımı ve ağ örme düzeni gibi), kimi zamanda farklı varlıkların aynı özellikleri nasıl farklılaştırdıkları (barınmak için kunduz ile ağaçkakanın farklı yöntemlerle işlem yapması) görülmektedir. Burada tasarımcının hangi yöntemi kullanacağı önemli hale gelmektedir. Tasarımcı yöntemini seçerken doğaya olan ilgisi ve merak duygusu ile mi yoksa ihtiyaç duygusundan mı bunu yapmaktadır? Bu tercih tasarımcının doğadan aktarım modelini belirlemiş olmaktadır. Çünkü doğaya ilgisi yüksek düzeyde olan bir tasarımcı hem doğayı sürekli gözlemleyebilir hem de doğadaki işlevleri ayrıntılı olarak inceleyebilir.

5.4. Anket Sonuçlarına Göre Uygulamaya Yönelik Değerlendirme

Anket sonuçlarına bakıldığında doğadan ilham alma yöntemi ile ilk defa bir tasarım yapan bir tasarımcı için temel özelliklerinin olması gerektiği sonucu çıkmaktadır. İlkelerin onlar için uygulamaya yönelik olmadığı açıkça görülmektedir. Her ne kadar bu süreç nasıl alınmalı sorusundan neden alınmalı sorusuna geçmiş olsa da ilk defa uygulayacaklar için hala nasıl alınmalı sorusuna cevap bulunmaya çalışılmaktadır. Bunun örneklerini yapılan çalışmalarda doğadan alınan örneklerde işlevsel özelliklerin öne çıktığı görülmektedir. Dolayısıyla önerilen yaklaşımın işlevsel olması kaçınılmaz olmuştur. Bununla birlikte aşamaların artması da doğadan ilham alma yaklaşımını uzaklaştırmaktadır.

6. BİYOSÜREÇ KAPSAMINDA ÖNERİLEN YÖNTEM İLE TASARIM UYGULAMALARI

Biyosüreç tasarım çalışması öncelikle öğrencilik niteliklerine göre programlanmıştır. Eğer çalıştay profesyonel tasarımcılara göre olsaydı, tasarımcının çalıştığı firmanın ürün ve üretim gamına göre öncelikli tercih olarak nesne olacaktı. Oysa öğrencilerle yapılan çalışmada doğayı daha iyi algılamayı ve biyo kavramlarını daha iyi düşünebilmelerini ve ayrıca her hangi bir sektörle ilgileri olmadığı için öncelikli tercihleri biyo kavramlarına yöneltmiştir.

6.1. Biyosüreç Yönteminin Evreleri

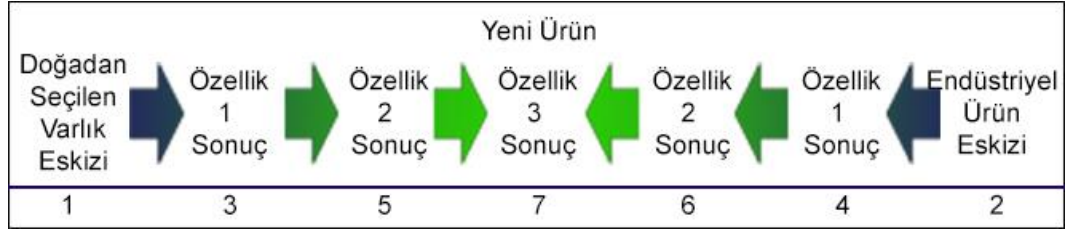
Önerilen yöntem genel olarak üç safhada gerçekleşmektedir.(Çizelge 6.1. Önerilen yöntemin evreleri ve açıklamaları)

Çizelge 6.1. Önerilen yöntemin evreleri ve açıklamaları

Evre 1	Literatür Taraması, Gözlem ve Özellik Belirleme <i>Seçilecek ürün ve doğa varlığı belirlenip, onlar üzerine literatürde taramalar yapılır, daha sonra gözlem süreci ve bununla birlikte canlı varlığın özelliği belirlenir.</i>
Evre 2	Ürün- Doğa Varlığı Yakınlaşması <i>Ürün ve Varlık arasında belirlenen özellikler eskiz çalışması ile yakınlaştırılır.</i>
Evre 3	Son Ürün Detaylandırma <i>Eskizle birbirine özellikleri dâhil edilen yeni ürünün teknik detaylandırılması yapılır böylece son ürüne haline getirilir.</i>

Birinci evrede uygulayıcı ilgi alanlarına göre tasarım araştırmaları yapacaktır. İlgisini çektiği ya da çekeceğini düşündüğü doğadan bir varlık belirleyip bunu hem gözlemleyecek hem de bu gözleme esnasında varlığa özel olan fonksiyonları tespit edecektir.

Evre 2’de uygulayıcılar belirlemiş oldukları canlının ve fonksiyonlarının görüntülerini ve hangi ürüne uygulamak istiyorlarsa o ürüne ait görüntüleri eskiz çalışmasına başlamadan önce çalışma ortamında bulunduracaklardır. Bundan sonraki işleyiş Şekil 6.1’deki gibi devam edecektir.



Şekil 6.1. Biyosüreç Grafiği

Tablodaki sayılar sürecin sıralamasıdır. Varlık ile ürünün ortada buluşmasına giden her karede (eskiz) yeni bir fonksiyon eklenecektir. Buradaki eskiz sayısı belirlenen fonksiyon sayısına bağlıdır. Fonksiyon sayısı 3 ise eskiz sayısı 7, fonksiyon sayısı 4 ise eskiz sayısı 9 olacaktır.

Son evrede ise çıkan yeni ürün detaylandırılacak ve ölçülü hale getirilecektir. Genel olarak üründen beklenen görevini yerine getirmesi ve üretilebilir olmasıdır.

6.2. Doğa Çalıştayı – Örnek Uygulamalar

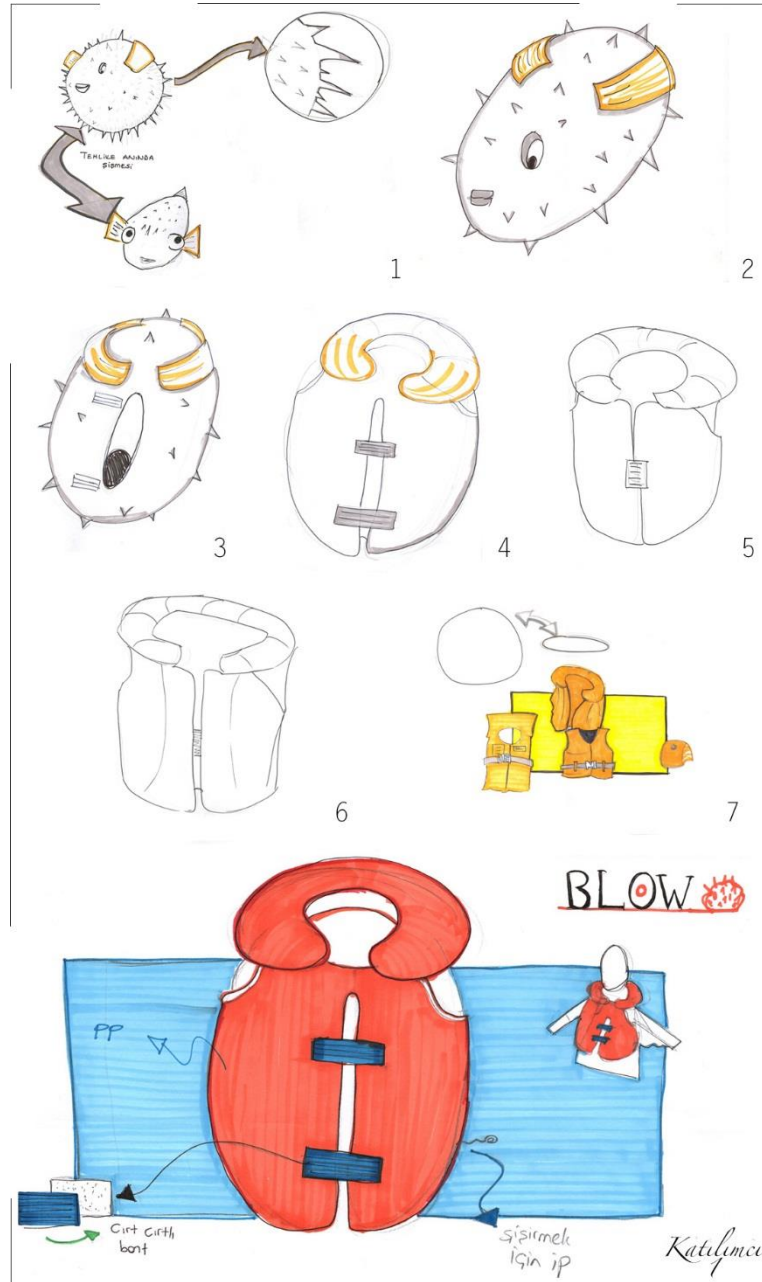
Doğa çalıştayı 2014-2015 Öğretim yılının bahar döneminde uygulanmıştır. Çalıştaya katılım gönüllülük esasına dayanmakta olup, daha önce de ilk aşaması olarak anket uygulanmış ve burada katılımcılar belirlenmiştir. Katılımcılar seçilirken hem gönüllü olup olmadıklarına hem de ilgisine bakılmıştır. Çalıştaya toplam 24 tasarım öğrencisi katılmıştır.

Çalıştay iki oturumdan oluşmaktadır. Sabahki oturumda Çalıştay yürütücüsü Prof. Dr. Seçil Şatır yöntem ile ilgili sunum yaparak öğrencileri bilgilendirmiştir. Öğlen oturumunda ise yöntem takip edilerek öğrencilerin seçtikleri proje üzerinden yönlendirme yapılmıştır. Ancak zamanın kısa olmasından ve ilk defa doğa çalıştaya katılımından dolayı kimi öğrenciler projelerini tamamlayamamıştır. Bununla birlikte tasarım sürecini bugüne kadar

yaptığı projelerde iyi yaşamamış öğrencilerin de daha farklı bir tasarım süreci olarak biyosüreç projelerini bitirememiş olması normal karşılanmalıdır. Çalıştay sonunda üzerine çalışılan projeler toplanmıştır. Bu tez için seçilmiş 12 adet BiyoSüreç çalışması çalıştay sonucunda tasarımlarını tamamlayabilmiş öğrencilerin eserleridir. Geri kalan çalışmaların bir kısmının tamamlanmış olmasına rağmen tezi desteklemeyen dikkate değer olmayanlardır.

Biten ve yöntemin uygulandığı projeler seçilerek proje çıktıları görülmüş ve değerlendirme yapılmıştır.

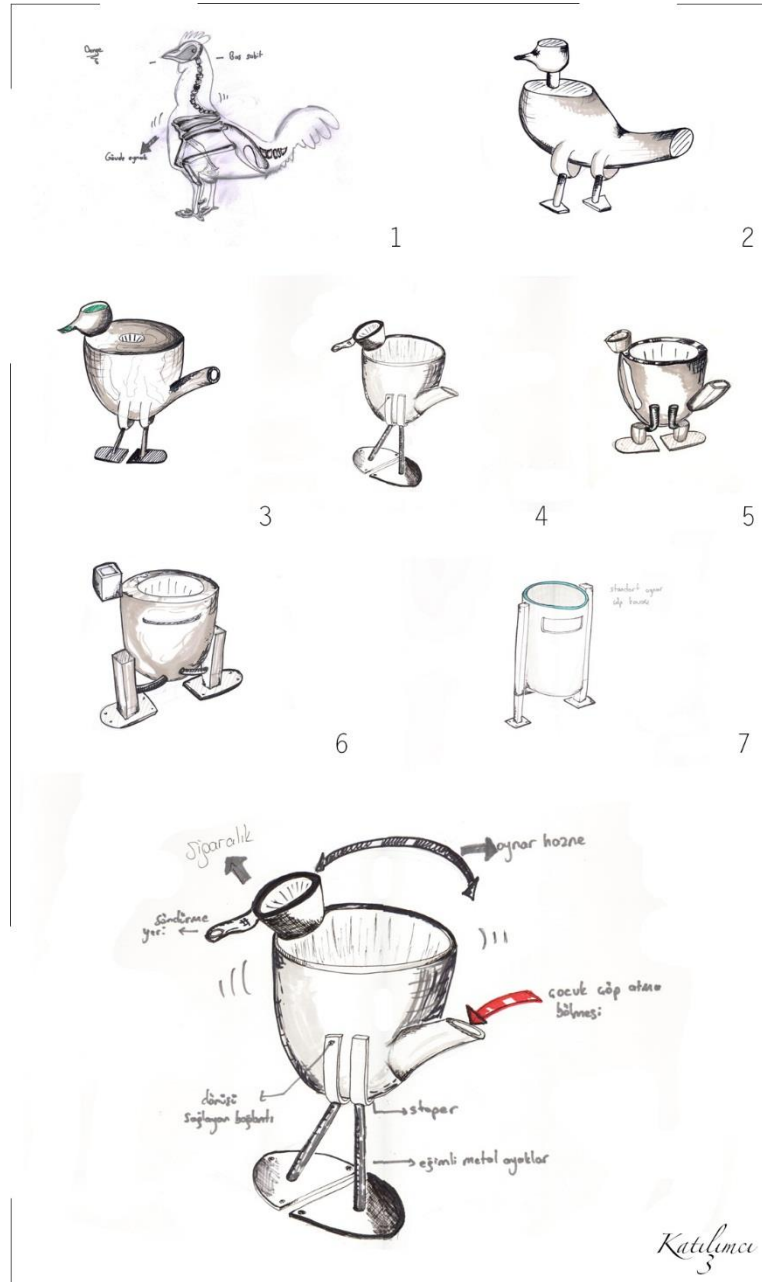
6.2.1. Katılımcı 1 ve Çalışması



Şekil 6.2. Katılımcı 1 ve Çalışması

Bu çalışmanın ilk evresinde katılımcı balon balığını doğadan ilham alınacak varlık olarak seçmiştir. Aktarılacak özellik olarak tehlike anında şişmesi, üzerindeki yapıların dışarıya çıkmasıdır. Bu özellikler tehlikenin olabileceği zamanlarda kullanılacak can yeleşine aktarılmıştır.

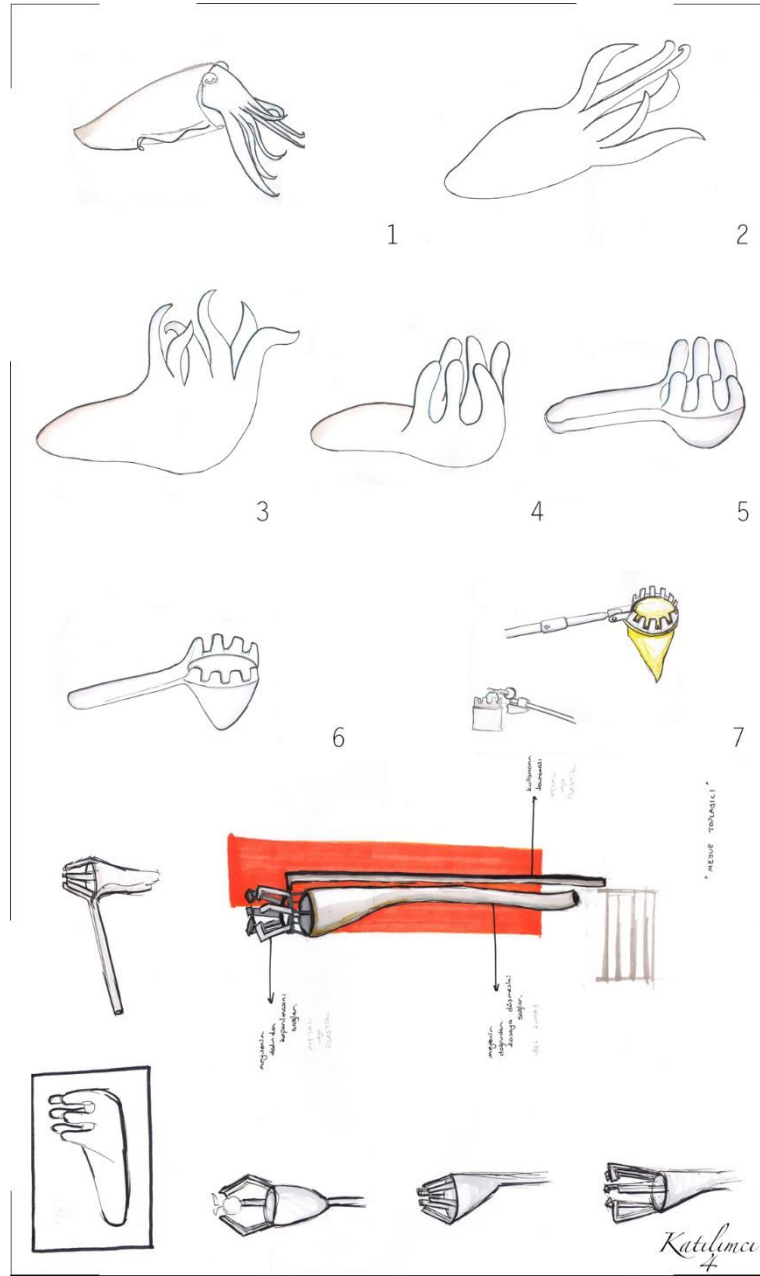
6.2.2. Katılımcı 3 ve Çalışması



Şekil 6.3. Katılımcı 3 ve Çalışması

Katılımcının çalışmasında doğadan ilham olarak tavuğun bazı özelliklerini ele almıştır. Tavuğun başı ile vücudu arasındaki denge unsuru göz önüne alınmış, bu özellik çöp kovasında nasıl uygulanacağı üzerine çalışılmıştır. Tavuğun hem formu hem de başını sabit tutabilme ürüne aktarılmıştır.

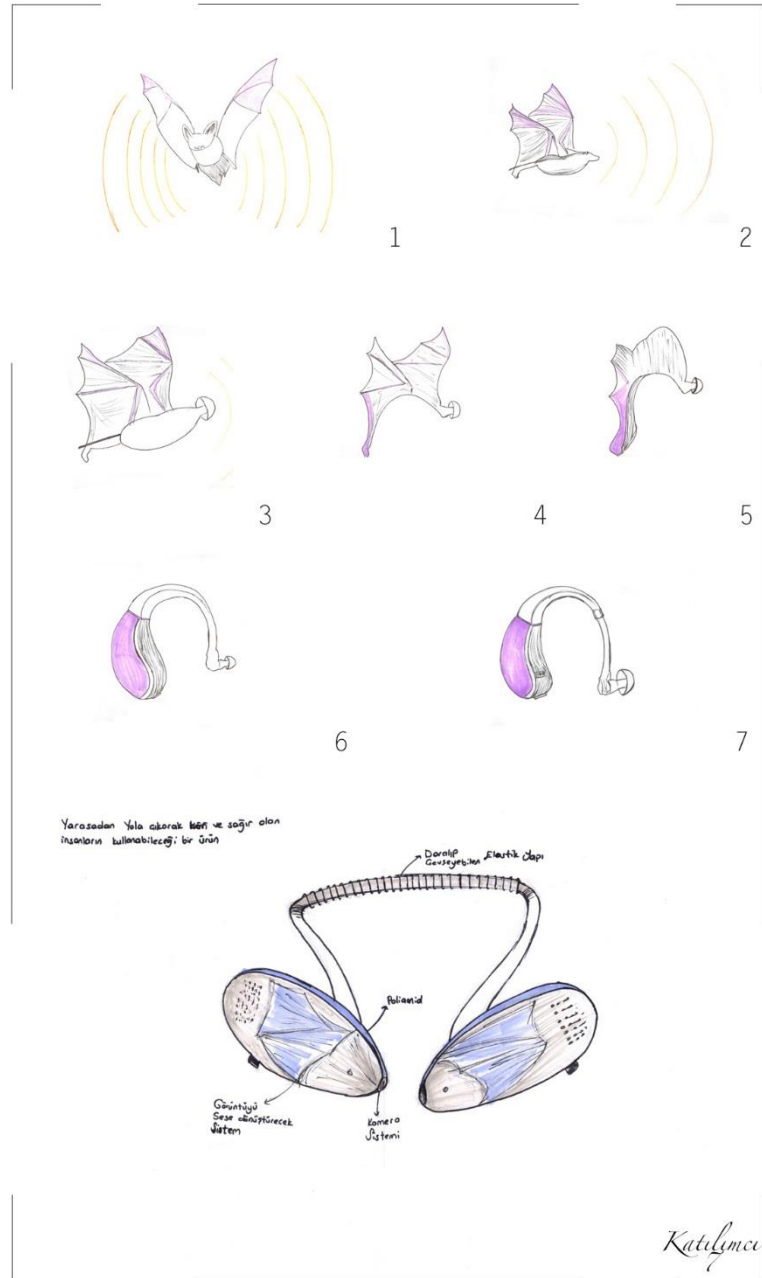
6.2.3. Katılımcı 4 ve Çalışması



Şekil 6.4. Katılımcı 4 ve Çalışması

Mürekkep balığı, katılımcıya ilham olan varlık olarak biyosüreç yönteminde kullanılmıştır. Mürekkep balığının ağız bölgesinde bulunan hareketli organelleri ile besinini hem toplamak hem de depolamak için kullanmaktadır. Katılımcı ise bunu meyve toplayıcı olarak seçtiği ürüne aktarmıştır.

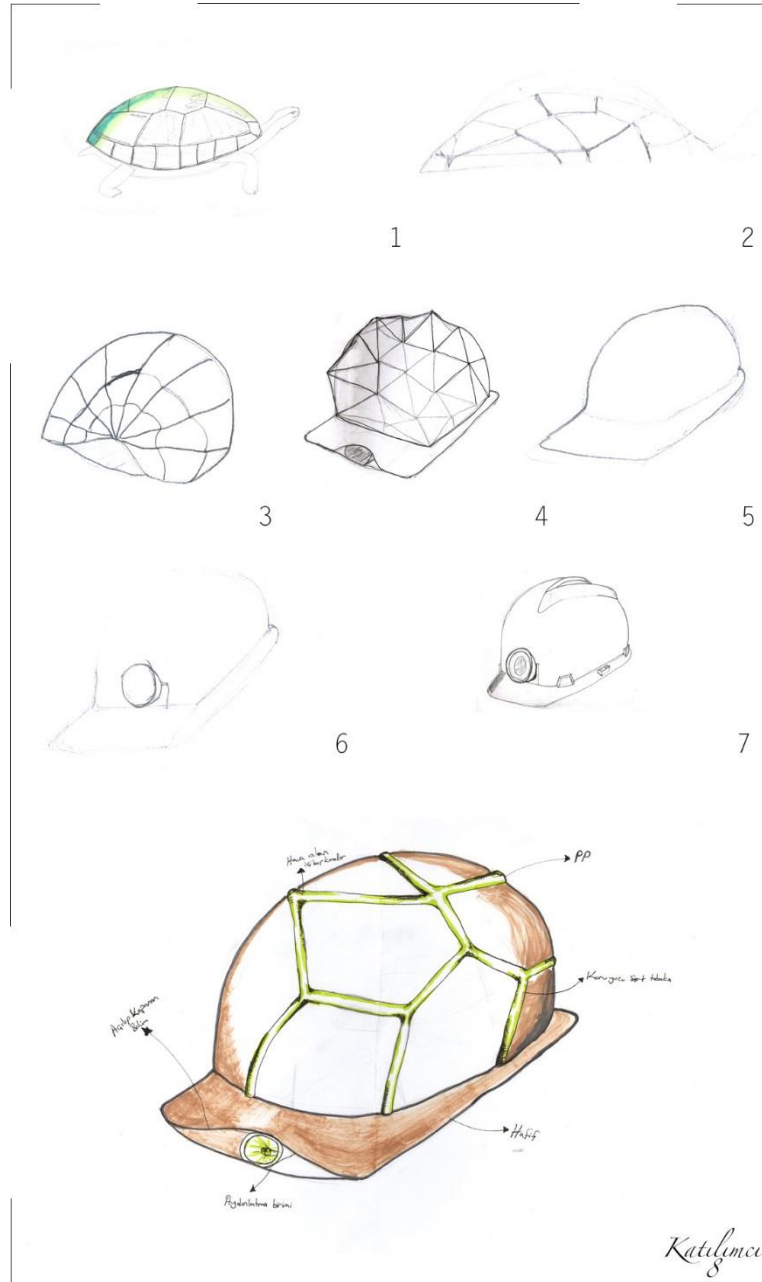
6.2.4. Katılımcı 7 ve Çalışması



Şekil 6.5. Katılımcı 7 ve Çalışması

Bu çalışmasında katılımcı yarasadan ilham almıştır. Yarasanın kulaklarındaki ses hassasiyetini fonksiyon benzetimi olarak ele almıştır. Bunu gözleri görmeyen insanlar için görüntüyü sese çeviren bir araç olarak kullanmayı hedeflemektedir. Kanadındaki esnek işlevini ürünün bağlantı kısmına yansıtmıştır.

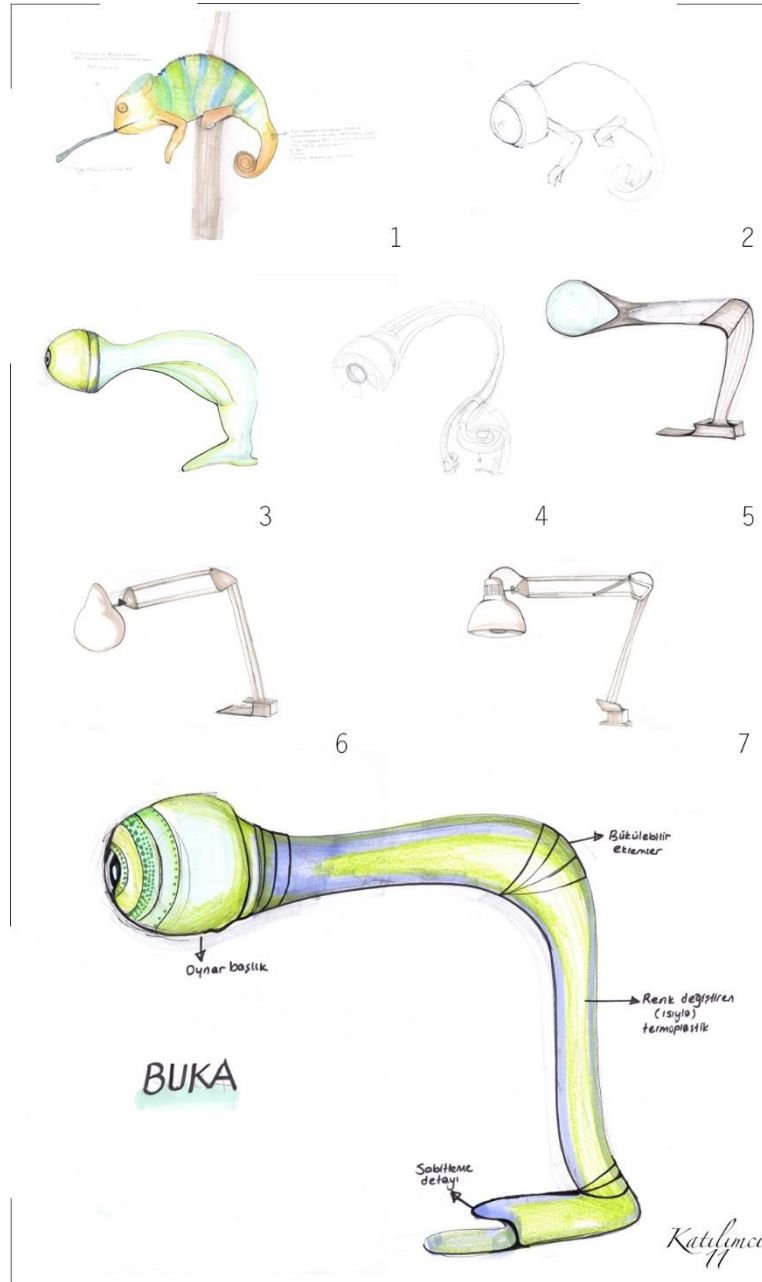
6.2.5. Katılımcı 8 ve Çalışması



Şekil 6.6. Katılımcı 8 ve Çalışması

Katılımcı kaplumbağayı doğadan ilham alınacak varlık olarak seçmiştir. Kaplumbağanın hem koruyucu hem saklayan bir yapısı vardır. Bu özelliklerini fenerli baret ürününde kullanmıştır. Kaplumbağanın üzerindeki form aynı zamanda dıştan gelen darbeyi absorbe etmektedir.

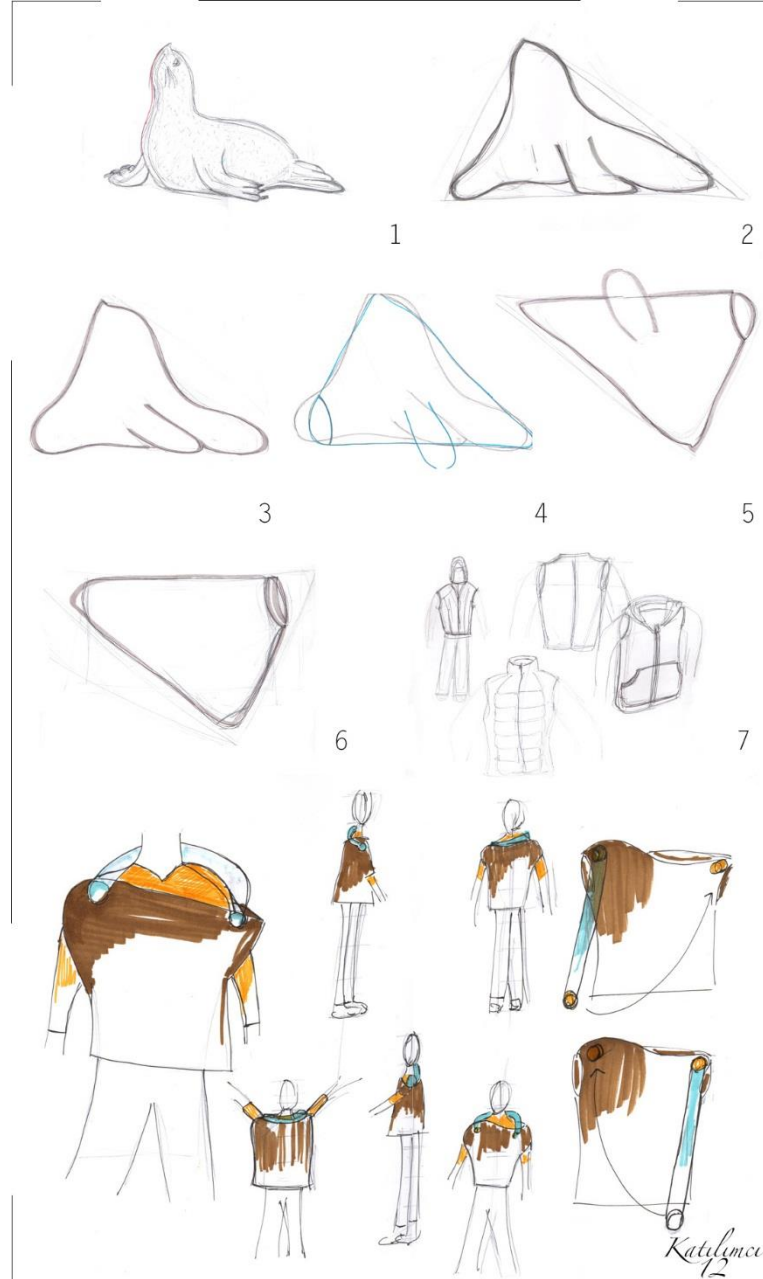
6.2.7. Katılımcı 11 ve Çalışması



Şekil 6.8. Katılımcı 11 ve Çalışması

Katılımcı biyosüreç yönteminde doğa varlığı olarak bukalemunu seçmiştir. Bu varlığın özellikleri incelendiğinde; derisinde bulunan farklı renkleri yansıtan reflektör gözeneklerin bulunması, pistonlu dil yapısı ve iki gözünü farklı açılarda kullanabilmesidir. Katılımcı bu özellikleri masa lambasına aktarmış ve sonuç olarak yukarıdaki gibi bir ürün tasarlamıştır.

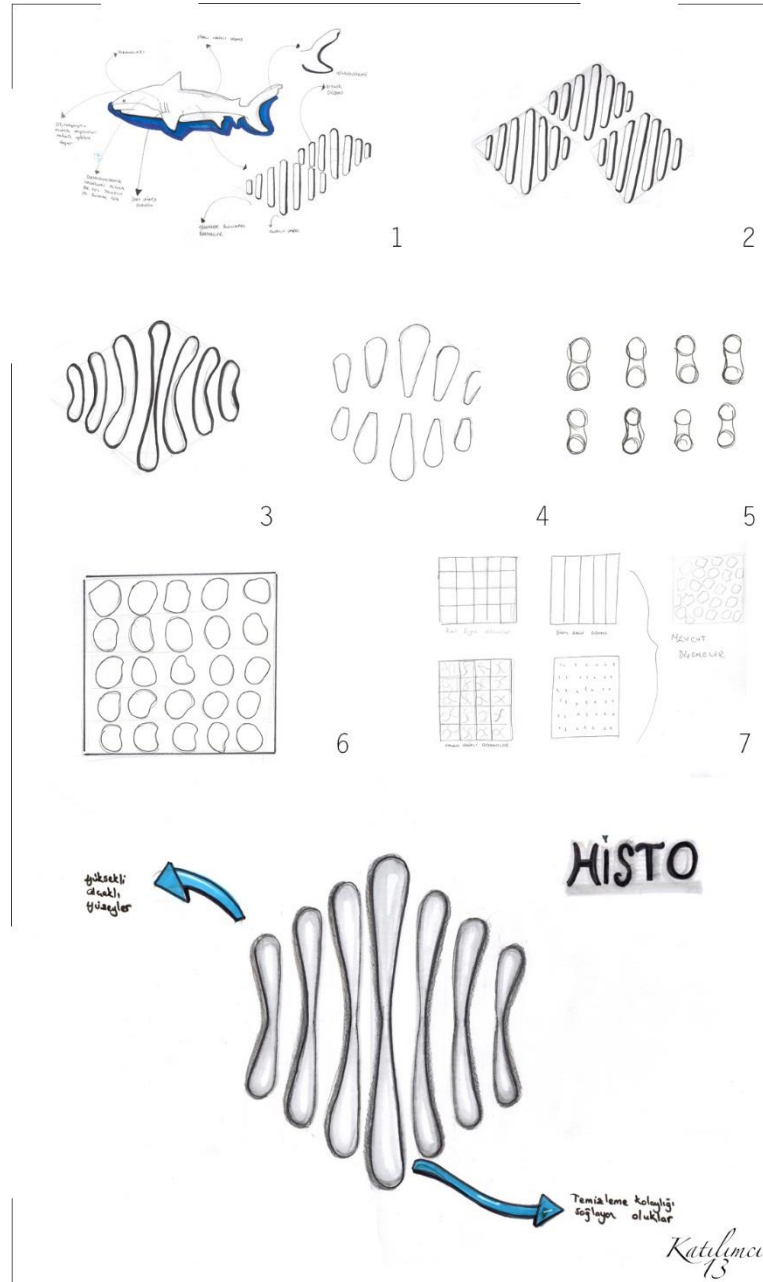
6.2.8. Katılımcı 12 ve Çalışması



Şekil 6.9. Katılımcı 12 ve Çalışması

Katılımcı fok balığından yola çıkarak can yeleği tasarlamak istemiştir. Buradaki canlı varlığın üç noktadan hareket ederek bu formu ürüne yansıtmıştır. Biyosüreç kullanılan yönteminde istenen 3 ayrı özelliği değil de sadece tek bir özelliği kullanmıştır.

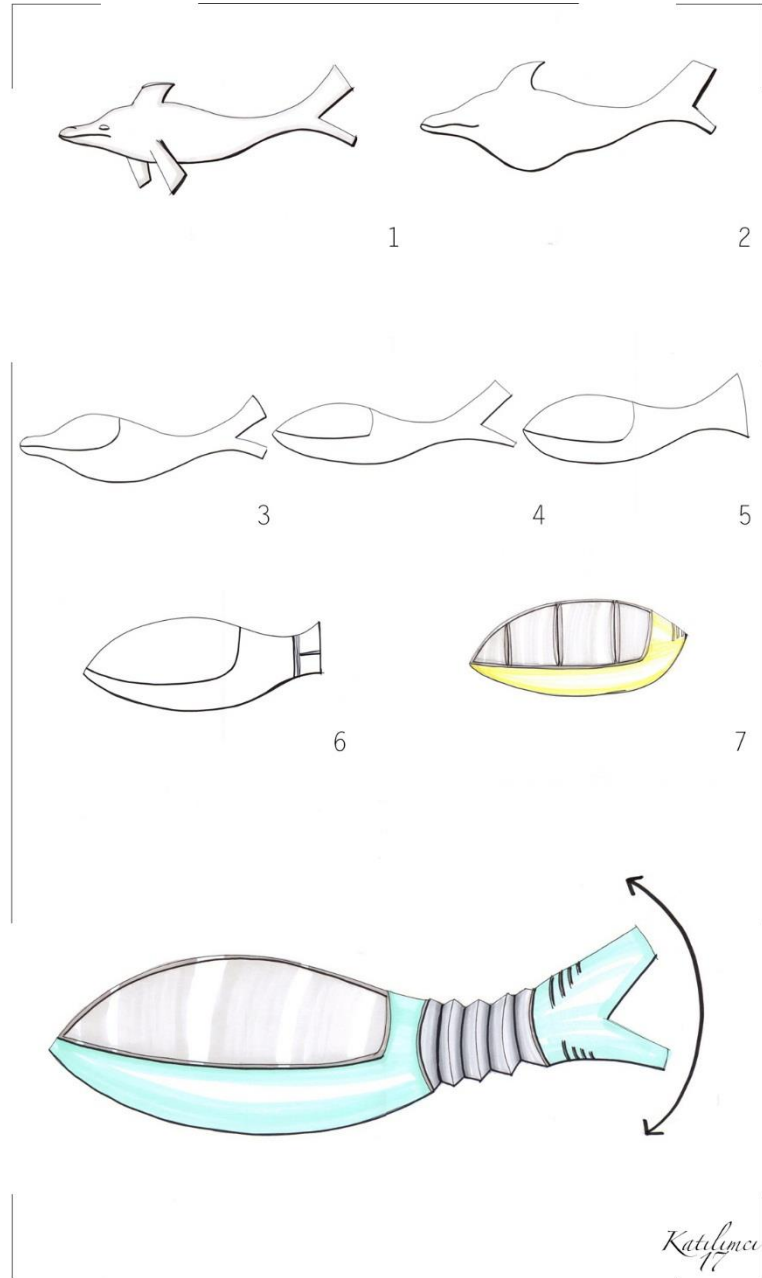
6.2.9. Katılımcı 13 ve Çalışması



Şekil 6.10. Katılımcı 13 ve Çalışması

Köpek balığını inceleyen katılımcı özellikle derisinde bulunan ve yüzmeyi kolaylaştıran yapısını incelemiştir. Burada derinin oluklu yapısı, ritmik düzeni ve bu düzene bağlı olarak yüzeyin sert oluşu ürüne yansıtılmaya çalışılmıştır. Bu özelliklerden dolayı ıslak hacimde kullanılacak fayans tasarımı yapılmıştır.

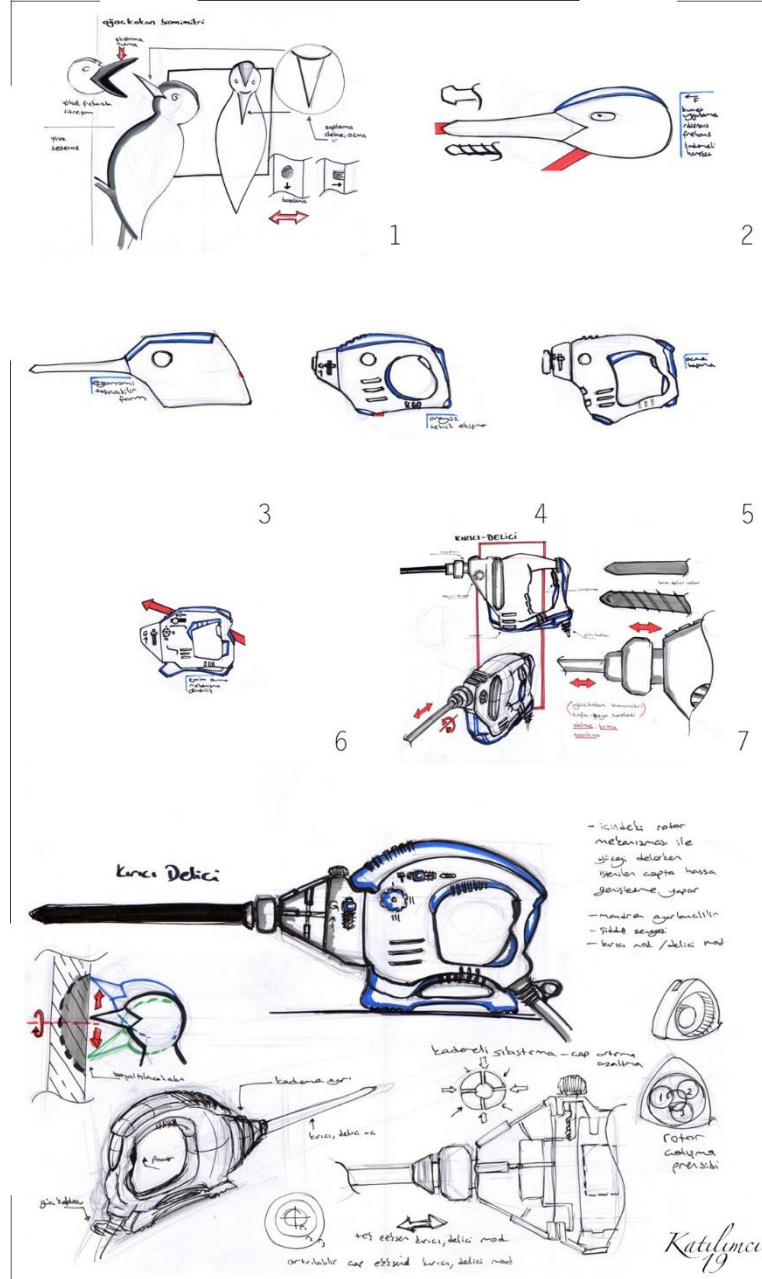
6.2.11. Katılımcı 17 ve Çalışması



Şekil 6.12. Katılımcı 17 ve Çalışması

Katılımcı yunus balığını analiz ederek başlamıştır. Bu çalışmada yunus balığının hızlı ve kıvrak bir şekilde yüzmesini deniz altı ürüne nasıl yansıttım diyerek fonksiyon belirlemiştir. Balığın yüzme hızının formundan kaynaklandığını inceleyerek, bunu hareketli bir deniz altı üründe kullanmıştır.

6.2.12. Katılımcı 19 ve Çalışması



Şekil 6.13. Katılımcı 19 ve Çalışması

Katılımcı projesinde ağaçkakan canlısını ürün projesi için seçmiştir. Seçtiği canlıda bulunan sıkıştırma-tutma, saptama-delme-açma, yüksek frekansta titreşim özelliklerini kırıcı-delici elektrikli el aletine aktarmıştır. Projeye canlı özellikleri tek tek incelenip aktarılmıştır.

6.3. Çalıştay Bulguları

Çalıştay sonunda yapılan çalışmalar incelendiğinde her katılımcının seçip de incelemiş olduğu varlık farklıdır. Bunlara ait seçilen fonksiyonların tamamı yapılan tasarıma aktarılmamış ve çizilen proje üzerinde net bir şekilde görülmemektedir. Bu da yöntemin tam olarak anlaşılmadığına işaret etmektedir. Bunun sebebini sürece ait aşamaların olması gerektiği gibi zamanında yapılmamış olmasıdır. Eğer ki fonksiyon seçme aşaması olan ilk adımı tam olarak yapılmaz ise yöntem uygulanıp sonuç beklenilmemelidir.

Kimi çalışmalar da yöntemin ikinci adımının doğru bir şekilde uygulanmadığı görülmektedir. İkinci adımda fonksiyonlar eklenerek seçilen varlığın değişimi beklenmekte iken çalışmaların bir kısmında bu sıraya dikkat edilmemiş, ortada buluşmak yerine sonda biyosüreç noktalanmıştır.

Çalışmaların önemli bir kısmında doğru analogi kurulurken, yanlış analogilerde kurulmuştur. Bu hatanın yapıldığı nokta hem varlık seçimi hem de tasarlanacak ürün seçiminden kaynaklandığı söylenebilir.

Katılımcının 24 olduğu bir çalıştay da teslim edilen proje sayısının 12 olması, öğrenciler nezdinde ilk defa yapılan bir çalıştay için başarı olarak görülmektedir. Buradaki başarı ölçütü olarak, projelerden çıkan ürünlerin farklı işlevlere sahip olması görülmektedir. Bu yöntem kullanılmadan önce verilecek projelerde tasarımda daha çok form üzerine şekillenirken bu yöntemle işleve yönelik arayışları daha kısa zamanda gerçekleştirmiştir. Dolayısıyla yaratıcılığa doğrudan bir katkısının olduğu söylenebilir.

7. BULGULAR VE GELECEK ARAŞTIRMALAR İÇİN ÖNERİLER

Doğadan esinlenen tasarım, biyolojik olayları bu tezin araştırmasına göre, ağırlıklı olarak mühendislik problemlerinin çözümüne ilham vermek için kullanır. İnsanlar günümüze kadar biyolojiyi tarih boyunca mitolojik örneklerden hayvan ve böcek benzeri robotlara kadar taklit etmişlerdir. Doğal dünya zengin bir mühendislik problemlerinden uygulanacak potansiyel tasarım çözümleri önermektedir. Günümüze kadar doğadan esinlenen tasarımlar tipik olarak duruma göre yapısal tasarım metodolojisi olmadan üretilmiştir. Doğadan esinlenen tasarımın önündeki en büyük engel, tasarımcının hem mühendislik hem de biyolojik sistemleri arasında analogi kurmak için bilgi sahibi olmak zorunda oluşudur. Gelecekteki tasarımcılar, doğadan esinlenen tasarım araçlarının analogi yaratımlarına yardımcı olmak için ve ilişkili biyolojik tasarım uyarıcısını bulmak için halen geliştirilmekte olduğundan şanslıdırlar.

Eğer bir tasarımcı uygun tasarım araçlarının farkında değilse, o aracın ayrıcalıklarından, avantajlarından tam olarak faydalanamaz. Aslında doğanın tasarım ilhamının bütünü tasarımcı tarafından kullanılan bilgi ile birlikte organize edilememiş metottan kaynaklı olabilir.

Doğadan ilham alma metotları geçmişten günümüze hep tartışıla gelmiştir. Doğadan ilham alan tasarımlar önceleri bilinçli olmadan tesadüfi bir şekilde ortaya çıksa da zamanla bunun için basamaklar oluşturulma gayretleri olmuştur. Hatta son zamanlarda öyle basamaklı bir yapı oluşturuldu ki her oluşan yapı oluşturanın verdiği ad ile uygulanmıştır. Aslında aynı yöntem isim değiştirerek aynı aşamalardan geçmektedir. Bulunan bu yöntemler teorik olarak gelişmeden pratiğe dökülmekte ve her geçen gün yeni bir isimle tekrarlara girmektedir.

Biyonik ile başlayan bu süreç zaman içinde biyomekanik, biyoteknik, biyomimetik, biyotasarım, biyomimikri gibi kavramlarla aynı yöntemi kullanmıştır. Çalışmanın içerisinde biyonik, biyomimetik ve biyomimikri gibi en bilinen biyo kavramları yapılan anket ile örnekleri bu çalışma kapsamında açıklanmıştır. Verilen örneklerde çok az farkla birbirinden ayırt edilebildiğini,

bazen örneklerin birbirine karıştığı görülmüştür. Biyo kavramlı örnekleri en iyi tanımlayan çalışmalar belki de lisansüstü tezleridir.

Bu tezin en önemli özelliklerinden birisi, kendi yolunu ararken, dünyanın en gelişmiş ülkelerinde gerçekleştirilmiş olan, biyo kavramları konuları üzerinde lisansüstü tezlerin varlığını araştırmak, bulmak, içerik analizi yöntemi ile bir seçkiye tabi tutmak ve belirlenmiş on adet tezi ayrıca meta analizi yöntemi ile analiz ederek uygulanmış yöntemlerin adları, özellikleri ve çözüme yönelik tasarım sonuçlarına nasıl ulaştıkları konularında dikkate değer bilgiler elde etmiş olmasıdır. Elde ettiği bilgiler doğrultusunda, tezin özgün sonucuna ulaşmak için bulgulardan farklı bir yöntem doğru adım atması ve gerçekten özgün bir yöntem olarak “Biyosüreç” yöntemini ortaya çıkartarak bir süreç içinde deneysel çalışmalar uygulatmış olmasıdır. Bu deneysel düzeydeki tasarım çalışmayı sonuçlarına göre:

- Yapılan anket çalışması 136 tasarım öğrencisine uygulanmıştır. Sonucunda beklenmedik bir yanıt gelmemiştir. Anketin devamında önerilen yöntemin uygulamalı bir çalışmayı yapılmıştır. Uygulama başında doğadan ilham alma konusu ile ilgili biyolojik kavramların hem tarihsel süreci hem de örnekleri ile birbirinden ayırt edilmesini konu alan ve önerilen yöntemin aşamalarının anlatıldığı bir konferans verilmiştir.
- Çalıştay sonucuna bakıldığında doğadan ilham almanın çok zor ve uzun zaman alacak bir yöntem olduğu görülmektedir. 24 katılımcı ile yürütülen çalıştayın 12 projenin bitmiş hali ile sonuçlandığı görülmüştür. Bunun yanı sıra literatür taraması ile acaba bilim dünyasında başka doğadan ilham alma yöntem önermesi olmuş mu diye bakıldığında, yukarıda değinilmiş olan 107 lisansüstü tez belirlenmiş ve bunların içinden 10 tanesinin yöntem önerdiği saptanmıştır. Bunlar incelendiğinde farklı bilim dallarına ve disiplinlere ait olduğu görülmüştür. Önerilen her yöntemin de uygulanan disiplinler arası çalışma ile başkalaştığı saptanmıştır.

Öncelikle belirlenen kavramların teorik yönlerinin gelişmesi sağlanmamıştır. Her ne kadar son dönemde çabalar artmışsa da bunun yeterli olmadığı görülmektedir. Bunun bir açıdan “acaba önerilen yöntemin sadece tasarımcının kendine has olmasını istediği için mi teorik kısmının açıklanması yapılmamaktadır” yoksa hala gerçekten tesadüfi mi yürütülmektedir? düşünceleri akıllara gelmektedir.

Önerilen yöntemlerin uygulandığı disiplin içinde basamak sayılarının artması ya da azalması yöntemin teorik kısmının tam olarak oluşmadığına kanaat getirmektedir. Bu aşamaların neyi kapsadığı, neyi kastettiği bilinmemekte, yani yöntemi uygulayacak tasarımcının yolunun çok karanlıkta olduğunu göstermektedir.

Doğadan ilham alacak tasarımcıların bu önerilen yöntemlerle daha da zorlandığını düşünülmektedir. Bu yöntemi uygulamak isteyen tasarımcıların zor olan bu yöntemleri gördüklerinde uygulamadan vazgeçecekleri düşünülmektedir. Bu tezin deneysel çalışma ile önerdiği yöntemin bu zorluğu kırdığı düşünülmektedir.

Türkiye’ye biyo kavramların yeni girmesi ile Biyosüreç çalıştayının verimli olması beklenmemektedir. Bu konuda eğitim sisteminin de yeteri düzeye gelmediği düşünülmekte ve konunun tartışılmaya ve araştırılmaya değer bulunmaktadır.

Dünyada disiplinlerin özelleşerek gelişmesi ile birlikte Türkiye’de de endüstriyel tasarımda bu konuda özel dersliklere ayrılarak doğadan esinlenme konusu müfredata eklenebilir. Bununla beraber yöntemlerin uygulandığı laboratuvarlar kurulabilir. Böylece, sürdürülebilirlik araştırmalarının da önerileri olan, doğadan esinlenerek ve biyo kavramları ile tasarımlar geliştirmek çok boyutlu desteklenmiş olur.

KAYNAKÇA

- Altunışık, R., Recai, C., Bayraktaroğlu, S., & Yıldırım, E. (2010). *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri SPSS Uygulamaları*. Adapazarı: Sakarya Kitabevi.
- Bar-Cohen, Y. (2006). *Biomimetics: Biologically Inspired Technologies*. London: Taylor & Francis Group.
- Bendsoe, M., & Sigmund, O. (2003). *Topology Optimization: Theory, Methods and Applications*. New York: Springer.
- Benyus, J. (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: HarperCollins.
- Bigdog Robot*. (2015, Nisan 21). Boston Dynamics: http://www.bostondynamics.com/robot_bigdog.html adresinden alındı
- Biomimicry 3.8.Net. (2015, Şubat 19). *The Biomimicry Institute Student Design Challenge*. Biomimicry Design Challenge: <http://2011.biomimicrydesignchallenge.com/> adresinden alındı
- Bionic Ant*. (2015, Ekim 20). Festo: https://www.festo.com/PDF_Flip/corp/Festo_BionicANTs/en/ adresinden alındı
- Birkeland, J. (2002). *Design for Sustainability: A Sourcebook of Integrated Ecological Solutions*. London: Earthscan Publications Ltd.
- Boxfish - Bionic Car*. (2015, Ekim 01). DaimlerChrysler: <http://media.daimler.com/dcmedia/0-921-885913-1-815003-1-0-0-815031-0-1-11702-854934-0-1-0-0-0-0-0.html> adresinden alındı
- brilliant-bio-design*. (2015, Ekim 15). webecoist: <http://webecoist.momtastic.com/2011/01/14/brilliant-bio-design-14-animal-inspired-inventions/> adresinden alındı
- Büyüköztürk, Ş., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., Demirel, F., & Kılıç, E. (2012). *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Capra, F. (2015, Şubat 19). *Ecological Principles*. Ecoliteracy: <http://www.ecoliteracy.org/essays/ecological-principles> adresinden alındı
- Com-bat Solar Powered Spy Plane*. (2015, Ekim 18). İnhabitat: <http://inhabitat.com/com-bat-solar-powered-spy-plane/> adresinden alındı

- Dahl, D., & Moreau, P. (2002). The Influence and Value of Analogical Thinking During New Product Ideation. *Journal of Marketing Research*, 47-60.
- Deb, K. (2001). *Multi-objective Optimization Using Evolutionary Algorithms*. Chichester: Wiley.
- Dechesne, F. (2015, Kasım 9). *What is Protocol Analysis?*
<http://homepages.cwi.nl/~jve/books/pdfs/justWIPA.pdf> adresinden alındı
- DeKay, M. (2011). *Integral Sustainable Design: Transformative Perspectives*. London and Washington, DC: Earthscan.
- Demirsoy, A. (2015, Ekim 29). *Gekogiller*. Wikipedi:
<https://tr.wikipedia.org/wiki/Gekogiller> adresinden alındı
- Egger, M., & Smith, G. D. (1997). Meta Analysis; Potentials and Promise. *BMJ*, 1371-1374.
- Epstein, H. (2015, 11 19). *Six Biophilic Design Elements*. Hafs-Epstein:
<http://www.hafs-epstein.com/blog/2013/5/20/six-biophilic-design-elements> adresinden alındı
- Ergene, T. (1999). Effectiveness of Test Anxiety Reduction Programs: A Meta-Analysis Review. *Doktora Tezi*. A.B.D.: Ohio University.
- Glass, G. V. (1976). Primary, Secondary and Meta Analysis Of Research. *Laboratory Educational Researcher*, 3-8.
- Glier, M., McAdams, D., & Linsey, J. (2011). Concepts in Biomimetic Design: Methods and Tools to Incorporate into A Biomimetic Design Course. *IDETC/CIE* (s. 1-6). Washington: ASME.
- Göçmen, G. B. (2004). Meta Analizin Genel Bir Değerlendirilmesi. *Sakarya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 186-192.
- Gürsu, H. (2014). *Sahi, İnovasyon Niye Bu Kadar Uzak?* Ankara: Destek Yayınları.
- How 'Mirasol' Imitates Butterfly Wings*. (2015, Eylül 14). Bloomberg:
http://www.bloomberg.com/bw/magazine/content/10_19/b4177036185289.htm adresinden alındı
- Inspired-by-insects*. (2015, Eylül 5). Webecoist:
<http://webecoist.momtastic.com/2010/12/31/inspired-by-insects-10-creepy-crawly-biomimetic-designs/> adresinden alındı

- Iouguina, A. (2013). *Biologically Informed Disciplines: A comparative analysis of terminology within the fields of bionics, biomimetics, and biomimicry*. Ottawa, Kanada: Carleton University.
- Johnson-Laird, P. (1989). Analogy and the exercise of creativity, Similarity and analogical reasoning. *Cambridge University Press*, 313-331.
- Jones, P., Clarke-Hill, C., & Comfort, D. a. (2008). Marketing and Sustainability. *Marketing Intelligence & Planning*, 123-130.
- Kellert, S., & Heerwagen, J. H. (2009). Biophilic Design. M. Mador içinde, *Landscape and Urban Planning* (s. 262-265). New York: John Wiley.
- Lotusan. (2015, Ağustos 22). Sto AG:
http://www.sto.de/de/unternehmen/innovationen/lotusan/lotusan_lotuseffekt_fassadenfarbe_fassadenputze.html adresinden alındı
- Mckosky, M. (2012, Haziran). *Graphic Design + Biomimicry*. New York, ABD: Rochester Institute of Technology.
- Mirvis, P. (1994). Environmentalism in Progressive Businesses. *Journal of Organizational Change Management*, 82-100.
- Molthrop, E. (2015, 11 18). *Biophilic Design: A Review of Principle and Practice*. DUJS Dartmouth University: <http://dujs.dartmouth.edu/spring-2011/biophilic-design-a-review-of-principle-and-practice> adresinden alındı
- Murray, K. R. (2013, Mayıs). *Classification of Biological Phenomena to Aid in Search and Retrieval for Biomimicry*. Clemson University.
- Nachtigall, W. (1997). *Vorbild Natur: Bionik-Design für Funktionelles Gestalten*. Berlin: Springer Verlag.
- Nachtigall, W. (2000). *The Big book of Bionics: New Technologies following the example of nature*. Berlin: German Verlags-Anstalt.
- Nagel, J. K. (2010). *Systematic Design of Biologically-Inspired Engineering Solutions*. Oregon, A.B.D: Oregon State University.
- Not Science Fiction. (2015, Nisan 20). Webecoist:
<http://webecoist.momtastic.com/2013/01/07/not-science-fiction-11-real-life-robotic-animals/> adresinden alındı
- Öğülmüş, S. (1991). İçerik Çözümlemesi. *A.Ü.E.B.F. Dergisi*, 213-228.
- Özcan, Ş. (2008). Eğitim Yöneticisinin Cinsiyet Ve Hizmet İçi Eğitim Durumunun Göreve Etkisi: Bir Meta Analitik Etki Analizi. *Yayınlanmamış Doktora Tezi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

- Patterson, R. (2009). Otto Schmitt's Contributions to Basic and Applied Biomedical Engineering and to the Profession. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, (s. 6594). Minnesota.
- Pedro, H.-T. C., & Kobayashi, M. H. (2011). On a cellular division method for topology optimization. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 1175-1197.
- Pedro, H.-T. C., & Kobayashi, M. H. (2011, Haziran 1). On a cellular division method for topology optimization. *Int. J. Numer. Meth. Engng*, s. 1175-1197.
- Pirge, S. (2015). Tasarım Harikası İstakozlar. *Atlas Dergisi*, 36.
- Sacks, H., Berrier, J., & Dinah, R. (1987). Meta Analysis in Clinical Research. *Annals of Internal Medicine*, 450-455.
- Shu, L. H., Ueda, K., Chiu, I., & Cheong, H. (2011). Biologically inspired design. *CIRP Annals - Manufacturing Technology* (s. 673-693). içinde
- Speck, T., & Speck, O. (2008). Process Sequences in Biomimetic Research. *Fourth International Conference on Comparing Design in Nature with Science and Engineering* (s. 3-11). Boston: WIT Press.
- Şahin, M. C. (2005). İnternet Tabanlı Uzaktan Eğitimin Etkililiği: Bir Meta Analiz Çalışması. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Adana: Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Şatır, S. (2009). Kriz Dönemleri ve gelecek Yaşamları İçin Tasarımın Sürdürülebilirliği: Tasarım veya Kriz. *4. Ulusal Tasarım Kongresi* (s. 332-333). İstanbul: Yavuz Matbaacılık.
- Tepe, H. (2011). *Etik ve Metaetik*. İstanbul: Türkiye Felsefe Kurumu Yayınları.
- Todd, N. J., & Todd, J. (1984). *Bioshelters, Ocean Arks, City Farming*. San Francisco: Sierra Club Books.
- Trickett, S., & Trafton, J. G. (2014). A Primer On Verbal Protocol Analysis. M. Sinclair içinde, *Handbook of Research Methods on Intuition* (s. 332-346). London: Edward Elgar Publishing.
- Turnbull, J. (2010). Biomimetic. *8. Uluslararası Öğrenci Baskısı*. New York, ABD: Oxford University Press.
- Vakili, V., & Shu, L. (2001). Towards Biomimetic Concept Generation. *ASME Design Technical Conferences*. Pittsburgh, PA, ABD: DETC2001.

- Vattam, S., Wiltgen, B., Helms, M., Goel, A. K., & Yen, J. (2010). DANE: Fostering Creativity in and through Biologically Inspired Design. *Design Creativity*, 115-122.
- Vincent, J. (2001). Deployable Structures. S. Pellegrino içinde, *Stealing ideas from nature* (s. 51–58). Vienna: Springer-Verlag.
- Vincent, J., & Mann, D. (2002). Systematic technology transfer from biology to engineering. *The Royal Society of London*, 159-173.
- Vincent, J., Bogatyreva, O., Bogatyrev, N., Bowyer, A., & Pahl, A. K. (2006). Biomimetics: its practice and theory. *J.R. Soc. Interface*, 471-482.
- Wahl, D. (2006). Bionics vs. Biomimicry: From Control of Nature to Sustainable Participation in Nature. C. A. Brebbia içinde, *Design and Nature III* (s. 289-299). Boston: WIT Press.
- Walker, S. (2006). Design Process and Sustainable Development - . S. Walker içinde, *Sustainable by design* (s. 29-38). Londra: Earthscan.
- Woodham, J. (1997). Commerce, Consumerism and Design. J. Woodham içinde, *Twentieth-Century Design* (s. 65-85). Oxford: Oxford University Press.
- Yıldız, N. Ç. (2002). Verilerin Değerlendirilmesinde Meta Analizi. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

EK – 1
ANKET SORULARI

Ek-1 Anket Soruları

Ürün Tasarımı Eğitiminde Bio-kavramlar ve Etkileri

Endüstriyel tasarım eğitiminde doğadan esinlenme metotlarına yönelik farkındalığı belirleme ve etkilerini görme

*Gerekli

Ad – Soy ad *

Sınıfınız*

2. sınıf 3. sınıf 4. sınıf

1. Ürün tasarımı dışında özel ilgi alanlarınız nelerdir?

2. Şu ana kadar aşağıdaki kavramlardan hangisi ile karşılaştınız? (Birden fazla işaretleyebilirsiniz.)

- Biyonik Biyomimetik Biyomekanik Biyotasarım
 Biyomimikri Biyotıp Diğer:

3. Matematik alanı, biyoloji ile mühendisliği birleştirip biyonik disiplinini ortaya çıkarıyor.

- Kesinlikle katılıyorum Katılıyorum Kararsızım
 Katılmıyorum Kesinlikle Katılmıyorum

4. Biyomimikri, tasarım masasında oturan biyologlar tarafından daha çok mimari ve ekonomi konusundan çalışılan bir disiplindir.

- Kesinlikle katılıyorum Katılıyorum Kararsızım
 Katılmıyorum Kesinlikle Katılmıyorum

5. Biyonik kelimesi yaşam benzeri anlamında biyoloji ve mekanik kelimelerinin birleşiminden oluşmuş bir disiplindir.

- Kesinlikle katılıyorum Katılıyorum Kararsızım
 Katılmıyorum Kesinlikle Katılmıyorum

6. Biyotasarım, biyoloji ile tasarım arasında disiplinler arası çalışılan ve doğadan esinlenen diğer bütün terimleri kapsar.

- Kesinlikle katılıyorum Katılıyorum Kararsızım
 Katılmıyorum Kesinlikle Katılmıyorum

Ek-1 Anket Soruları (Devamı)

7. **Biyomimetik, biyokimyasal süreçleri taklit eden yapay bir yöntemdir.**

- Kesinlikle katılıyorum Katılıyorum Kararsızım
 Katılmıyorum Kesinlikle Katılmıyorum

8. **Biyomimikri, biyomimetik, biyotasarım ve biyonik kavramlarına yönelik daha önce herhangi bir çalışma yaptınız mı?**

- Evet Hayır

9. **Doğadan aktarma kavramı size neyi çağrıştırıyor?**

- Canlı varlıkları tanımayı
 Doğadaki cansız varlıkları tanımayı
 Doğadaki canlı ve cansız varlıkları tanımayı
 Canlı ve cansız varlıkları tanıyıp özelliklerini aktarmayı
 Doğadaki canlı varlıkları tanıyıp özelliklerini aktarmayı

10. **Biyo-kavramları konusunda ürün tasarımı temelinde bir uygulama gerçekleştirdiniz mi?**

- Evet Hayır

11. **Cevabınız evet ise; aşağıdaki kavramlardan hangisi ile uygulama yaptınız? (Birden fazla işaretleyebilirsiniz.)**

- Biyomimikri Biyomimetik Biyoteknoloji
 Biyonik Biyomorfoloji Biyo-ilham
 Biyotıp Biyotasarım Diğer:

12. **Doğadan uygulamaya yönelik olarak nasıl bir nesne tasarladınız ya da tasarlanabilir? Doğadaki hangi varlıkları aktardınız ya da aktarılabilir? Tanımlayınız.**

13. **Doğadan aktardığınız ya da aktarılabilir olduğunu düşündüğünüz bir canlı varlığın teknik özellikleri nelerdir?**

14. **Doğadan aktardığınız ya da aktarılabilir olduğunu düşündüğünüz bir canlı varlığın ürün tasarımı temelinde görünüş özellikleri nelerdir?**

15. **Biyo-kavramları konusunda genel düşüncenizi lütfen açıklayınız.**

EK – 2
META ANALİZE DÂHİL EDİLEN ÇALIŞMALAR

Ek 2- Meta Analize Dâhil Edilen Çalışmalar

Meta Analize Dâhil Edilen Çalışmalar					
No	Çalışma Başlığı	Çalışma Türü	Yazarlar	Başlığında ve İçinde Geçen Kelimeler	Yöntem Öneriyor mu?
1	Doğadan Esinlenen Tasarım: Mobilya Tasarımında Güncel Eğilimler	YL	Özge Bahar Albostan	Doğadan Esinlenme	Hayır
2	Endüstri Ürünleri Tasarımı Kapsamında Biyomimetik Tasarımın Yeri ve Metodolojisi	YL	Hanife Yıldız	Biyomimetik	Hayır
3	Tasarımda Doğal Analoji: Endüstri Ürünleri Tasarımı Öğrencilerinin Yaklaşımı Üzerine Bir Çalışma	YL	Miray Boğa	Biyomimikri	Hayır
4	Biomimicry for Sustainability: An Educational Project In Sustainable Product Design	YL	Yekta Bakırlıoğlu	Biomimicry, Product Design	EVET
5	Tasarım Sürecini Destekleyici Faktör Olarak Biyomimikri Kavramının İncelenmesi	YL	Irmak Kuday	Biyomimikri	Hayır
6	Proposal for a Non-Dimensional Parametric Interface Design in Architecture: A Biomimetic Approach	DR	Semra Arslan Selçuk	Biomimetic	Hayır
7	Biyomimetik Fan Tasarımı	YL	Kıvanç Şevki Akköse	Biyomimetik, Tasarım	Hayır
8	Endüstri Ürünleri Tasarımında Arayüz Ergonomi Açısından İş Makinelerinin Tasarımı Üzerine Bir Çalışma	YL	M. Celaleddin Kaleli	Tasarım, Biyomimikri	Hayır
9	Biyomimesis Anlayışı ve Bu Bağlamda Günümüz Kuzey Kıbrıs Mimarisine Eleştirel Bir Bakış	YL	Ayşe Gertik	Biyomimetik	Hayır
1	Teaching Sustainability As a Social Issue: Learning from Three Teachers	DR	Jay M. Shuttleworth	Biomimicry	Hayır
2	Biology as a Muse: Exploring the Nature of Biological Information and its Effect on Inspiration for Industrial Designers	YL	Peter Wehrspann	Biology, Industrial Design	EVET

Ek 2- Meta Analize Dâhil Edilen Çalışmalar (Devamı)

3	Influences and Techniques: The Paths Toward Sustainability Through Design	YL	Lisa Barber-Estores	Design	Hayır
4	The Big Barn: A Case Study in Place-Based Education and Design	DR	Helena le Roux	Biomimicry, Design	Hayır
5	Biocity	YL	Anthony Joseph Harrington	Biomimicry	Hayır
6	Mathematical Models For Eco-Industrial Networks	YL	Callum R. Bissett	Biomimicry	Hayır
7	Classification of Biological Phenomena to Aid in Search and Retrieval for Biomimicry	YL	Kevin Raymond Murray	Biomimicry	EVET
8	Critical Color: The Use of Color in Nature for Energy Performance and Its Application to Building Skins	YL	Eric R. Brooks	Biomimicry	Hayır
9	Examining Teachers' Perceptions of Differing Professional Development Programs	YL	Joshua Kirk Baggett	Biomimicry	Hayır
10	Ecological Design Education Survey, Typology and Program Recommendations	DR	Patricia Olson	Biomimicry	Hayır
11	A Design Framework For Sustainable Infrastructure	YL	Jacquelyn Blizzard	Biomimicry	Hayır
12	Biomimetic Search- A Systematic Method for Inspiring Design Concepts	YL	Eli Hacco	Biomimetic, Design	EVET
13	Natural Systems Education: Incorporating Biomimicry into the Learning Environment	YL	Heather A. Houk	Biomimicry	Hayır
14	On Biologically Inspired Designs and Methods	DR	Hugo Tiago Carreira Pedro	Biologically Inspired Design	EVET
15	A Systematic Approach to Bio-Inspired Conceptual Design	DR	Jamal Omari Wilson	Bio-Inspired Design	EVET
16	Reanimating Bios: Biomimetic Science and Empire	DR	Elizabeth Randolph Johnson	Biomimetic	Hayır
17	Biomimetic Search: Perspectives and Case Studies	YL	In Koo Moon	Biomimetic	Hayır
18	Biomimicry: Looking to Nature for Design Solutions	YL	Julie Goss	Biomimicry, Design	Hayır

Ek 2- Meta Analize Dâhil Edilen Çalışmalar (Devamı)

19	Pedagogical Design: Teaching Sustainable Practices Through The Adaptive Re-use of a Decommissioned Power Plant in Edmonton, Alberta	YL	Lauren Staples	Biomimicry	Hayır
20	A Design for Synergistic Learning in Higher Education	YL	Katherine R. Hedrich	Biomimicry	Hayır
21	Systematic Design of Biologically-Inspired Engineering Solutions	DR	Jacquelyn Kay Nagel	Biologically Inspired	EVET
22	Modeling Sustainability Through Collaboratively Organizing	DR	Micheal D. Wood	Biomimicry	Hayır
23	Biologically Informed Disciplines: A Comparative Analysis of Terminology within The Fields of Bionics, Biomimetics and Biomimicry	YL	Alena Iouguina	Bionics, Biomimetics, Biomimicry	Hayır
24	Thermodynamic and Biological Applications of DNA Nanostructures	DR	Xixi Wei	Biomimicry	Hayır
25	Sustainable systems Thinking in Communication Design Education	YL	Yvette M. Perullo	Biomimicry, Sustainable, Design	Hayır
26	Interpreting Sustainability: An Analysis of Sustainable Development Narratives Among Developed Nations	DR	Heather M. Farley	Biomimicry, Sustainable	Hayır
27	Nature Nurtures Nature: Measuring the Biophilic Design Elements in Childcare Centers	DR	Adrian Cerezo Caballero	Biomimicry	Hayır
28	A Computational Model of Cell Spreading, Movement and Alignment on Micro-Wavy Surfaces	YL	Ezgi Pınar Yalçıntaş	Biomimicry	Hayır
29	Vertical Communities; Future Living For Baltimore's Inner Core	YL	Paul Costella Bilger	Biomimicry	Hayır
30	Engineering Nanoparticles for Pharmaceutical Applications: Formulation and Freeze-Drying Techniques	DR	Carlos E. Figueroa	Biomimicry	Hayır
31	Bioinspired Design: Magnetic Freeze Casting	DR	Micheal Martin Porter	Biomimicry, Bioinspired, Design	Hayır

Ek 2- Meta Analize Dâhil Edilen Çalışmalar (Devamı)

32	Modeling and Applying Biomimetic Metaheuristics to Product Life Cycle Engineering	DR	Patrick Tchapdie Wanko	Biomimetic	Hayır
33	Perkins Home: Sustainability, Affordability, Community	YL	Kristen Sloan	Biomimicry, Sustainable	Hayır
34	Design, Fabrication and Wing Force Control for a Micromechanical Flying Insect	DR	Joseph Yan	Biomimicry, Design	Hayır
35	Studies of the Stability of Water-Soluble Polypeptoid Helices and Investigation of Synthetic, Biomimetic Substrates for the Development of a Thermally Triggered	DR	Tracy Joella Sanborn	Biomimetic	Hayır
36	Biomimetic Phenomenological Modeling of Skeletal Muscle Isometric Contaction and Its Application to A Pneumatic Muscle Force Control System	DR	Amy Teresa Neidhard Doll	Biomimetic	Hayır
37	Learning From The Land: Wendell Berry and Wes Jackson on Knowledge and Nature	DR	Jeffrey M. Filipiak	Biomimicry, Biology	Hayır
38	Bio-Inorganic Interfaces for Cellular Signal Detection and Tissue Engineering	DR	Xuan Zhang	Biomimicry	Hayır
39	Microwave Assited Synthesis of Biodegradable Polymers, Blends and Composites; Potentials for Drug Delivery and Orthopedic Applications	DR	Anurag Pandey	Biomimicry	Hayır
40	Rhetorical Invention and Becoming Local	DR	Timothy Ryan Steffensmeier	Biomimicry	Hayır
41	Pericyclic Reactions in the Biomimetic Total Synthesis of Natural Products	DR	Jeremiah Peter Malerich	Biomimetic	Hayır
42	Agraria: An Agrarian Vision	YL	Craig England	Biomimicry	Hayır
43	The Productive House Autonomy, Integration and Diversity	YL	Rune Kongshaug	Biomimicry	Hayır
44	Responsible Consumption and Design for Sustainability	DR	Anne Marchand	Biomimicry, Design, Sustainable	Hayır
45	Development of Biomimetic Systems for Biofuel Cell Applications	DR	Robert L. Arechederra	Biomimetic	Hayır

Ek 2- Meta Analize Dâhil Edilen Çalışmalar (Devamı)

46	Sustainable Business, Resilient Business: Entrepreneurial Business Strategies on the Adaptive Path to a Sustainable Future	YL	David S. Payne	Biomimicry	Hayır
47	A Regionally Influenced Outdoor Furniture Design Composed of Sustainable Materials and Methods for All-Season Use	YL	Roxanna Michelle Strick	Biomimicry, Design	Hayır
48	Structure Activity Relationships of Antimicrobial Peptide Mimics	DR	Andrey Ivankın	Biology, Mimics	Hayır
49	Biomimetic Nanofiber Scaffold Design for Tendon-to-Bone Interface Tissue Engineering	DR	Kristen L. Moffat	Biomimetic	Hayır
50	Ingen of Creative Production in the Health Sciences: A Workbook Companion to Innovation Generation	YL	Micheal Goodman	Biomimicry	Hayır
51	Processing Information	YL	Andrea Ann Ferrigno	Biomimicry	Hayır
52	Toward sustainability Through Techno-Ecological Synergy: Including Ecosystems in Engineering Design and Analysis	DR	Robert A. Urban	Biomimicry, Sustainable	Hayır
53	Advanced Biomaterials From Renewable Resources: An Investigation on Cellulose Nanocrystal Composites	DR	Jose Luis Orellana	Biomimicry	Hayır
54	Landscape Design for Everyday Wellness	YL	Leah Rampton	Biomimicry, Design	Hayır
55	A Delphi Method Study Forecasting A Sustainable Schoolhouse	DR	Jeremiah Patterson	Biomimicry, Sustainable	Hayır
56	Synthesis and Characterization of Biomimetic High Density Lipoprotein Nanoparticles to Treat Lymphoma	DR	Marina Giacomina Damiano	Biomimetic	Hayır
57	A Small Island Perspective to Natural Capital Focus on Prince Edward Island	YL	Douglas B. Deacon	Biomimicry	Hayır
58	The Post-Consumer Waste Problem and Extended Producer Responsibility Regulations: The Case of Electronic Toys in British Columbia	YL	Andrea Nemer Soto	Biomimicry	Hayır

Ek 2- Meta Analize Dâhil Edilen Çalışmalar (Devamı)

59	The Impact of Inertia Forces on a Morphing Wind Turbine Blade in a Vertical Axis Configuration: A Wind Tunnel Test	YL	Jonathan Amichia Butbul	Biomimicry	Hayır
60	An Inventory of Biophilic Design Attributes Within Child Life Play Spaces	YL	Beth L. McGee	Biomimicry	Hayır
61	Applications of Asymmetric Nanotextured Parylene Surface Using Its Wetting and Transport Properties	DR	Koray Şekeroğlu	Biomimicry	Hayır
62	Bionic Nanosystems	DR	Manu Sebastian Mannoer	Bionics	Hayır
63	Leading Change by Engaging Stakeholders in Organizational Narratives of Higher Purpose: How Interfaces Became One of the World's Most Profitable and Ecologically Sustainable Businesses	DR	Guy J. Vaccaro	Biomimicry	Hayır
64	Parks In Public Parking: Empowering Community Memebers to Reintegrate Nature into the City	YL	Theresa Southam	Biomimicry	Hayır
65	Biocultural Engineering Design For Indigenous Community Resilience	DR	PennElys Droz	Bio, Design	Hayır
66	Biomimicry: Ecomodelling Leadership and Change; Decision making tools for leadership in a non-linear world	YL	Roberta Martell	Biomimicry	Hayır
67	An environment Management Plan for the Construction of Green Buildings	YL	Sharon J. Imada	Biomimicry	Hayır
68	Ecological Architecture: A Dialectical Vision	YL	Rachel Vaccaro Mihaly	Biomimicry	Hayır
69	Development of a Microscopic Moire Interferometry System	YL	Jeremy Adam Brougher	Biomimicry	Hayır
70	Sustainable Urban Transport: The Issue of Equity in the Emerging Bric Countries	YL	Tamara Valadares Freitas Tavares	Biomimicry, Sustainable	Hayır
71	Analysis of Industrial Ecology, Cradle to Cradle Principles, and an alternative Packaging Delivery System	YL	Seri Michelle McCledon	Biomimicry	Hayır

Ek 2- Meta Analize Dâhil Edilen Çalışmalar (Devamı)

72	Dancing Our Ecological Niche: Learning From and Partnering With More Than Human Nature	YL	Shelagh Rae Smith	Biomimicry	Hayır
73	From Patent towards Prototype	YL	Alaina Prokopchuk	Biomimicry	Hayır
74	Biomimetic Fluorocarbon Surfactant Polymers Designed For Use On Small Diameter Eptfe Vascular Graft	DR	Shuwu Wang	Biomimetic	Hayır
75	Engineering A Biomimetic Structure For Human Long Bone Regeneration	DR	Eleni Katsanevakis	Biomimetic	Hayır
76	Biomimetic Oligosaccharide and Peptide Surfactant Poymers Designed For Cardiovascular Biomaterials	DR	Mark Andrew Ruegsegger	Biomimetic	Hayır
77	Bio-Inspired Conjugated Organometallic Dyades, Triads and Polymers for Photophysical Studies	YL	Diana Bellows	Bio-Inspired	Hayır
78	Understanding the Role of a Bio-Inspired Surface Modification for Delayed Icing	YL	Cleyton Schenk	Bio-Inspired	Hayır
79	Climatic Alignment of Architectural Design Strategies Through an Analysis of Native Plants in Southern California	YL	Andrew Lee	Biomimicry	Hayır
80	A Fundamental Study of the Anatomy, Aerodynamics and Transport Phenomena of Canine Olfaction	DR	Brent A. Craven	Biomimicry	Hayır
81	Biomimicry Design for Pre-fabricated Steel Module Inspired by Beehive	YL	Lin Lee	Biomimicry, Design	EVET
82	Structural and Biophysical Studies of Biomimetic Poly-N-sunstituted Glycine Oligomers	DR	Yoriel Marcano	Biomimetic	Hayır
83	Non-Natural Mimics of Lung Surfactant Proteins and Antimicrobial Peptides	DR	Michelle Theresa Dohm	Mimics	Hayır
84	Roasting On Earth: A Rhetorical Analysis of Eco-comedy	DR	Alison Aurelia Fisher	Biomimicry	Hayır
85	Using Self-Assembled Block Copolymer Macrostructures For Creating A Model System for Cell Mimicry	DR	Jeffery Simon Gaspard	Biomimicry	Hayır
86	Mimicking Biopolymer Function with Sequence-Specific Peptoid Oligomers	DR	Mia Lace Huang	Bio, Mimic	Hayır

Ek 2- Meta Analize Dâhil Edilen Çalışmalar (Devamı)

87	Urban Heat Island Effect in the Puget Sound Region: Adaptation and Biomimetic Strategies to Mitigate the Effects of Climate Change	YL	Stefanie R. Young	Biomimicry	Hayır
88	Design and Scale-up Of a Novel Biomimetic Mixing System For a Closed Bioreactor	YL	Jayden Ryan Garfield	Biomimetic	Hayır
89	Biomimetic Modular Polymers with Advanced Mechanical Properties	DR	Aaron M. Kushner	Biomimetic	Hayır
90	Effects of prior Knowledge and Spatial Ability on Learning Outcomes and Cognitive Load Associated with Rich and Lean Multimedia Presentation	DR	Diana L. Wilkinson	Biomimicry	Hayır
91	Appropriate Design Elements and Soil Selection For Green Roofs in North Central Texas	YL	David Alexander Williams	Biomimicry	Hayır
92	Extracellular Matrix Biomimicry For The Endothelialization of Cardiovascular Materials	DR	Eric Hugo Anderson	Biomimicry	Hayır
93	Design of a Visually Enhanced Searchable Database for Exploration and Application of Biomimicry in Interior Design	YL	Meredith Anne Chambers	Biomimicry, Design	Hayır
94	The Dialectical Environment of The Mind: A philosophical Foundation for Biomimicry in the Theories of W.F. Hegel and Jean Piaget	YL	Robert R. Winde	Biomimicry	Hayır
95	Peptide Biomimicry: Structure Activity Relationships of Peptoid Analogues of Lung Surfactant Protein C	DR	Nathan James Brown	Biomimicry	Hayır
96	An Exploration into Biomimicry and its Application in Digital and Parametric Design	YL	Neal Panchuk	Biomimicry	Hayır
97	The Integration of Biomimicry into a Built Environment Design Process Model: An Alternative Approach to Hydro-Infrastructure	YL	Timothy Lee Albertson	Biomimicry	EVET
98	Graphic Design + Biomimicry: Integrating Nature into Modern Design Practices	YL	Margaret McKosky	Biomimicry	EVET

