

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL VE MODA TASARIMI ANASANAT DALI
Yüksek Lisans Tezi

BİYOMİMİKİRİNİN TEKSTİL TASARIMINDAKİ YERİ VE KUMAŞ
TASARIM UYGULAMALARI

Hazırlayan
Sümeyye YILDIZ

Danışman
Doç. Leyla ÖĞÜT

İzmir/2020

YEMİN METNİ

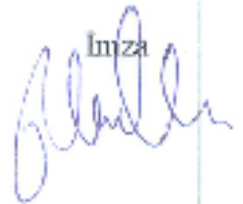
“Program Adı Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Biyomimikrinin Tekstil Tasarımındaki Yeri ve Kumaş Tasarım Uygulamaları” adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

02 /06/ 2020

Sümeyye YILDIZ

İmza



TUTANAK

Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü' nün / /
tarih ve sayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisanüstü Öğretim Yönetmeliği'
nin maddesine göre
öğrencisi'nın

..... konulu tezi incelenmiş ve aday / /
..... tarihinde, saat'da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.
Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra dakikalık süre
içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anasanat dallarından jüri üyelerine
sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin olduğuna
oy ile karar verilmiştir.

BAŞKAN**ÜYE****ÜYE**

ÖZET

Dünya nüfusunun hızla artışı kaynakların gittikçe yetersiz kalmasına neden olmuştur. Değişen bu dengeye uyum sağlamak için toplumlar sürdürülebilir doğal çözümler üretmeye yönelmişlerdir. Doğanın ileri tasarım yeteneğiyle elde ettiği çözümleri kullanmak biyomimikrinin temel ilkesidir. Doğa, bir problemi çözerken en pratik yolu seçmekte ve bunu yaparken hiçbir şeyi boşa harcamamaktadır. Doğadaki bu dönüştürülebilirlik, problemlere sürdürülebilir çözüm yolları arayışlarında en iyi kılavuzdur.

Biyomimikrinin Tekstil Tasarımındaki Yeri Ve Kumaş Tasarım Uygulamaları tez başlığı altında,

Birinci bölümde, biyomimikri kavramının doğuşu, gelişimi ve yeni oluşumlarla evrimleşme süreci incelenmiştir. Literatür araştırmalarında biyomimikri kavramının tarihsel sürecine az yer verildiği gözlemlenmiş, bu konuda geniş bir kaynak taraması yapılarak ele alınan kavramın, Antik Çağ'dan başlayarak günümüz Endüstri 4.0 Sanayi Devrimi'ne kadar olan tarihsel gelişimi ve teorik kapsamı ortaya konmaya çalışılmıştır.

İkinci bölümde, biyomimikri kavramın biyoloji ve tasarım alanlarında sahip olduğu yer, sürdürülebilirlik ve yaratıcılık kavramları altındaki potansiyel rolü incelenmiştir. Tekstil tasarımı alanında yapılan biyomimikri tasarımları ayrı bir başlık altında toplanarak tasarım sürecini etkileyen biyomimikri süreçlerine (form, işlev ve süreç), izlenen yöntem ve stratejilere değinilmiş, bu alanda yapılan örneklerle yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde, biyomimikrinin doğayı taklit ederken izlenen üç seviyeden (form, işlev, süreç) yola çıkılmış ve bir canlının biyolojik özelliği tasarıma ilham kaynağı olmuştur. Farklı pH değerlerinde farklı renk tonunda çiçek veren ortanca (*Hydrangea macrophylla*), tasarımın çıkış noktasını oluşturmaktadır. Bu bitkinin morfolojik yapısı, topraktaki pH değeri ile yapraklarındaki rengi belirlemesi projenin biyomimikri yaklaşımını belirlemiştir.

ABSTRACT

The rapid increase in the world population has caused the resources to become insufficient gradually. In order to adapt to this changing balance, societies tend to produce sustainable natural solutions. Using the solutions obtained by nature's advanced design ability is the basic principle of biomimicry. Nature chooses the most practical way to solve a problem and does not waste anything while doing this. This convertibility in nature is the best guide to seek sustainable solutions to problems.

The place of biomimicry in textile design and fabric design applications under thesis title;

In the first chapter, the birth and development of the concept of biomimicry and the evolution process with new formations are examined. Observing that the historical process of the concept of biomimicry is given little place in the literature researches, it has been tried to reveal the historical development and the theoretical scope of the concept, which has been handled by conducting a wide literature review, from the Antiquity to the present Industrial 4.0 Industrial Revolution.

In the second chapter, the potential role of the concept of biomimicry in biology and design, under the concepts of sustainability and creativity, is examined. Biomimicry designs made in the field of textile design by gathering under a separate heading, biomimicry processes (form, function and process) affecting the design process, the methods and strategies followed, and examples in this field are included.

In the third chapter, biomimicry's three levels (form, function, process) are followed while imitating nature and the biological feature of a living creature has inspired the design. Hortensia (*Hydrangea macrophylla*), which blooms in different pH values and in different color shades, constitutes the starting point of the design. The morphological structure of this plant, the pH value in the soil and the determination of the color in the leaves have determined the biomimicry approach of the project.

ÖNSÖZ

1997 yılında yeni bir kavram olarak literatüre giren biyomimikri, her dönemde uygulanmış bir tasarım pratiğidir. İnsanın doğayla uyumlu olma çabasının bir sonucu olan biyomimikriye yönelim disiplinlerarası bir çalışmayla, mühendislik, kimya, biyoloji ve tasarım alanlarının paralel olarak ilerlediği süreçleri gerektirmektedir.

Sürdürülebilir yarınlar için günümüzdeki gelişmiş bilim ve teknolojiyi kullanarak, doğanın sınırsız modellerine ulaşabilme olanağı gittikçe artmaktadır. Geçmişten günümüze kadar birçok araştırmacı biyomimikri kavramı üzerine araştırmalar yapmıştır. Literatür taramasında biyomimikri tasarım uygulamalarına en fazla mimari alanda rastlanılmıştır. İnsanın temel gereksiniminden biri olan barınma için doğadaki formlar ilham kaynağı olmuştur. Daha sonra bu yaklaşım barınmanın ötesinde kamu binalarına da yansımıştır.

Günümüzde birçok tasarım probleminde öncelikli başvurulacak bir yaklaşım olan biyomimikri artık tasarım eğitimi veren kurumlarda bağımsız bir derse dönüşmüştür. Gelişen bilim ve teknoloji sayesinde doğanın form ve işlev olarak taklidinden süreç olarak taklidine doğru bir yönelim gözlenmektedir.

Yüksek Lisans Tez çalışmamda benimle paylaştığı değerli bilgiler ve yönlendirmeleriyle yardımcı olan tez danışmanım sayın Doç. Leyla ÖĞÜT'e, eğitim sürecinde üzerimde emeği olan tüm hocalarıma, projemde önerileri ile destekte bulunan değerli arkadaşlarıma, katalog çekimlerinde ortam, ışık ve mankenlik için emeği büyük olan Kübra AKTAŞ'a, Melike ŞAHİN'e ve Aylin DARICI'ya sonsuz teşekkürlerimi iletmekteyim. Eğitim hayatımda bana inanan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen babam İsmail YILDIZ' a, annem Gülten YILDIZ'a ve abim Ömer Faruk YILDIZ'a sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ.....	i
TUTANAK.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
FOTOĞRAF LİSTESİ.....	x
TABLO LİSTESİ.....	xvi
KISALTMALAR.....	xviii
GİRİŞ.....	1

1. BÖLÜM

BİYOMİMİKİRİNİN TANIMI VE GELİŞİMİ

1.1.BİYOMİMİKİRİ TANIMI.....	4
1.2.BİYOMİMİKİRİNİN GELİŞİMİ.....	9
1.2.1.Antik Dönem’den Rönesans’a Biyomimikri	10
1.2.2.Rönesans’tan Endüstri 1.0’a Biyomimikri.....	16
1.2.3.Endüstri 1.0, (1784-1870) İlk Sanayi Devrimi.....	20
1.2.4.Endüstri 2.0, (1870-1969) İkinci Sanayi Devrimi.....	25
1.2.5.Endüstri 3.0, (1960-2011) Üçüncü Sanayi Devrimi.....	30
1.2.6. Endüstri 4.0, (2011-...) Dördüncü Sanayi Devrimi.....	34

2.BÖLÜM

BİYOMİMİKİRİNİN TASARIMDAKİ YERİ

2.1.TASARIMDA BİYOMİMİKİRİ KAVRAMI.....	38
2.1.1. Biyolojinin Biyomimikri Tasarımındaki Yeri.....	43
2.1.2. Sürdürülebilir Bir Tasarım Yöntemi Olarak Biyomimikri.....	45
2.1.3. Bir Yaratıcılık Süreci Olarak Biyomimikri.....	48
2.1.3.1. Tasarımın Biçimsel ve Yapısal Olarak Kullanımı.....	49
2.1.3.2. Tasarımın İşlevsel Olarak Kullanımı.....	53
2.1.3.3. Tasarımın Süreç Olarak Kullanımı.....	56
2.2. BİYOMİMİKİRİNİN TEKSTİL TASARIMINDA Kİ YERİ.....	57
2.2.1. Kendi Kendini Temizleyen ve Hidrofobik Yüzey.....	59
2.2.2. Sürtünme Azaltan Yüzey.....	62
2.2.3. Fotonik Yüzey.....	63
2.2.4. Yapışma Özellikli Yüzey.....	65
2.2.5. UV Koruyucu Yüzey.....	68
2.2.6. Kamuflaj Yüzey.....	69
2.2.7. Koza Etkisi.....	71
2.2.8. Salgı Lifleri	72

3.BÖLÜM

PROJE KAPSAMINDA TASARIM UYGULAMALARI

3.1. PROJENİN AMACI.....	75
3.2. PROJENİN ÇIKIŞ NOKTASI	75
3.2.1. Doğal Bir pH İndikatörü Olarak Ortanca Çiçeği.....	76
3.2.2. Antosiyonin Boyar Maddesi.....	77
3.3. PROJENİN UYGULAMA SÜRECİ VE YÖNTEMİ.....	82
3.3.1. Projede Kullanılan Malzemeler.....	83
3.3.2. Antosiyonin Boyar maddesi İle Boyama ve Baskı Yöntemlerinin Belirlenmesi.....	84
3.3.2.1. Çektirme Yöntemi İle Boyama.....	84
3.3.2.1.1.Çektirme Yönteminde Optimum Boya Miktarının Belirlenmesi.....	84
3.3.2.1.2. Çektirme Yönteminde Optimum Sürenin Belirlenmesi.....	84
3.3.2.1.3. Çektirme Yöntemiyle Boyama Sonrasında Farklı pH Değerlerinin Etkisi.....	85
3.3.2.1.4. Farklı pH Değerlerine Sahip Boya Banyolarının Renklere Olan Etkisi.....	87
3.3.2.2. Sentetik Baskı Patı İle Baskı Denemeleri.....	88
3.3.2.2.1. Sentetik Baskı Patı İle Optimum Boya Miktarının Belirlenmesi.....	88
3.3.2.3. Alginat Pat İle Baskı Denemeleri.....	92
3.3.2.3.1. Alginat Patta Optimum Boya Miktarının Belirlenmesi.....	92
3.3.2.3.2. Farklı pH Değerlerine Sahip Alginat Patın Renklere Olan Etkisi.....	101

3.3.3. Proje İçin İncelenen Kumaşların Tasarıma Aktarılması.....	102
3.4. PROJE KAPSAMINDA TASARIM UYGULAMALARI.....	114
3.4.1. Temayı Belirleyen Kaynaklar.....	114
3.4.2. Eskiz ve Ön Çalışmalar.....	116
3.4.3. Tasarım Uygulamaları.....	121
SONUÇ.....	128
KAYNAKÇA.....	131

GÖRSEL LİSTESİ

Görsel 1 : Doğa ve insan arasındaki ilişkinin evrimi.....	10
Görsel 2 : Doğa ve mimarlık benzeşimleri.....	11
Görsel 3 : Soldan sağa, balık pulu, roma pullu zırh, ejderha pulu.....	13
Görsel 4 : Armodillo ve Lorica Segmentata.....	13
Görsel 5 : Yılan pulu ve Lorica Squamata.....	14
Görsel 6 : Akrep ve Scorpio isimli tatar yayı.....	15
Görsel 7 : Şövalyeler için bir vücut koruması olarak kullanılan zırh.....	16
Görsel 8 : James Watt'ın patentini aldığı ilk buhar makinesi.....	21
Görsel 9 : Antonio Gaudi Casa Batllo-Barselona-İspan.....	22
Görsel 10 : Nilüfer çiçeği ve Joseph Paxton'un tasarladığı Kristal Saray.....	23
Görsel 11: Uyluk kemiği.....	23
Görsel 12: Otomobil fabrikasında yürüyen bant ve seri imalat örneği.....	26
Görsel 13: René Binet tarafından Paris 1900'de dünya sergisine yapılan anıtsal giriş için tasarım.....	27
Görsel 14: İlk endüstriyel robot olan Unimate.....	29
Görsel 15: Ford üretim hattı, model T üretimi.....	30
Görsel 16 : WABOT-1 robotu.....	33
Görsel 17 : Honda'nın ünlü robotu ASIMO.....	34
Görsel 18 : Endüstri Devrimi süreçleri.....	35

Görsel 19 : Robot kertenkele tırmanışı.....	36
Görsel 20 : Fil hortumundan esinlenerek tasarlanan robotik bir kol.....	37
Görsel 21 : Güneş enerjisi ile çalışan COM-BAT Casus uçağı.....	37
Görsel 22 : Yalıçapkını kuşu ve Shinkansen Bullet treni.....	50
Görsel 23: Kutu balığından esinlenerek tasarlanmış aerodinamik araba.....	51
Görsel 24 : Termit kulelerinden esinlenilerek yapılan mimari yapı.....	52
Görsel 25 : Mavi midyedeki yapışkanlık özelliği.....	54
Görsel 26: Solar panelli fotosentez yapan otomobil.....	55
Görsel 27: Namibya böceğinin su üretim hali ve kabuk dokusu.....	56
Görsel 28: Süperhidrofobik nilüfer yaprağı.....	59
Görsel 29: Süperhidrofobik kelebek kanatları.....	59
Görsel 30: Süperhidrofobik güvercin tüyleri.....	60
Görsel 31: Süperhidrofobik balık pulları.....	60
Görsel 32: Düşük sürtünmeli köpekbalığı yüzeyi.....	60
Görsel 33: Lotus yaprağının SEM görüntüsü	61
Görsel 34: Köpekbalığı derisi.....	62
Görsel 35: Morpho Kelebeği.....	64
Görsel 36: Osmia Arısı.....	64
Görsel 37: Tavuskuşu tüyü ve melanin silindirleri.....	65
Görsel 38: Velcro'nun Mikroskop görüntüsü.....	66

Görsel 39: Çok ölçekli kombine geko ayak kılları.....	67
Görsel 40: GECKO silikon yüzeyli tekstil.....	68
Görsel 41: Bukalemun ve renk değişiminin analiz edilmesi.....	70
Görsel 42: Çam kozalağından esinlenilerek yapılmış kompozit tekstil yüzeyi.....	72
Görsel 43: Maria Sharapova, ABD Açık Tenis Turnuvası, 2006.....	72
Görsel 44: Örümcek ağından dokunmuş kumaş parçası, 2009.....	73
Görsel 45: İlk yapay örümcek ağı.....	74
Görsel 46: pH indikatörü olarak Hydrangea macrophylla çiçeği.....	77
Görsel 47: Ahuduyla renklendirilmiş pamuklu sargı bezinin pH 5-7 çözeltileri ile muamele edilmeden önceki ve sonraki görüntüleri.....	81
Görsel 48: (a) Mor lahana suyunun; (b) selüloz asetat/mor lahana nanolifli yüzeyin pH 1-14 arasındaki renk değişimi.....	82
Görsel 49: Boyama sonrasında pH değerlerinde gözlemlenen renk değişimleri.....	85
Görsel 50: pH 3-12 değerlerindeki renk değişimi.....	86
Görsel 51: Sentetik pat ile basılmış kumaşların farklı pH değerlerindeki renk değişimleri.....	89
Görsel 52: pH 3-12 değerlerindeki renk değişimi.....	89
Görsel 53: Sentetik pat ile hazırlanmış boyanın, farklı pH değerlerinde gözlemlenen renk değişimleri.....	90
Görsel 54: pH 3- 12 değerlerindeki renk değişimi.....	90

Görsel 55: Sentetik pat ile basılmış poliester kumaşların farklı pH değerlerindeki renk değişimleri.....	91
Görsel 56: pH 3-12 değerlerindeki renk değişimi.....	91
Görsel 57: Alginat pat ile basılmış pamuklu kumaşların farklı pH değerlerindeki renk değişimleri.....	93
Görsel 58: pH 3-12 değerlerindeki renk değişimi.....	94
Görsel 59: Alginat pat ile basılmış poliamid kumaşların farklı pH değerlerindeki renk değişimleri.....	94
Görsel 60: pH 3-12 değerlerindeki renk değişimi.....	95
Görsel 61: Alginat pat ile basılmış poliester kumaşların farklı pH değerlerindeki renk değişimleri.....	95
Görsel 62: pH 3-12 değerlerindeki renk değişimi.....	96
Görsel 63: Alginat pat ile basılmış keten kumaşların farklı pH değerlerindeki renk değişimleri.....	96
Görsel 64: Alginat pat ile basılmış % 50 pamuk-%50 ipek kumaşların farklı pH değerlerindeki renk değişimleri.....	97
Görsel 65: Alginat pat ile basılmış % 100 ipek kumaşların farklı pH değerlerindeki renk değişimleri.....	98
Görsel 66: pH 3-12 değerlerindeki renk değişimi.....	98
Görsel 67: Dikiş Tekniğinin Uygulanması.....	103
Görsel 68: Dikiş Tekniğini Uygulamasının Sonucu.....	104
Görsel 69: Şönil Tekniğinin Uygulanması.....	104

Görsel 70: Shibori Tekniğinin Uygulanması.....	105
Görsel 71: Shibori Tekniği Uygulamasının Sonucu.....	106
Görsel 72: pH 3 Değerindeki Asidik Ortamda Çektirme Yöntemi ile Boyama	106
Görsel 73: pH 3 Değerindeki Asidik Ortamda Çektirme Yöntemi ile Boyama	107
Görsel 74: pH 12 Değerindeki Bazik Ortamda Çektirme Yöntemi ile Boyama	108
Görsel 75: pH 12 Değerindeki Bazik Ortamda Çektirme Yöntemi ile Boyama	108
Görsel 76: Buz Boyama Yöntemi ile Alınan Sonuç	109
Görsel 77: Bazik Ortamda Yapılan Buz Boyama Yöntemi ile Alınan Sonuç.....	110
Görsel 78: Shibori Tekniği ile Boyama Sonrası Alınan Sonuç.....	111
Görsel 79: Bazik Ortamda Shibori Tekniği ile Boyama Sonrası Alınan Sonuç.....	112
Görsel 80: Shibori Tekniği ile Boyama Sonrası Alınan Sonuç.....	113
Görsel 81: Proje Uygulama Hikaye Paftası.....	114
Görsel 82: Tasarım Hikaye Paftası.....	115
Görsel 83: Tasarım 1’de 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi.....	116
Görsel 84: Tasarım 2’de 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi.....	116
Görsel 85: Tasarım 3’te 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi.....	117
Görsel 86: Tasarım 4’te 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi.....	117

Görsel 87: Tasarım 5'te 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi.....	118
Görsel 88: Tasarım 6'da 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi.....	118
Görsel 89: Tasarım 7'de 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi.....	119
Görsel 90: Tasarım 8'de 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi.....	119
Görsel 91: Tasarım 9'da 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi.....	120
Görsel 92: Tasarım 10' da 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi.....	120
Görsel 93: Tasarım Uygulama Çalışması 1.....	121
Görsel 94: Tasarım Uygulama Çalışması 2.....	121
Görsel 95: Tasarım Uygulama Çalışması 3.....	122
Görsel 96: Tasarım Uygulama Çalışması 4.....	123
Görsel 97: Tasarım Uygulama Çalışması 5	124
Görsel 98: Tasarım Uygulama Çalışması 6.....	124
Görsel 99: Tasarım Uygulama Çalışması 7.....	125
Görsel 100: Tasarım Uygulama Çalışması 8.....	126
Görsel 101: Tasarım Uygulama Çalışması 9.....	127

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Doğal pH-indikatörleri.....	77
Tablo 2: Antosiyaninlerin renklerinin pH'a göre değişimi.....	80
Tablo 3: Çektirme yönteminde optimum boya miktarının belirlenmesi.....	84
Tablo 4: Çektirme yönteminde optimum sürenin belirlendiği kumaş örnekleri.....	85
Tablo 5: Farklı pH değerlerindeki renkler.....	86
Tablo 6: Farklı asitlerde pH 3 değerlerindeki renkler.....	86
Tablo 7: Farklı bazik maddelerle pH 12 değerlerindeki renkler	87
Tablo 8: Farklı pH değerlerine sahip boya banyolarında çektirme yöntemiyle alınan renk sonuçları.....	87
Tablo 9: Farklı pH değerlerinde boyanmış kumaşların yıkamadan sonraki renkleri.....	88
Tablo 10: Boya Miktarı Optimizasyonu Örnekleri.....	88
Tablo 11: Sentetik baskı patı ile basılmış, farklı pH değerlerindeki çözeltilere daldırılmış kumaş örnekleri.....	92
Tablo 12: Boya Miktarı Optimizasyonu Örnekleri.....	93
Tablo 13: Alginat baskı patı ile basılmış, farklı pH değerlerindeki çözeltilere daldırılmış pamuk, poliester ve poliamid kumaş örnekleri	99
Tablo 14: Alginat baskı patı ile basılmış, farklı pH değerlerindeki çözeltilere daldırılmış keten, ipek ve pamuk/ipek karışımı kumaş örnekleri	100
Tablo 15: Farklı pH değerlerine sahip pat ile baskıda alınan renk sonuçları.....	101

Tablo 16: Farklı pH değerlerine sahip pat ile basılmış kumaşların yıkama sonrası renk sonuçları	101
--	-----



KISALTMALAR

Ar-Ge : Araştırma ve Geliştirme

M.Ö. : Milattan Önce

M.S. : Milattan Sonra

vd. : Ve Diğerleri

JPL : Jet Propulsion Laboratory

NASA : National Aeronautics and Space Administration

Al : Artificial Life



GİRİŞ

İnsan var olduğundan bu yana doğa ile birliktelik içerisinde. Bu birliktelik insanın doğanın içine doğmasından dolayı mecburi bir gerekliliktir. Önceleri hayatta kalabilmek için doğaya karşı sürdürülen mücadele, geliştirdiği teknoloji sayesinde insanoğlunun bir zaferi ile sonuçlanmış gibi görünmektedir. Oysa aşırı tüketimin yarattığı atık sorunları birçok yıkıma yol açmış, her alanda sürdürülebilirlik tartışmalarını gündeme getirmiştir. Dolayısıyla doğanın karşısında değil, doğanın yanında bir duruş sergilemek artık kaçınılmaz hale gelmiştir.

Doğa ile mücadelede insan ilk olarak barınma, giyinme ve avlanma problemlerini çözmek zorunda kalmıştır. Bunun için doğayı gözlemleyerek geliştirdiği malzeme ve yöntemlerle hayatını sürdürebilmiştir. Gözlemlerinin sonucunda edindiği bilgiyi pratik hayatına geçirmeye başlayan insan, zamanla yerleşik yaşama geçmiş daha fazla üretim için daha fazla bilgiye ihtiyaç duymuştur.

Endüstri Devrimi ise günümüz teknolojilerini üretmede önemli bir kırılma noktası olmuştur. Buhar gücünün sağladığı olanaklar, geçmiş dönemlere göre çok hızlı gelişmeleri de beraberinde getirmiştir.

Teknolojik gelişmeler yeni açılımlar getirmesine rağmen bir takım olumsuz sonuçlar doğurabilecek olayların da ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Her geçen gün artan dünya nüfusu nedeniyle doğal kaynaklar azalmakta, atıklar çoğalmakta ve böylece doğanın dengesi bozulmaktadır. Günümüzde bilim insanları ve mühendisler mevcut sorunları çözmede yetersiz kaldıklarını açıkça vurgulamakta ve var olan çözüm yollarının doğaya zarar verdiğini söylemektedirler.

Pawlyn, doğaya karşı duyulan hayranlığın insanın varoluşu kadar eskiyken, bilimle elde edilen bilginin sunduğu avantajlarla, eskiye göre daha iyi araçlarla ve tarihsel dogmalardan kurtulmuş bir estetik duyarlılıkla, biyolojiden öğrenme fikrini tekrar keşfetme olanağına sahip olduğumuzu belirtmektedir (Aldemir, 2014: 6).

Doğanın malzeme tasarımını taklit etme düşüncesi oldukça eskilere dayanmaktadır. Çin'in 3000 yıl öncesinden yapay ipek üretmeğe giriştiğinden beri insanoğlunun yeni malzeme ve ürünlerin tasarımı ile ilgili doğadan öğrendikleri konusunda birçok örnek bulunmaktadır. Tarihin büyük mucitlerinden biri olan Leonardo da Vinci, doğadan ilham aldığı düşüncelere dayalı yaşayan örnekleri ve buluşları ile tanınmaktadır (Xia, 2016: 1).

Doğanın kılavuzluğunda gelişen ürün, tasarım ve süreçler, 1957'li yıllardan bu yana "bio" ön takısı ile birlikte birçok terimle aktarılmıştır. Bu çalışmanın konusunu oluşturan biyomimikri kavramı ise ilk olarak Janine Benyus'un "Biomimicry Innovation Inspiration By Nature" kitabı ile literatüre yeni bir terim olarak girmiştir.

Biyomimikri, doğal dünyada sistemli öğrenmenin yollarını tanıtmakta olan ve tasarım problemleri için doğadaki ilkelerle çözümler arayan, tasarım sürecinde doğa ve teknolojiyi, biyoloji ve yeniliği, yaşam ve tasarımı birleştiren disiplinlerarası bir yaklaşımdır (Yıldırım, 2014: 14). Diğer yandan biyomimikri, yaşadığımız çağda fizik ve kimya gibi temel bilim dalları ile uygulamalı alanlar olan mühendisliğin biyoloji ile yakınlaşmasını sağlamıştır (Barger, 2016: 12).

Doğa zengin bir biyolojik Ar-Ge'nin sonucudur. Her ne kadar teknolojik gelişmeler artmış olsa da tek bir uzmanlık alanının bu geniş Ar-Ge alanını anlamasına yetmemektedir. O nedenle doğanın yöntem, süreç ve pratiğini, makro ve mikro düzeyde anlaşır hale getirmek ve üretilen tasarımlara entegre edebilmek için farklı disiplinlerin bir arada çalışması gerekmektedir.

Biyologlar, biyolojik çeşitliliğin sağladığı faydayı aktarmada, mühendisler, üretilen ürünün teknik donanımında, tasarımcılar ise tasarıma estetik ve fonksiyonel fayda sağlamada ön plana çıkmaktadırlar.

Doğada yaşayan canlı organizmalar, kendini kendini temizlemek, iyileştirmek, verimli enerji dönüşümünü sağlamak, parlak yapısal renkler üretmek, zeka sahibi olmak vb. gibi olağanüstü yetenek veya özellik kazanmak ya da çeşitli, benzeri olmayan maddeler üretmek için milyarlarca yıl boyunca evrimleşmiştir. Bu biyolojik materyal

yapılarını ve işlemlerini taklit etmek, enerji üretiminden biyomedikal ürünlere kadar çeşitli uygulamalar için yararlı olan ileri bir malzeme mühendisliğinin geliştirilmesine yol açabilir (Xia, 2016: 1).

Biyomimikri kavramının tanınmasında küresel bir düşünce lideri olan Janine Benyus, doğaya zarar vermeden doğayla uyumlu halde çalışabilmenin yollarının bulunabileceğinden; kendini geliştiren doğadan ilham alınarak yeni, akıllı yaşam için çözüm yolları üretilbileceğinden söz etmektedir.

Biyomimikrinin Tekstil Tasarımındaki Yeri Ve Kumaş Tasarım Uygulamaları tez başlığı altında, biyomimikri kavramının doğuşu, gelişimi ve yeni oluşumlarla evrimleşme süreci incelenmiştir. Literatür araştırmalarında biyomimikri kavramının tarihsel sürecine az yer verildiği gözlemlenmiş, bu konuda geniş bir kaynak taraması yapılarak ele alınan kavramın tarihsel gelişimi ve teorik kapsamı ortaya konmaya çalışılmıştır. Ardından kavramın biyoloji ve tasarım alanlarında sahip olduğu yer ve tekstil tasarımındaki potansiyel rolü incelenerek, izlenen yöntem ve stratejilere değinilmiş, bu alanda yapılan örneklerle yer verilmiştir. Tasarım uygulamalarında ise biyomimikrinin bir parçası olan ve doğayı taklit ederken izlenen üç seviyeden (form, işlev, süreç) yola çıkılmış ve tekstil tasarımı alanında özgün çalışmalar yapılmıştır.

1. BÖLÜM

BİYOMİMİKİRİNİN TANIMI VE GELİŞİMİ

1.1. BİYOMİMİKİRİ TANIMI

Biyomimikriden önce “Biyo” ön takısı ile ortaya çıkan birçok yaklaşımdan söz etmek gerekebilir. Bu yaklaşımlar en genel anlamıyla doğadan esin alınarak uygulanmakta ancak detaylarda birbirlerinden ayrılmaktadırlar.

Doğa ile ilgili ya da “biyo” tasarım yaklaşımları genellikle, kaynakların ve ürünlerin yaratılmasına yönelik stratejileri türetmek için doğayı kullanma süreçleri olarak tanımlanabilir (Ternaux, 2011, aktaran; Yıldırım, 2014: 12).

- Biyolojik kullanım/ **Bio-utilisation**: Canlı bir yapının parçalarının ham madde olarak kullanılması (Ahşaptan bir ev inşa etmek).
- Biyolojik destekli teknolojiler /**Bio-assisted technologies** (Biyoteknoloji olarak da adlandırılır): Atık suları temizlemek ya da bir ineği, süt üretmesi için evcilleştirmek amacıyla bakterileri kullanmak gibi. Ürünleri üretmek için canlı organizmalar veya biyolojik süreçlerden yararlanılması.
- Biyomimikri /**Biomimicry, Biomimetics, Biomimesis or biogenesis** (Biyomimetik, Biyomimesis veya biyogenez olarak da bilinir): İşlevler, süreçler, malzemeler ve enerji gibi çeşitli alanlarda tasarım problemlerini çözmek için doğanın yöntem ve stratejilerini kullanmaktır.
- Biyonikler /**Bionics**: Bu terimin ilk kullanımları, yeni ortaya çıkarılan biyomimikri yaklaşım ile benzer problemleri tasarlamak için biyolojik sistemlerin incelenmesi ve uygulanmasıdır. Bugün, biyonikler, özellikle canlı organizmaların farklı teknolojik alanlara uygulamak doğal mekanizmalar çalışması olarak tanımlanmaktadır.

Kısacası, üç çeşit biyo yaklaşım vardır: Ürünün hasat süreci olarak biyo-kullanım, üreticinin yetiştirme süreci olarak biyo-destekli teknolojiler ve üretici olma süreci olarak biyo-taklit etme (Benyus, 2011: 40, aktaran; Yıldırım, 2014: 13).

Bu anlayışla ilgili aynı anlamda kullanılan farklı kelimeler ve benzer anlamlara gelen kavramlar kullanılmaktadır. Gerek biyomimetik (Biomimetic), gerekse biyomimikri (Biomimicry) kavramları da doğadaki modelleri inceleyen, sonra da bu tasarımları taklit ederek veya bunlardan ilham alarak insanların problemlerine çözüm getirmeyi amaçlar (Yusuf, 2003: 8 aktaran; Gertik, 2012:33).

Biyomimetik terimi ilk olarak, doktora araştırması, sinirlerin elektrik hareketlerini taklit eden fiziksel bir araç üzerine olan Otto Schmitt tarafından kullanılmıştır. 1957’de daha sonra adına Biyomimetik diyeceği, bu ihmal edilen ama oldukça önemli alan için Biyofizik’in tam tersi olduğunu söylemiştir. Biyofizik, Fizik Bilimi’nin teori ve teknolojisine biyolog gözünden bakmayı gerektirirken bu alanda mühendislik gözünden Biyoloji Bilimi değerlendirilmektedir (Boğa, 2013:11). Biyomimetik kavramını literatürde biyomimesis, biyomimikri, biyonik gibi değişik isimlerle de görmek mümkündür (Genç, 2013: 25). Biyomimetik terimi 1957 yılında kullanılmış, Biyomimikri terimi ise ilk olarak 1962’de ortaya çıkmıştır.

O dönemde, bir yaşam formunun bir başkası tarafından taklit edilmesi anlamıyla kullanılan terim sibernetik ve biyonik alanlarını kapsamaktadır (Volstad, Boks, 2008 aktaran; Boğa, 2013:10). Biyomimikri ise Janine M. Benyus tarafından kullanılmıştır. Biyomimesis kelimesinin Almanca’da kullanılan adı Biyonik (Bionic)’tir ve İngilizce konuşulan ülkelerde biyonik yerine biyomimesis denilmektedir. Biyonik (Bionic) kelimesi ilk kez Jack Steele tarafından kullanılmıştır (Guber, 2011: 14, aktaran; Gertik, 2012: 33).

Werner Nachtigall’a göre Almanca bionic kelimesi aslen İngilizce bionics kelimesinden gelmiş ve ilk olarak, 1960 yılında Yaşayan prototipler - yeni teknolojinin anahtarı başlıklı Bionics Sempozyumu’nda ABD Hava Kuvvetleri Binbaşısı J.E. Steele tarafından kullanılmıştır (Guber, 2011:13).

Mimesis (taklit), biyomimesis (doğal çevreden taklit etmek) yerine biyoinspiration (biyoilham) diye de söylenmektedir. Ama bioinspirationun çok genel bir anlamı vardır. Biyonic, biyomimesis ve biyoinspirationu artık aynı anlamda kullanılmaktadır (Guber, 2011: 14, aktaran; Gertik, 202: 33).

Biyomimesis kavramı Yunanca yaşam anlamına gelen “biyo” ve taklit anlamına gelen “mimesis” kelimelerinden oluşmaktadır. Biyomimesis/ Biyomimetik kavramı problem çözümünde, doğadan esinlenerek yeni teknolojiler geliştirilmesinde kullanılan alanı temsil etmektedir. “Biyomimetik Bilim” olarak adlandırılan bu yeni kavram doğada bulunan sistemlerden yararlanarak mevcut sorunlara yeni çözüm yolları aramaya çalışmaktadır (Genç, 2013: 26).

Biyomimetik doğadaki bir canlının renk, doku, işlev veya biçimsel olarak tam anlamıyla ya da kısmen taklit etmesi olarak tanımlanmaktadır (Kuday, 2009: 19). 1970’li yıllarda bilim sözlüklerine giren biyomimetik kavramı, biyoloji alanı ile teknolojinin eklenmesini öngörüyor. Meriem Webster sözlüğünde Biyomimetik Kavramını“...doğal olanların yapay mekanizmalarla sentezlenmesi amacıyla biyolojik olarak üretilmiş nesne ve malzemelerin oluşum, yapı ve fonksiyonlarının incelenmesi, biyolojik mekanizma ve süreçlerin incelenmesi bilimi olarak” tanımlamaktadır (Banger, 2016: 12).

Gertik, Kellert ve arkadaşları Biophilic ve Biomorphy kavramlarını şu şekilde aktarmaktadır;

“Benzer şekilde kullanılan Biophilic (Biyofilik) kavramı, biophilia kavramından türetilmiştir. Biophilic tasarım, yapılı çevrede doğanın yararlı deneyimini (yaşantısını) yeniden kurma, artırma ve korumanın gerekliliğini vurgulayan yenilikçi bir yaklaşımdır. İnsanların kendi sağlığı ve üretkenliğinde yararlı doğal sistem ve süreçler ile birleştirmeye dayalı biyolojik bir eğilime sahip olabileceği fikridir. İlk olarak ünlü biyolog Edward O. Wilson tarafından öne sürülmüştür. Biyomorfoloji (Biomorphy) yapı fiziğinin, bütün canlıların organlarından ve onların bileşenlerinden ilham almak anlamında kullanılan diğer bir kelimedir” (Kellert, Heerwagen, Mador, 2008, aktaran; Gertik, 2012: 33).

Irmak Kuday, “Tasarım Sürecini Destekleyici Faktör Olan Biyomimikri Kavramının İncelenmesi” adlı tezinde, Reading Üniversitesi, Biyomimetik Bölüm Başkanı Prof. George Jeronimidis biyomimetik hakkındaki düşüncelerini şu şekilde aktarmaktadır;

“Biyomimetik, teknik çözümler için biyolojiye bakmaktadır. Doğadaki iyi bir tasarımı kopyalamak, karşılaştığımız çok büyük sorunlara çözümleri doğada aramaktır. Doğadaki modellerin, sistemlerin, süreçlerin, elementlerin benzerlerini ya da daha iyisinin yapılmaya çalışılması ile insanların problemlerine doğadan esinlenerek çözüm yolu bulmaktır” (Kuday, 2009: 19).

Doğa tasarımcılara, mühendislere ve bilim adamlarına makro ve mikro düzeyde biyolojik olarak yeni teknolojiler için bir olanak sağlamaktadır. Bazı kaynaklarda biyomimikri ve biyomimetik kavramı ayrı olarak kabul edilmektedir. Biyomimikri biyomimetik alanından etkilenir, kullandıkları şeyler aynıdır ancak arasındaki tek fark biyomimikrinin bir tasarım anlayışı olarak kullanılmasıdır (Genç, 2013: 26)

Bu alanlarda yapılmış çalışmalar temelde aynı olsa da bazı noktalarda gösterdikleri farklar nedeniyle farklı isimler almışlardır. Vincent’a göre Biyomimetik, Biyomimesis, Biyonik, Biyomimikri, Biyognoz (biognosis) terimleri aynı anlama gelmektedir ve biyolojiden kopya edilen, devşirilen ya da adapte edilen demektir (Boğa, 2013:10-11).

Banger ise, Makalesinde biyomimikri kavramını şu şekilde tanımlar:

“Biyomimikri; insan problemlerinin çözümü için esin almak (kimi zaman da taklit etmek) üzere doğanın işleyişini, modellerini, sistemlerini ve süreçlerini bulmaya çalışır. Biraz edebi bir ifade ile söylersek; biyomimikri, doğanın aklını (akıl sistematüğini) aramanın bilimidir” (Banger, 2016: 12).

Yıldırım’a göre (2014) biyomimikri, doğal dünyadan sistemli öğrenmenin yollarını tanıtmakta olan ve tasarım problemleri için doğadaki ilkelerle çözümler arayan, tasarım sürecinde doğa ve teknolojiyi, biyoloji ve yeniliği, yaşam ve tasarımı birleştiren disiplinlerarası bir yaklaşımdır (Yıldırım, 2014: 14).

Doğa, dönüştürülebilirliği ve sürekliliği olan bir sistemdir. Ve doğa, bu sistemin sürekliliğini sağlarken hiçbir şeyi boşa harcamamaktadır. Tasarım pratiğinde ilk aşamada sürdürülebilirlik aranmasa da Benyus, bu konuyla ilgi olarak doğayı taklit etmenin sürdürülebilir çözümler üretebileceğini söylemektedir.

Benyus kitabında, biomimikriyi üç şekilde değerlendirmektedir;

- Model olarak doğa (**Nature as model**)- Biyomimikri, doğanın modellerini inceleyen ve daha sonra insan problemlerini çözmek için bu tasarımlardan ve süreçlerden ilham alan yeni bir bilimdir. Örneğin, yapraktan esinlenen bir güneş pili.
- Ölçü olarak doğa (**Nature as measure**)-Biyomimikri, yeniliklerimizin “doğruluğunu” değerlendirmek için ekolojik bir standart kullanmaktadır. 3.8 milyar yıllık bir evrimden sonra, doğa şunları öğrenmiştir: Ne ile çalışıyor? Uygun olan nedir? Ne şekilde devam eder?
- Akıl hocası/kılavuz/danışman olarak doğa (**Nature as mentor**)- Biyomimikri, doğayı incelemek ve değerlendirmek için yeni bir yoldur. Bu bakış, doğal dünyadan elde etmek yerine, ondan öğrenebileceğimiz bir temele dayanmaktadır (Benyus, 1997).

Benyus, “Doğa Endüstrisi” adlı kitapta yayınlanan röportajında, “biyomimikri” teriminin ortaya çıkışını, dünyadaki farklı bireyler tarafından devam etmekte olan doğayı taklit etmeye yönelik yaklaşımların, birleştirici bir adı olarak açıklamaktadır (Ternaux, 2011: 33, aktaran; Bakıroğlu, 2012: 20).

Benyus ve meslektaşları tarafından kurulan Biomimicry 3.8 danışmanlık kuruluşunun internet sayfasında biyomimikrinin, sürdürülebilir çözümler aramak için zaman içinde test edilmiş doğa stratejilerini ve örüntülerini taklit eden yenilikçi bir yöntem olduğu belirtilmektedir (Boğa, 2013: 12).

Amacının dünyadaki yaşama iyi adapte edilmiş yeni yaşama biçimleri, ürünler, süreçler ve politikalar yaratmak olduğu ifade etmiştir. Sürdürülebilirlik penceresinden bakan D. C. Wahl ise biyomimikriyi bir ekolojik tasarım stratejisi olarak tanımlamaktadır. Biyomimikri konusunda çalışanlar, bir mekanizmanın olduğu gibi doğadan alınmasındansa; o mekanizmanın temellerinin araştırılıp ilgili probleme göre yorumlanarak uygulanmasını tavsiye etmektedir. Lodato bu uygulamayı 4 aşamada tanımlamaktadır (Boğa, 2013: 12).

1. Canlı bir organizmanın mevcut teknoloji olanaklarının ötesine geçebilecek özelliklerini seçmek,
2. Üstünlüğü sağlayan prensip ve süreçleri ortaya çıkarmak,
3. Model ve yöntemler geliştirerek tasarımcılara faydalı olabilecek açıdan biyolojik sistemleri tanımlamak,
4. Bu bilgi birikiminin güvenilir ve verimli bir donanıma aktarım olanağını kanıtlamak (Lodato, 2005, aktaran; Boğa, 2013: 12).

1.2. BİYOMİMİKİRİNİN GELİŞİMİ

İlboğa ve Aygöl (2015) “Birlikte Yaşama Kültürü Bağlamında İnsan-Doğa Diyalektiği “ adlı raporlarında ;

“Doğa ile insanın zorunlu birlikteliği varoluşsal bir gerekliliktir. Keza, bilinen evrende insanoğlunun yaşamını sürdürebileceği başka bir “mekân” bulunmamaktadır. Öte yandan doğanın böyle bir zorunluluğu da yoktur. Çünkü doğa tek başına kendi yaşamsal döngüsünü gerçekleştirebilmektedir. Öyle ki dünyada, insanoğlunun geçmişinin henüz çok yeni oluşu, doğanın bize değil bizim doğaya olan ihtiyacımızın en açık göstergesidir. Bu doğrultuda, en basit ifadeyle, insan bir “doğa” içerisinde doğar, orada beslenir ve büyür, orada birliktelikler oluşturur ve yine orada kültürünü ve medeniyetini inşa eder” şeklinde belirtmiştir (İlboğa, Aygöl, 2015: 66).

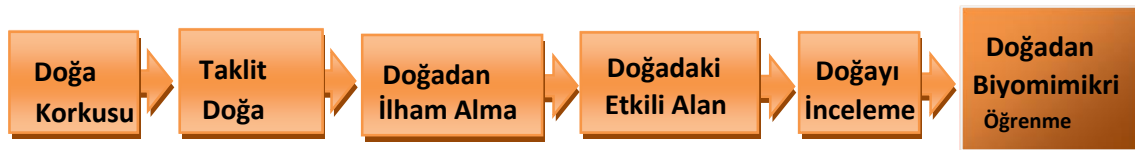
Yeryüzünün varoluşundan itibaren insanoğlunun doğayı inceleyerek hayatta kaldığını söylemek pek de yanlış olmaz. İnsan, gücünün yettiği olaylardan deneyim elde ederken, güçsüz kaldığı durumlarda farklı inançlar geliştirmiştir. Barınma, avlanma ve giyinme gibi temel ihtiyaçlarını doğayı özellikle de hayvanları izleyerek taklit ettiği düşünülebilir. Örneğin, kürk giyerek, mağara ve ağaç kavuklarına saklanarak kendini korumayı başarmış, hayvanların fizyolojilerinden ilham alarak avlanmak için hayvan dişlerine benzeyen sivri kemik aletler yapmıştır.

Julien Vincent bu savı desteklemek için, tarih öncesi çağlarda vahşi hayvanlarla mücadele edilirken kullanılan silahların, savaşılan hayvanın pençelerine

benzemesini ve kamuflaj için yapılan çevre düzenlemesinin hayvanlarınkini taklit etmesini örnek gösterir (Vincent, 2001, aktaran; Boğa, 2013: 6).

Biyomimikri, her tarihsel dönemde, bilinçli olarak olsun olmasın, tasarım alanında denenen, olumlu sonuçlarla uygulanan bir yöntemdir. Pek çok araştırmacı, konuyla ilgili kapsamlı çalışmalar yapmıştır. Kısa bir tarihi olsa ve yeni bir şey olarak görülse bile, tasarım yaklaşımı yerine bir bilim olarak biyomimikri, tüm tasarım eğitiminde bir yere sahiptir (Tavşan, Tavşan, Sönmez, 2015: 490).

Eski insanların ürettikleri malzemelere neyin ilham verdiğine dair kanıtları bulmak zor olsa da, doğa ile insan ilişkisini (Görsel 1), mezar törenlerini kuzgunları taklit ederek öğrenen ilk insanlara kadar götürmek mümkündür (Mansour, 2010:2). İnsanların maşa gibi el aletlerini kuş gagalarından ilham alarak (Bar-Cohen, 2006:3), kağıt yapımını, eşekarısının, tükürüklerini külden elde edilen liflerle karıştırmasını örnek alarak (Harman, 2013: 22), organize olmayı belki de karıncaları izleyerek, ölülerini gömmeyi tohum gömen bir kuşu görerek, yüzmeyi balıkları izleyerek keşfettiği düşünülebilir. Özellikle uçakları icat edene kadar kuşlar gibi uçuş isteği sürekli var olagelmıştır. Doğa ve insan arasındaki etkileşim sonucunda hayatta kalmak için yapılan tüm bu girişimler biyomimikrinin birer örneğidir. Mansour doğa-insan arasındaki ilişkiyi ve biyomimikrinin ortaya çıkışını Görsel 1’deki gibi açıklamaktadır.



Görsel 1: Doğa ve insan arasındaki ilişkinin evrimi

(Mansour, 2010: 2)

1.2.1. Antik Dönemden Rönesans’a Biyomimikri

M.Ö. 8. Yüzyıl M.S. 5. Yüzyıl arasındaki dönemi kapsayan Antik Çağ, eski Doğu (Mezopotamya, Suriye, Anadolu, Filistin, Mısır) ve eski Batı (Yunan, Roma) medeniyetlerini içine almaktadır. Antik Çağ, mevcut bilginin doğruluğuna kuşku ile

yaklaşıldığı, inanca ve sezgiye değil akla dayalı olan düşünce sistemi ile doğa felsefesinin hakim olduğu bir dönemdir.

Antik Çağ'da mitolojinin toplumsal ve siyasal konularla ilgili olan açıklamalarının dönemin olaylarına ters düşmesi, evren ve doğa olaylarıyla ilgili mitolojik açıklamalara duyulan inancı sarsmıştır. Doğa olaylarını dinsel mitoslarla değil, çoğu kez madde ve fizik olaylarıyla açıklama çabası, felsefi düşüncüyü başlatmıştır (Mazı, 2008: 39).

İnsanoğlunun doğal form ve strüktürleri gözlemlemesi ve öğrenmeye çalışması, barınma gereksinimini hissetmesi ile eş zamanlı olsa gerektir. Vitruvius, mimarlığın keşfinin, ateşin ve konuşma dilinin bulunması kadar temel olduğunu söylemektedir; ona göre ateşin bulunması insanların sosyal bir topluluk olarak yaşamaya başlamalarının ilk göstergesidir (Selçuk, Sorguç, 2007:452). Kuşların çalı çırpıyı gagalarıyla örerek yuvalarını oluşturmaları, barınma için ilk temellerin atılmasına örnek gösterilebilir (Görsel 2).



Görsel 2: Doğa ve mimarlık benzeşimleri

(Selçuk, Sorguç, 2007: 452)

Zeynep Arhon, Eskimo kabilelerinin bir kısmının sürekli olarak, bir kısmının ise av sezonlarında geçici olarak yaşadığı, sıkıştırılmış kardan evler olan igloların tasarımlarını, kutup ayılarına bakarak geliştirildiğini söylemektedir (Arhon, 2017: 36). Bunun dışında en ilkel şekilden günümüze kadar gelen süreçte düşünülen ya da

tasarlanan otomatların da bir şekilde doğayı taklit etme yoluyla geliştirildiği söylenebilir.

İlk mucitler ve mühendisler olan Eski Mısırlılar ve Yunanlılar da ilham ve fikirler için doğaya dönmüşlerdir (Mansour, 2010:3).

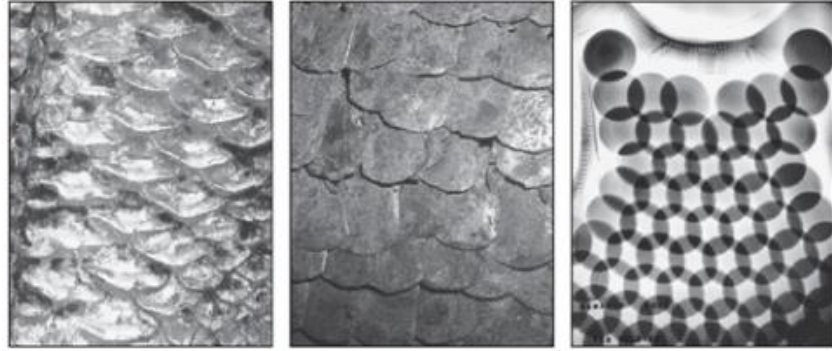
Harman, (2013) “The Shark's Paintbrush” adlı kitabında

“Kahire müzesini ziyaret etmek, dört bin yıl önce eski Mısırlıların günümüz teknolojilerinin çoğunu daha önce geliştirdiğini ortaya koymaktadır. Birçoğu, yerel hayvanların ve bitkilerin formunu ve fonksiyonunu yansıtır. Mimari sütunlar nilüfer saplarının yapısını açıkça kopyalar. Bir firavunun mezarında bulunan bir zırh parçası, tıpkı bir kumaş desteğine dikilmiş metal balık pulları gibi görünür. Mısır mezarlarının bile oranları, ağaçların büyüme oranlarına uymaktadır”, şeklinde belirtmiştir (Harman, 2013: 23).

Örneğin Mısır tapınaklardaki sütunlar Mısır’ın kutsal saydığı lotus bitkisinden ilham alınarak tasarlanmışlardır. Klasik Yunan ve Roma düzenlerindeki süslemeler aynı şekilde ağaç ve bitkilerden esinlenilerek yapılmışlardır (Sabry Aziz & El, 2016 708).

Otomatların geliştirilmesi ile ilgili ilk girişimlerde de doğayı taklit söz konusudur. Örneğin Tarentumlu Archytas’ın (MÖ 4. Yüzyıl) mekanik prensiplere uygun olarak inşa ettiği tahtadan yapılan bir kuşun uçtuğu söylenmektedir (Kuzu, 2013: 15-16).

Armadillolardan balıklara kertenkelelerden yılanlara kadar çeşitli hayvanlar, oldukça gelişmiş esnek zırhlarından yararlanmaktadırlar. Hafifliği, üst üste binen tasarımlarıyla mümkün olduğunca geniş bir hareket yelpazesine sahip olan ölçekleri, savaşçıları ve atlarını bin yıllarca korumak için özenle kopyalanmıştır (Harman, 2013: 25), (Görsel 3).



Görsel 3: Soldan sağa; balık pulu, Roma pullu zırh, ejderha pulu
(Harman, 2013: 25)

“Roma ordusunda (M.Ö. 9.-M.S. 5. Yüzyıl) görev yapan askerlerin giysilerinde de doğadan esinlenildiği bilinmektedir. Armadillo, İspanyolca’da küçük zırhlı anlamına gelmektedir. Bu canlı, sert, zırhımsı, parçalı kabuğuyla tanınmaktadır. Lorica Segmentata ise Roma Ordusu’ndaki lejyonerlerin kullandığı bir zırhın adıdır. Özellikle zırhın omuz kısmı armadillonun sırtında bulunan iç içe geçmiş kabuklarla örtüşmektedir. Gövdede de aynı prensip insan bedeninin eğrilerine uygun olarak yapılmıştır” (Kuday, 2009: 13), (Görsel 4).



Görsel 4: Armadillo ve Lorica Segmentata
(Kuday, 2009: 13)

Eski Mısır ve Çin’de kanıtlanmış olup ölçekli zırh, Moğollar, Tibetliler, Japonlar, Ruslar, Kızılderililer, Koreliler, Persler ve Bizans İmparatorlukları boyunca yaygın olarak kullanılmıştır (Harman, 2013: 25).

M.Ö. 50 yılında bir antik Yunan filozofu olan Democritus ise “Biz hayvanları taklit ederek önemli şeyler öğreniriz. Bizler kıyafet dokuma ve hazırlamada örümceklerin onları taklit eden çıraklarıyız. Kırlangıçlardan yuva yapmayı, tarlakuşları ve kuğulardan şarkı söylemeyi öğreniriz” demiştir (Cıgızoğlu, 2011: 6).

Diğer bir Roma Ordusu zırhı ise *Lorica Squamata*’dır. “Lorica”, parçalı koruyucu kabuk ve “Squama” omurgalı hayvanların, özellikle de yılan ve kertenkele gibi sürüngenlerin cildinde kaplı olan pul anlamına gelmektedir. *Lorica Squamata* ise kısaca koruyucu pul olarak tanımlanabilir (Kuday, 2009: 13), (Görsel 5).



Görsel 5: Yılan pulu ve Lorica Squamata
(Kuday, 2009: 13)

M.Ö. 50 yılında Romalı Marcus Virtuvius Pollio’nun geliştirdiği ordu silahlarına bakıldığında, Türkçesi akrep olan Scorpio isimli mancınık tipi silahın da yine biyomimikri ile ilişkili olduğu görülmektedir. Scorpio tek kişinin kullanımıyla çalışan, ilkel ve dev bir tatar yayıdır. Okları fırlatmak, oklara yüksek hız ve büyük bir güç kazandırmak için bükülme sistemini kullanır. Akrebin kuyruğunu gövdesinin üstüne doğru bükerek düşmanına iğnesini saplaması gibi, Scorpio da okları gövdesinin üstünden fırlatır ve saplar (Kuday, 2009: 12), (Görsel 6).



Görsel 6: Akrep ve Scorpio isimli tatar yayı

(Kuday, 2009: 12)

Orta Çağ'a gelindiğinde ise yaklaşık olarak bin yıl sürecek olan Hristiyanlığın etkisi büyüktür. Bu dönem, Batı'da ekonomik, siyasi, sosyal ve dini düzende kilisenin hakim olduğu, dini öğretilerin ön plana çıktığı, bilimin, mantığın ve insani değerlerin kaybolduğu zorlu bir süreçtir. Bu dönemde İlk Çağ'da meydana getirilen düşünce yaşamı gittikçe gerilemiştir.

Orta Çağ düşüncesinin belirgin özelliklerinden birisi, dini öğretilere dayanan dinsel bakışın ön plana çıkmasıdır; ancak düşüncede dinleşme Yahudilik ve Hristiyanlık gibi dinlerin ortaya çıkması veya güçlenmesi ile başlamamıştır; kökleri Helenistik Dönem ve Roma Dönemi felsefelerine ve özellikle de Yeni Platonculuk'a ve Stoacılık'a kadar geri götürülebilir (Bedirhan, 2012: 334). Orta Çağ'da dinsel düşüncenin etkisiyle bilgi arayışından doğru davranış arayışına yönelinmiştir. Orta Çağ'da bilim önemini ve değerini yitirse de yaşam için önemli olan tarım, zanaat, sağlık ve ticaretin devamı için kullanılan matematik, astronomi ve tıp bilgileri sayesinde tamamen yok olmamıştır. Tarihsel süreçteki akış her zaman yeni dönemin getirdiği yenilikler bir önceki dönemdeki bilgilerin üzerine koyulmasıyla ilerlemiştir. Ancak Orta Çağ'da, İlk Çağ'da oluşturulan düşünce, bilimin, mantığın ve insani değerlerin kaybolması ile büyük bir durağanlık yaşamıştır. Dolayısıyla Orta Çağ'da doğadan morfolojik esinlenmenin ilerisine gidilememiştir.

Buna örnek olarak Bar- Cohen, (2006) Biomimetics adlı kitabında; hayvanların fizyolojik yapılarından esinle tasarlanan bir zırhtan şöyle söz etmektedir:

“İnsanlar binlerce yıl önce, bıçak ve kılıç gibi keskin nesnelerden vücutlarını koruyabilmek için elle taşınan kalkanlar yapmışlardır. Metalleri işleyebilme yeteneği arttıkça, vücudun tümüne koruma sağlayabilmek için daha iyi bir vücut zırhı yapmaya çalışmışlardır. Kaplumbağa muhtemelen insanın kendini savunması açısından taklit için iyi bir modeldi. Şövalyelerin Orta Çağ’da savunma için giydiği zırh, baştan ayağa metal kalkan görevini görmüştür (Bar-Cohen, 2006: 17), (Görsel 7).



Görsel 7: Şövalyeler için bir vücut koruması olarak kullanılan bir zırh
(Bar-Cohen, 2006: 17)

1.2.2. Rönesans’tan Endüstri 1.0’a Biyomimikri

Rönesans Avrupa’nın karanlık çağdan sonra yaşadığı aydınlanma çağıdır. Kilisenin etkisinden çıkan Avrupa’nın, dinde, ekonomide, siyasal ve sosyal alanda yaşadığı bir yükseliş dönemi olarak görülebilir. Sanatın ve sanatçının, hümanist düşüncenin önem kazandığı bu dönem, adının da ifade ettiği gibi bir “Yeniden Doğuş” dönemidir.

Avrupa’da 15. ve 16. Yüzyıllarda önce İtalya’da başlayan, daha sonra diğer Avrupa ülkelerine yayılan edebiyat, sanat, düşünce ve bilim alanlarında yapılan büyük yenilik, gelişme ve anlayışların başladığı dönem Rönesans dönemidir ve İtalyanca kelime karşılığı rinascita’dır. Anlamı ise “yeniden doğuş” demektir. İtalya’nın Hristiyanlığın dini merkezi olması ve zengin kilisenin sanatçıları koruması, Rönesans’ın İtalya’da başlamasının etkili olan başlıca faktörleridir (Pıçaklar, 2012).

Rönesans’la birlikte Avrupa’da karanlık çağ bitmiş, dinin yaşam etkisi üzerindeki etkisi azalmış, insanlar doğaya yönelmiş ve kendi akıllarına güvenmeye başlamışlardır. Rönesans hareketinin başlamasında daha güncel bilimsel araştırmaların yapılması ve bu araştırmalar sonucunda oluşan yeni buluşların ve düşüncelerin matbaanın etkisiyle kolayca yayılması, Eski Yunan ve Roma uygarlığına ait eserlerin incelenmesi ve okutulması düşüncenin bilimdeki yönelişini göstermektedir. Rönesans hareketi ile insana, topluma, bilime, sanata, dine, tarihe tüm siyasal ve sosyal olgulara bakış olarak büyük bir nitelik değişimi oluşmuştur.

Orta Çağ’ın düşünce dünyası bağnazlık ve batıl inançla açıklanırken 17. Yüzyıl bilimsel devrimi bu düşünce dünyasına karşı yürütülen sistemli, akıl güdümlü ve her şeyden önce cesur bir mücadele olarak betimlenmektedir. Koyré 17. Yüzyıl bilimsel devrimini, uzun yıllara yayılmış bilimsel birikimlerin bilim yapma tarzında meydana getirdiği köklü bir dönüşüm olarak değerlendirir. Bilimsel yeniliklere referansla tanımlamaktan ziyade bu yeniliklere olanak tanıyacak bir çerçevenin yaratılması olarak tanımlamaktadır (Koyré, 2000: 191, aktaran; Morkoç, 2016: 29).

Bitki ve hayvanların çalışmasına dayanan tasarımları benimseme çabalarının uzun bir geçmişi vardır. Sıkça aktarılan örnekler, Leonardo da Vinci’nin kuşları, Kristal Saray, Londra ve Eyfel Kulesi, Paris’in tasarımına dayanan bir uçak tasarlama girişimleridir (Meadows 1999, aktaran; Rao, 2003: 661). Öncelikle hayvan gözlemlerine dayanan tasarımlarıyla ön planda olan Leonardo da Vinci, Rönesans döneminde sürtünme azaltan aerodinamik gövdeler için hayvanlardan ilham almıştır. Da Vinci, aerodinamik gövdelerin, sürtünmeyi azaltmadaki etkileri üzerine balık formlarını not almıştır. Vinci notlarında, balıkların suda çok az dirençli olarak hareket

edebildiklerini, çünkü biçimlerinin, suyun gövdesinin üzerinden kolayca akmasını sağladığını belirtmiştir (Ivanić, Tadić, Omazić, 2015: 21).

Teknolojik amaçlar için doğayı taklit etme sanatı ve bilimi geçmişe dayanmaktadır. İlham almak için doğayı dikkatle inceleyen tarihin en önemli kişilerinden biri Leonardo da Vinci'dir. 1480'lerde Vinci, kuşların ve yarasaların uçuşlarını araştırmış ve bu bilgiyi uçan araçlara dönüştürmüştür. Bu tasarımların sahada hiç test edilmediğine dair tartışmalar olmakla birlikte, bu tasarımlar hala bugünkü mucitlere ilham kaynağı olmaktadır (Marshall, aktaran; Yıldız, 2012:26).

Örneğin Guber, 'Biomimetics in Architecture' kitabında Leonardo da Vinci tarafından 1483'te tasarlanan paraşütün, 2003 yılında Adrian Nichols tarafından inşa edilerek test edildiğinden bahsetmektedir (Guber, 2011: 18).

Hazerfan Ahmet Çelebi'nin örnek aldığı ve Wright Kardeşler' den 1023 yıl önce uçmayı başaran Abbas İbn Firnas, astronomi, fizik, simya ve edebi gibi alanlarda birçok imza atmıştır. Uçan hayvanların uçuşlarını ve yere inişlerini gözlemleyen Firnas, ilk uçuş denemesini 823 yılında (9.Yüzyıl), Endülüs'te bir caminin tepesinden, kartal kanatlarıyla bezeli bir mekanizmayı kollarına takıp atlayarak denemiştir. İlk denemesinde başarılı olamayan Firnas, kanatları geliştirerek asmalı planör icat etmiştir ve dağ eteğinden atlayarak on iki dakika havada kalmayı başarmıştır (Demir, 2017). Firnas dışında kuşları taklit ederek uçuş girişiminde bulunan daha birçok kişi olmuştur. İsmail Ibn Hammad al-Cevherî, Siracettin Doğulu bunların arasında yer almaktadır.

Da Vinci ve diğer denemelerden dersler alınmasına rağmen kuşlar gibi uçmak için her zaman başarılı olunamamıştır ancak bu keşifler, kuşların kanatlarını sürekli çırpımayarak, hava akımları üzerinde kaydıklarının fark eden Wright kardeşlerin başarılı bir uçak tasarlamasına öncü olmuştur (Xia, 2016: 1).

Uçuş düşüncesi, Floransa'da çirak olduğu yıllardan, Roma'da yaşlılığına kadar olan sürede ilgi alanına giren Leonardo, kuşların kanatlarının uyumunu, esnekliğini, farklı çeşitte pek çok tüyü, uçmak, süzülme, denge sağlamak, yere inmek ve rüzgâra karşı korunmak için kullanılan kuyrukları dikkatlice gözlemlemiştir (Sarton, 2012: 21).

İlk çalışmalarında, çeşitli kanat parçalarının mekanik hareketi içinde karşılıklı veya döngüsel hareket dönüşümü için mekanizmalar tasarlamıştır. 1487’de yazmış olduğu bir notta ilk tasarımını planlamış ve bir ejderha sineğini inceleyerek bir uçuş makinesi geliştirmiştir. 1487-89 yılları arasında da, yaklaşık 90 kilogram ağırlığındaki bir nesneyi kaldıracak hareketli bir kanat tasarlamıştır. 1489’da ise modern helikopterin öncüsü olarak kabul edilen, burğu hareketiyle döner havalanan bir makine, 1493-95 yıllarında da bir el manivelası ile hareketin sağlandığı kanatlar tasarlamıştır (Yavuz, 2012: 55).

Hazerfen Ahmet Çelebi, tasarlamış olduğu kanatların deneylerini 1632 yılında Ok Meydanı’nda lodolu bir günde Galata Kulesi’nin tepesinden kendini boşluğa doğru bırakarak yapmıştır. Büyük bir tarihi öneme sahip bu deney sonucunda 3358 metre yol alarak boğazı geçmiş ve Üsküdar Doğancılar mevkiine iniş yapmıştır (Peker, 2018).

Rönesans’a dayanan kökleri ile biyomekanik, doğumunu mekaniğin resmi çalışmalarıyla paylaşmaktadır. 1638 yılındaki çalışmalarıyla dünyaya ilk mekanik ve malzeme bilimini tanıttıran Galileo Galilei ve hayvan hareketleri konusundaki titiz çalışmaları ile sıklıkla “biyomekaniğin babası” olarak adlandırılan Giovanni Borelli bu alandaki öncülerdir (Sane, 2016: 1).

1680 yılında, Giovanni Borelli hayvanların yüzme hareketlerinin denizaltı teknolojisine uygulanabilirliğini incelemiştir. Borelli, suda batmama ve itiş için hayvanlara dayalı fikirler içeren ilkel bir denizaltının tasarımını açıklamıştır (Ivanić, Tadić, Omazić, 2015: 21).

Rene Descartes hayvanların “makinelere” olarak kabul edilebileceği fikrini dile getirmiştir. Orta Çağ sonrası bilim insanları, mekaniğin kuş uçuşundan kan akışına kadar değişen çeşitli biyolojik fenomenlerdeki rolünü sağlam bir şekilde belirlemişler ve mekanik temelli düşüncüyü biyolojiye dahil etmek için zemin hazırlamışlardır (Sane, 2016: 1).

Tarihsel olarak tasarımcı, yaşamın konut ortamında nasıl devam ettiğini gözlemleyerek tasarımı, bu ortama uygun hale getirmeye çalışmıştır. Doğa onlara bu anlamda her türlü fırsatı sunmaktadır. Hayranlık uyandıran çok sayıda mekanizma ve

tasarım, yaşamın birçok alanını zenginleştirme potansiyeline sahiptir. Bilgi birikimimizin artması ve teknolojik fırsatların gelişmesi sonucunda bu potansiyel, her geçen gün kendini yavaş yavaş ortaya koymaktadır (Tavşan, Tavşan, Sönmez, 2015: 490).

İnsanlık tarihinin gelişimleri incelendiğinde, devrimsel gelişmelerin birçoğunda üretim tekniklerinin gelişimi ve değişiminin ne kadar etkili olduğunu görmektediriz. Örneğin hayvanların evcilleştirilmesi ve toprak işleme yeteneğinin gelişmesi, insanlık tarihinin üretim tekniklerinin değişimi neticesinde yerleşik hayata geçmesinin ilk örneklerindendir (Karaoğlu, 2016).

Bu çalışmada biyomimikri kavramının, tarihteki akışı, insanoğlunun teknolojik değişimlere bağlı olarak üretim biçimlerini de değiştirdiği dönemler esas alınarak Endüstri 1.0, Endüstri 2.0, Endüstri 3.0 ve Endüstri 4.0 olarak değerlendirilmiştir. Bu dönemler toplumsal dönüşüm için gerekli olan önemli kırılma noktalarıyla birbirinden ayrılmışlardır.

Evreler, “buhar gücüyle çalışan makineler, 18. Yüzyıl”, “elektriğin üretimde kullanımı ve seri üretim, 20. Yüzyılın başı”, “elektronik ve otomasyon, 1970 ve sonrası” ve 21. Yüzyılın ikinci on yılına damgasını vuran “nesnelerin interneti ve dijital teknolojiler” şeklinde sıralanır. Bu son evre “Dördüncü Endüstri Devrimi” olarak da anılır ve ana unsurları “akıllı robotlar”, “büyük veri”, “nesnelerin internet ile birbirlerine bağlanması”, “3D baskı” ve “bulut” gibi süreçlerdir (Yılmaz, 2018: 111).

1.2.3. Endüstri 1.0, (1784-1870) İlk Sanayi Devrimi

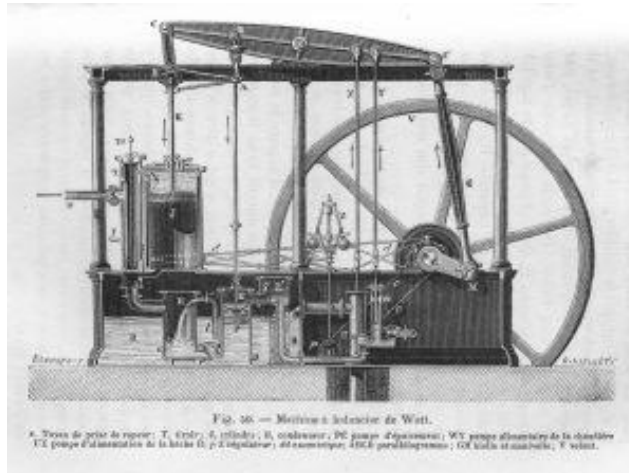
Endüstri Devrimi, tarım devriminden sonra insanlık için ikinci büyük dönüm noktası diyebileceğimiz bir dönemdir. İnsan ve hayvan gücünün hakim olduğu üretim şeklinden makine gücünün hakim olduğu bir döneme geçilmiştir.

Bu dönemde su, kömür ve buhar gücünü kullanan mekanik üretim sistemleri ortaya çıkmıştır. 1712’de İngiltere’de buhar makinesinin icadı gerek üretim

biçimlerinde gerekse sosyal yaşamda çok büyük değişikliklerin yaşanmasına neden olmuştur (Klingenberg, 2017:3). Endüstri Devrimi ile birlikte ortaya çıkan yeni teknolojiler, yeni üretim ortamı ve yaşam biçimi doğurmuştur. Öyle ki; konut ve iş yeri birbirinden ayrılmış, fabrikalardaki kitlesel üretim kentleşmeyi ve kent hayatını değiştirmiştir (Özdemir, 2014: 5) .

Endüstri Devrimi süreci, özetle yukarıda belirtildiği üzere, toplumu yeni bir dünya ile tanıştırırken, bahsedilen bu etkiler Bilim Tarihi dünyasını da oluşturmaktadır. Endüstri Devrimi'nin Bilim Tarihi üzerindeki etkileri, özellikle teknoloji ve bilim birlikteliği dâhilinde tartışılmaktadır. Çünkü Modern Bilim öncesi bilim ve teknik kavramları birbirinden bağımsız ele alınırken, Endüstri Devrimi ile birlikte bilim ve teknoloji birbirine daha da yaklaşmıştır (Özdemir, 2014: 1).

Buharlı otomatik sistemleri, 1780 yılında İskoçyalı mühendis James Watt (1760-1819) tarafından icat edildiği belirtilir, gerçek olan şudur ki; buharlı otomatik sistemler Watt'dan 650 yıl önceleri ilk defa El-Cezeri tarafından yapılmıştır (Kuzu, 2013:77).



Görsel 8: James Watt'ın patentini aldığı ilk buhar makinesi

(Kuytak, 2018, <http://revizyonanaliz.com/1-0dan-4-0a-endustrinin-evrimi/>

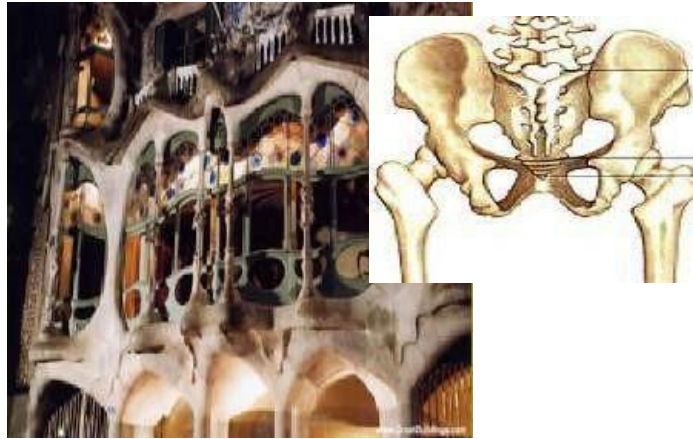
Erişim Tarihi: 22-04-2019)

1712 yılında Watt tarafından geliştirilen buhar pompası, tarihin akışını değiştiren önemli bir radikal yenilik olmuştur. Çünkü buharlı makine teknolojisindeki gelişmeler,

otomotiv sektöründe kullanılan içten yanmalı motorların gelişiminin önünü açmıştır (Tarkan, 2018: 559), (Görsel 8).

İngiliz asilzade ve havacılık kâşifi olan Sir George Cayley aerodinamik şekillerle ilgilenmiştir. Yunus ve ağaçkakan formlarının donmuş bedenlerini dilimler halinde keserek analiz etmiş ve 1816'da hava direnci düşük olduğu iddia edilen bir balon tasarlamıştır. 1829'da tekesakalı bitkisinin (*Tragopogon pratensis*) çok kararlı ve sakin dalgalanan meyvesinin, dengede kalma yeteneğini araştırmıştır (Nachtigall, 2002: 40).

18. Yüzyılda ise Antoni Gaudi Casa Batllo tasarımında insan iskeletlerinden etkilenmiştir (Mansour, 2010: 3), (Görsel 9).

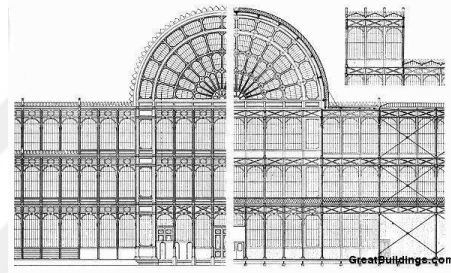


Görsel 9: Antonio Gaudi Casa Batllo - Barselona – İspanya
(Mansour, 2010: 2)

Benzer şekilde, bir ağaçta büyüme ve dallanarak çoğalma kavramını öğrenirken; kökler, gövde, dallar ve yaprakların birbirleriyle ilişkileri ve yüklerin dağılımı göz önünde bulundurulduğunda bu bilginin mimarlıkta da çözülmesi gereken yük dağılımı sorununun bir yanıtı olabileceğinin farkında olunması ve bu bilginin John Smeaton tarafından 1759 yılında Plymouth'da yapılan Eddystone fener kulesinde kullanılması şaşırtıcı olmamalıdır (Selçuk, Sorguç, 2007: 452).

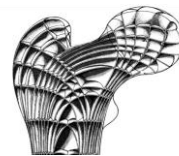
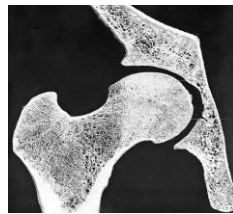
Eldin & ElGawad, (2016) makalelerinde Kristal Saray'ın tasarımını şu şekilde aktarmaktadır;

“ Londra’da, 1851’de yapılan Kristal Saray, Joseph Paxton tarafından *Victoria amazonica* adındaki bir nilüfer çiçeğinden esinlenilerek tasarlanmıştır. Bu nilüfer türü zarif görünümüne karşın, insanları bile üzerinde taşıyabilecek kadar kuvvetli, kocaman yapraklara sahiptir. Paxton bu yaprakların altını incelediğinde, bunların kaburga benzeri bir yapı ile desteklenmiş olduğunu fark etmiştir: Yaprığın merkezinden çevreye doğru yayılan lif şeklinde uzantılar vardır. Bu uzantıların arası da daha ince çaprazlamasına yerleşmiş başka bir doku ile desteklenir. Paxton nilüfer yaprağındaki kaburgaya benzer yapıyı demir taşıyıcılarla, yaprağın asıl dokusunu ise cam ile özdeşleştirmiştir” (Eldin, ElGawad, 2016: 376), (Görsel 10).



Görsel 10: Nilüfer çiçeği ve Joseph Paxton’un tasarladığı Kristal Saray
(Eldin, ElGawad, 2016: 376)

Kemikler karmaşık biyolojik yapı olarak araştırmacılar için sürekli bir ilgi odağı olmuştur. Aynı zamanda organizmanın ana yapı görevini yerine getiren çok dinamik özelliklere sahip olan doğal ve hafif bir yapıyı temsil ettiklerinden mimarlık için ilginç model oluşturmaktadırlar (Guber, 2011: 34), (Görsel 11).



Görsel 11: Uyluk kemiği
(Guber, 2011: 34)

1866 yılında İsviçreli mühendis Carl Cullman kemiğin, üzerinde oluşacak yük ve basınç etkisini azaltacak bir tasarıma sahip olduğunu fark etmiştir. Bu tasarım kemiğin içindeki uzantıların, insan ayakta durduğunda kemiklere etki eden kuvvet hatları boyunca düzenlenmiş olmasıydı. Cullman aynı özelliğin bir dizi çivi ve destek sistemi ile sağlanabileceğini düşünmüş ve daha sonra Eiffel Kulesi'nin inşası sırasında bu düşüncelerini uygulama fırsatı bulmuştur (Yuran, Taşgetiren, 2010: 27).

Lif kompozitleri, doğanın bilgeliğinin teknolojiye biyomimetik yansımasının klasik bir örneğidir. Kompozitlerin birçok prensibi doğada karşılığını bulur. Kemikler, bitki gövdeleri ve odunlar, liflerin etkili yük taşıma yönleri açısından taklit edilmişlerdir (Milwich, Speck, Stegmaier, vd. 2006: 1456). Bir bahçıvan olan Joseph Monier, tel örgü ve betondan bahçe saksıları üretmiştir. Opuntia'nın (Hint inciri bitkisi) çürüyen kısımlarının sert dokulu lif yapısı ve bahçe saksılarının kırılması sorunu, kuvvetlendirilmiş bir betonarme yapı icat etmesine ilham vermiştir. Bu ilkeyi keşfetmesinden sonra, çeşitli türde ürünler üreterek inşaat endüstrisi için yeni başlangıçlar yapmıştır. Monier ise kuvvetlendirilmiş betonun mucidi olarak kabul edilir ve bunun patentini 1867 yılında almıştır (Nachtigall, 2002: 453).

Doğayı taklit ederek icatlar yapmak için sadece canlılar değil, cansız varlıklar, yıldızlar gezegenler ve bunların hareketleri de taklit edilmiştir. Bu da otomatların icadında önemli adımların atılmasına neden olmuştur.

İnsan çok eski dönemlerden başlayarak doğanın canlı olduğuna inanır, sihir, büyü veya doğaüstü güçler yardımıyla onu harekete geçirebileceğini sanmaktadır. Mağaralardaki boyanmış taşlar, tuhaf figürler bu isteğin en eski işaretleridir. Nitekim Yunan Uygarlığından önce, eski Mısır mezarlarında bulunan, kolları hareket eden bebekler bu alandaki ön çalışmalar olarak kabul edilebilir. Daha karmaşık olanlarına ise eski Mısır'da rastlanmaktadır (Kuzu, 2013: 15).

Robotik biliminin tam başlangıcını tespit etmek zordur ancak insan ve hayvana benzeyen makineler, otomatlar, 18. Yüzyılda flüt çalan, müzisyen, ressam ve ördek, Avrupa'da büyük bir heyecan yaratmıştır (Kumar, 2010: 8).

1206'da El Cezire, otomatlardan biri olan programlanabilir en eski insansı robotları yaratmıştır. Bu otomat, gölde bir teknede dört müzisyen olarak ortaya çıkmıştır ve vurmali çalgılarla küçük kollara çarpan mandalları olan programlanabilir bir davul makinesine sahiptir. Ayrıca El Cezire'nin birçok başka otomatu vardır (<http://www.robotiksistem.com/> Erişim Tarihi: 08-06-2019).

1.2.4. Endüstri 2.0, (1870-1969) İkinci Sanayi Devrimi

Buhar gücünün sanayide kullanılmasıyla birlikte üretimde birçok adımlar atılmıştır. Özellikle elektrik gücünün yardımıyla seri üretim tanıtılmıştır.

19. Yüzyılın sonunda, yeni bir enerji kaynağı olarak elektrik devreye girmiş ve seri üretim artmış ve bu dönem İkinci Endüstri Devrimi olarak nitelendirilmiştir (Klingenberg, 2017:4).

Temelde dokumacılık sektöründe iplik makinelerinin mekanizasyona tabi tutulması, buhar gücünün kullanılması ile başlayan süreç, 19. Yüzyılın son çeyreğinde özellikle petrol tabanlı içten yanmalı motorun keşfi ile birlikte farklı bir süreç, 2. Sanayi Devrimi'ne dönüşmüştür (Taha, Tokur, Akar, 2017: 32).

Newton fiziği, sanayi devrimi ve on dokuzuncu yüzyıl aydınlanma çağı muazzam teknolojik gelişmeyi teşvik ederek, sosyal alanlarımızı dönüştürmüştür. Bununla birlikte, bu paradigma kaymasının bir sonucu olarak, insanlığın dünyaya bakış açısı organikten mekaniğe doğru değişmiştir. İlk mühendisler, herhangi bir sistemi parçalara ayırma ve parçaları yeniden düzenleme olasılığını görmüşlerdir. Makine ve malzemelerdeki yenilikler ise seri üretime yol açmıştır (Harman, 2013:4).

Endüstrinin gelişmesi ile birlikte, sadece seçkinlerin ulaşabildiği otomobillerin kitlelere standartlaştırılarak sunulma ihtiyacı ortaya çıkmış ve 1903 yılında Henry Ford'un ilk defa kurduğu seri imalat bandıyla otomobiller üretilmeye başlanmıştır (Görsel 12). Bu devrim, günümüzde Endüstri 2.0 olarak anılmakta olup halen üretimin temel mantığını oluşturmaktadır (Karaoğlu, 2016), (Görsel 12).

Genel olarak bakıldığında Endüstri 1.0 denilen dönemde daha çok doğadaki canlılara ait mekanizmaların taklit edildiği görülmektedir.



Görsel 12: Otomobil fabrikasından yürüyen bant ve seri imalat örneği
(Karaoğlu, 2016)

İnsanoğlu var olduğu ilk günden beri doğadan yararlanmış, doğadaki oluşum ve işleyişleri taklit ederek ondan öğrenmiş, ancak geliştirdiği teknolojilerle doğaya egemen olma yolunda yanlış adımlar da atmıştır. 20.Yüzyıla geldiğimizde ise doğanın sunduğu kaynakların hızla azaldığı fark edilmiş ve doğaya egemen olma anlayışı yerini doğayla uyumlu olma ve ondan iyi fikirleri öğrenme eğilimine bırakmıştır (Sorguç, 2007).

“Doğa ile iç içe yaşayan insanoğlu hem onun dengesini bozmuş hem de ortaya çıkan sorunlara çözüm bulmak amacı ile doğadan ilham almıştır. Çağımız, Endüstri Devrimi öncesinde doğa ile insan arasında olan dengenin kontrolsüz bir biçimde bozulduğu bir dönem olarak görülmeye başlanmıştır. Fosil yakıtların gezegendeki bolluğu ve onlara ulaşımın kolaylığı nedeniyle tarihte eşi benzeri görülmemiş bir verimsizlik dönemine girilirken az kaynakla çok iş becerme yaklaşımı önemini kaybetmiştir (Aldemir, 2014: 5).”

Dönemin sanat, mühendislik, mimari vd. alanlarında başarılı olmuş insanlar, ürettikleri eserlerde genel olarak doğadaki canlı veya cansız yapıların biçimsel taklidini gerçekleştirmişlerdir. Bu yapıların form, desen, biçim, doku gibi karakteristik bir özelliğini çalışmalarına yansıtmışlardır. Örneğin hem sanatçı hem de bilim insanı olan

Paul Sperry, 1935'te, karda kayarken köpeğinin kaymadığını görmüş, köpeğin patilerini incelediğinde, dalga benzeri derin oluklar bulunduğunu fark etmiştir. Bu basit gözlem, kışın güvenli yürüyüş için benzer yuvalara sahip ayakkabıların (Sperry Top-Sider Shoes) üretilmesini sağlamıştır (Meadows 1999, aktaran; (Rao, 2003: 662).

Bir başka örnek olarak Graham Bell'in, ilk telefonu insan kulağını örnek alarak tasarlaması gösterilebilir (Arhon, 2017: 36). İnsan vücudu geçmişte mucitler için motive kaynağı olmuştur. Çoğu kişi modern iletişimin babası Alexander Graham Bell'in insan kulağının mekanizmalarından ilham aldığına farkında değildir. Graham Bell ilk telekomünikasyon sistemlerini kulağın içinde meydana gelen işleme dayandırmıştır (Ivanić, Tadić, Omazić, 2015: 21).

El-Zeiny'e göre biyomimikrinin bir tasarım yöntemi olarak yaygın ve pratik uygulaması büyük ölçüde gerçekleşmemiştir. İç mimari, Art Nouveau, Jugendstil ve benzeri sanat hareketlerinde olduğu gibi biyolojiyi şekiller ve dekorasyon kütüphanesi olarak kullanmıştır. Sadece doğal görünümlü formlardan, dokulardan ve renklerden ilham almak biyomimetik değildir. İçinde biraz biyoloji olması gerekir (Mahmoud, 2012: 503). Aynı şekilde Mann da biyo-ilham sürecinin, daha kesin olarak biyo-morfizm olarak adlandırılan doğal yapıların işlevlerini ve morfolojilerini taklit etmeyi amaçlayan doğal geometrinin resmi bir taklidi olarak tasarlanmamasından bahsetmektedir (Mann 1990, Aktaran; Santulli, Langella, 2011: 472).

İnsanların yeni ürünler üretmek için, mekanizmalarını ve yeteneklerini doğayla uyumlu hale getirmesi ve bilimsel yaklaşımların gelişmiş olması, doğanın ilkelerinin daha anlaşılır hale gelmesini sağlamıştır. Doğadaki sınırsız sayıdaki canlının, gelişmiş yetenekleri ve aerodinamik yapıları yüzyıllardır denenmiştir ve dönemin teknolojik olanaklarına oranla başarılı sonuçlar da alınmıştır ancak; üretilen tasarımla canlı arasında biyolojik yapı benzerliği tam olarak sağlanamamıştır.

1800' lerin sonları ve 1900' lerin başları, biyolojiye ve biyolojik ilhamlı tasarıma olan ilginin arttığı bir dönemdir (Chambers, 2011: 2). 20. Yüzyılın ortalarına kadar karşılaşılan örneklerde esinlenme, öğrenme, uyarılma ve uygulama olgusunun daha çok formla kısıtlı olduğunu söylemek olasıdır. Endüstri Devrimi ve onu izleyen çok hızlı

teknolojik gelişmeler, bilgisayar ve bilişim teknolojilerinin bilim dünyasındaki yerlerini almalarıyla doğadaki gözlemler çeşitlenmiş, ayrılmış ve farklı bilgi alanlarına farklı biçimlerde ve etkisi her gün artarak önemli katkılar yapmaya başlamıştır (Selçuk, Sorguç, 2007: 453).

“Bu güne kadar cansız veya canlıların yapı ve davranışlarını inceleyerek bunları mimari, endüstriyel malzeme ve tekstil alanında taklit eden insanoğlunun, insanların davranışlarını ve zekâsını taklit etmek istemesi onun otomat ve robotik teknolojilere yönelimini sağlamıştır. Otomat Yunanca bir sözcüktür; kendi kendine hareket eden anlamına gelen auto matos'dan gelmektedir. Otomat, kendiliğinden harekete başlayıp düzenli bir biçimde bir işi gördükten sonra kendiliğinden duran ve sonra tekrar harekete geçebilen araç anlamına gelir. Bu sözcük daha çok insan veya hayvan hareketlerini taklit eden makineler için kullanılmıştır” (Unat : 10).

Endüstri Devrimi 2.0 sürecinde elektriğin güncel yaşamda yaygınlaşması ve ona bağlı sistemlerin gelişimi robotiklerin kurgulanmasını da beraberinde getirmiştir. Bilim dünyasına damga vuran önemli bir robotik çalışma olan Unimate kol, bir canlının kolunu taklit ederek tasarlanmış bir araç olarak seri üretimde yerini almıştır.

Tüm dünyada devrim yaratan Unimate, ilk endüstriyel robottur. 1954'te Amerikalı mucit George Devol tarafından tasarlanan ve patenti alınan mekanik kol Unimate, Robotik'in Babası Joseph Engel Berger'in öngörülleri ile geliştirilmiştir (<https://www.robotics.org/joseph-engelberger/unimate.cfm>). “Unimate #001” adı verilen bu robot, 1961 yılında New Jersey'deki General Motors'un montaj hattına kurulmuş ve seri otomasyonu başaran ilk robot olmuştur. Bu gelişmeleri Avrupalı otomotiv üreticileri de takip etmişlerdir (Berber, 2019), (Görsel 14).



Görsel 14: İlk endüstriyel robot olan Unimate

(<https://www.robotics.org/joseph-engelberger/unimate.cfm>, Erişim Tarih: 08-06-2019)

1.2.5. Endüstri 3.0, (1960-2011) Üçüncü Sanayi Devrimi

Endüstri 3.0 olarak ifade edilen süreçte hem teknolojik hem de sosyokültürel alanda birçok değişim ve dönüşümler yaşanmıştır. 1969'da Ay'a yapılan yolculuğun ardından dünya gezegenine uzaydan bakış hem uzay hem de dünya algısında değişime neden olmuştur. Geleceğe olan bu ilgi gerek moda gerekse sinema alanı başta olmak üzere birçok alanda fütüristik tasarımların üretilmesini sağlamıştır.

II. Dünya Savaşı'nın ardından bilgisayar teknolojilerinin geliştirilmesinde önemli adımlar atılmış, üretim süreçlerinin otomasyonu daha da iyileştirilmiştir. Özellikle 1970'li yıllardan sonra bu konuda gözle görülür bir ilerleme söz konusudur. 1971 yılında mikro bilgisayar (Altair 8800), 1976'da ise Apple I (S. Jobs ve S. Wozniak) üretilmiştir (Klingenberg, 2017:5).



Görsel 15: Ford üretim hattı, model T üretimi
(Sır, 2017)

Bilgisayar kontrollü üretim ile daha hassas, verimli ve iyi standartlarda üretimler gerçekleştirilmiştir. Otomasyon terimi, 1947 yılında Ford firmasının kendi içerisinde bir otomasyon birimi kurmasıyla daha da yaygın kullanılmaya başlanmıştır (Görsel 15). Otomasyon, temel olarak mekanik, hidrolik, pnömatik, elektrik, elektronik ve bilgisayar gibi farklı cihazların ve ara yüzlerin bir araya gelmesiyle ortaya çıkan bir kavram olmuştur (Sır, 2017). Elektriğin seri üretimde kullanılmaya başlanması ve üretim

hattının geliştirilmesi ile bu devrim tetiklenmiştir. Böylece, üretimde mekanik ve elektronik teknolojilerin yerlerini dijital teknolojiye bırakmasına programlanabilir makinelerin kullanılmasıyla ortaya çıkmıştır denilmektedir. Bu devrimin temel bileşenleri, bilgi işlem teknikleri, internetin yaygınlaşması ile ortaya çıkan haberleşme teknikleri ve bunların ortak gerçekleştirme aracı olan mikro-elektroniktir. Bu çağ, dijital devrim çağı olarak adlandırılmıştır (Taha, Tokur, Akar, 2017: 34) .

Gelişmiş Üretim Teknolojileri (Advanced Manufacturing Technologies/AMT) 1980'lerde ortaya çıkmış ve bilgisayar entegre üretim (computer integrated manufacturing CIM), bilgisayar destekli tasarım (computer-aided design CAD), bilgisayar destekli üretim (computer-aided manufacturing CAM), esnek üretim sistemleri (FMS) olarak adlandırılan bir dizi teknolojiye atıfta bulunmuştur (Klingenberg, 2017: 6).

Bilgisayar temelli araçlar, yöntemler ve düşünce sistemiyle doğadaki oluşumların incelenmesi ve modellenmesi sonucunda elde edilen bilgiler, insan yapımı nesnelerin tasarımında salt biçimsel esinlenmelerin ötesine geçilmesini de olanaklı hale getirmeye başlamıştır (Erdoğan, Sorguç, 2011 ; aktaran; Gertik, 2012: 6).

Bar-Cohen, (2006) Biomimetics Biologically Inspired Technologies adlı kitabında;

“Bilgisayar yeteneğinin ilerlemesi, biyolojik olarak ilham alınmış özelliklerin analitik gelişimini desteklemek için inanılmaz bir hesaplama ve bilgi işlem gücü yaratılmasına yol açmıştır. Bu gelişmeler biyolojik deneyimlerin ve sistematik olarak modellenen, kopyalanan veya uyarlanan, deneysel araştırmalardan bildiklerimizin ötesinde hangi yaşamın olabileceğinin tahminlerini mümkün kılan sistemlere yol açmıştır. Yapay yaşamın (A-Life) çatısı altında ele alınan konulardan bazıları, yaşamın kökeni, evrimsel ve ekolojik dinamikler, kendi kendine montaj, biyolojik organizasyon hiyerarşisi, büyüme ve gelişme, hayvan ve robot davranışı, sosyal organizasyon ve kültürel evrimdir”, şeklinde bahsetmektedir (Bar-Cohen, 2006: 7).

Bilgisayarlar tasarımcı ve mühendislere, en iyi tasarım için optimizasyon işlemlerinde yardımcı olacak muhteşem birer araç olduklarını göstermiştir. 1960'tan beri bilgisayar bilimcileri, evrim ve doğal seleksiyonu taklit edebilecek, tasarım problemlerini çözebilecek ve yarı otomatik yazılımları tanıtabilecek genetik algoritmalar yaratmanın bir yolunu keşfetmeye başlamışlardır (Aziz, El Sherif, 2016: 711).

Yuran ve Taşgetiren (2010) makalelerinde, bilgisayar ve yazılım teknolojileri hakkında;

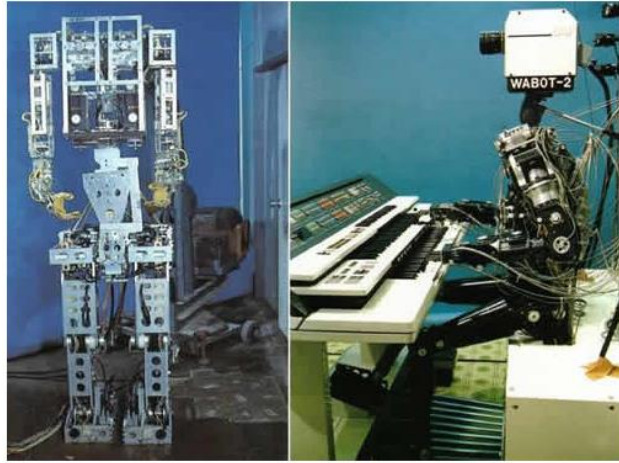
“Bilgisayar ve yazılım teknolojilerinde doğa her zaman için büyük bir esin kaynağı olmuştur. İnsan beyninden, sürülerin davranışlarına kadar birçok olgu yazılımların ve algoritmaların geliştirilmesine esin kaynağı olmuştur. Yapay zekâ, insanın düşünme yöntemlerini analiz ederek bunların benzeri yapay yönergeleri geliştirmeye çalışmaktır. "Yapay zekâ" kavramının geçmişi modern bilgisayar bilimi kadar eskidir. Fikir babası, insan beyninden esinlenerek "Makineler düşünebilir mi?" sorusunu ortaya atan Alan Mathison Turing'dir. 1943'te II. Dünya Savaşı sırasında Kripto Analizi gereksinimleri ile üretilen elektromekanik cihazlar sayesinde bilgisayar bilimi ve yapay zekâ kavramları doğmuştur. Modern bilgisayarın atası olan bu makineler aslında insan zekâsından ilham almışlardır”, şeklinde belirtmektedir (Yuran, Taşgetiren, 2010:25).

1960'lı yıllar teknoloji uzmanı Buckminster Fuller tarafından “tasarım biliminin on yılı” olarak ilan edilmiştir. Fuller çözülemeyeceğine inandığı insan ve çevre sorunlarının üstesinden gelmek için bilime, teknolojiye ve rasyonalizme dayalı bir “tasarım bilim devrimi” çağrısında bulunmuştur (Cross, 2001: 50). Deniz biyologları olan John Todd, William McLarney ve yazar, editör Nancy Jack Todd, 1969'da Yeni Simya Enstitüsü'nü kurmuşlardır. Amaçları, doğanın tasarım derslerini daha sürdürülebilir insan altyapıları, ürünleri ve süreçleri yaratmak için uygulamaktır. Aynı yıl, peyzaj mimarı olan Ian McHarg, “Doğayla Tasarım” adlı kitabında insan ve doğal ortamların birleşimini önermiştir (Ásgeirsdóttir, 2013:6).

Gelişen teknoloji ve yapay zekâ kavramı ile tasarımlarda bir ilerleme kaydedilmiştir. Tasarımcı ve mühendisler, özellikle hayvanların formlarını, aerodinamik

yapılarını ve hareketlerini, tasarımlarına yansıtmaya çalışmışlardır. Bu tasarımlarda canlıların hareketleri ve bu hareketleri yapmak için gösterdikleri çabalar tasarımcılara birer çıkış kaynağı olmuştur.

Waseda Üniversitesi, 1967'de başladığı WABOT-1 robotu projesini, 1972'de tamamlanmış ve dünyanın ilk tam ölçekli android insansı robotunu yapmıştır. Bu robot, insanlarla yürüyüp iletişim kurabilen, bir odaya girebilen ve nesneleri kavrayabilen ve taşıyan ilk robottur (<https://www.lucarobotics.com/> 08-06-2019), (Görsel 16).



Görsel 16: WABOT-1 robotu

(<https://www.lucarobotics.com/> Erişim Tarihi: 08-06-2019)

Dört ayağı olan ve her bir ayağı üzerinde algılayıcıları bulunan, JPL'nin STAR adlı robotu kayaları tırmanmanın yanı sıra birçok işlevi gerçekleştirebilmektedir (Bar-Cohen, 2006: 29). Bu tür robotlar, uzay uygulamalarında kullanmaya yönelik tasarlanmıştır. Bacaklı robotlar gelecekteki NASA görevleri için geliştirilmektedirler (Bar-Cohen, 2006: 6).

2000 yılında Honda'nın insansı robot projesi ASIMO, koşabilir, yürüyebilir, insanlarla iletişim kurabilir, çevresiyle etkileşime girebilir, ses ve duruş tanıyabilir bir şekilde üretilmiştir (<http://www.robotiksistem.com/> Erişim Tarihi: 08-06-2019),(Görsel 17).



Görsel 17: Honda'nın ünlü robotu ASIMO

(<https://www.lucarobotics.com/> Erişim Tarihi: 08-06-2019)

1.2.6. Endüstri 4.0, (2012-...) Dördüncü Sanayi Devrimi

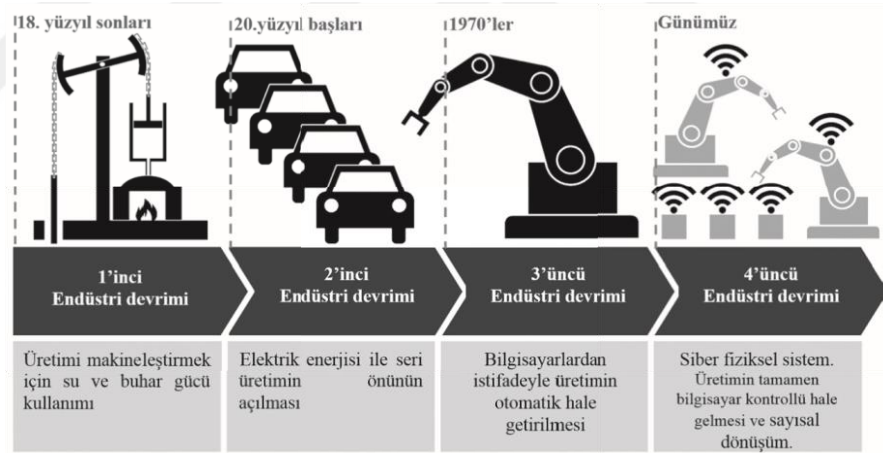
Endüstri 4.0' ın ana teknolojisi, fiziksel ve sibernetik sistemlerin kombinasyonu olarak tanımlanan Siber-Fiziksel Sistemlerdir. Bu sistemlerin ilk kez 2012 yılında Hannover Fuarı'nda adı geçmiştir (Klingenberg, 2017:5). 4.0 başlığı, Endüstri 4.0' ın, önceki üç sanayi devriminin mantıksal bir devamı olduğunu göstermektedir (Kusmin, 2012: 2). Nesnelerin interneti olarak kabul edilen, “makinelerin konuşması” olarak adlandırılacak bu uygulama, Sanayi 4.0'ın temellerinden birisi olarak kabul edilmektedir. Nesnelerin interneti kavramı ilk olarak 1999 yılında Kevin Ashton tarafından hazırlanan bir sunumda kullanılmıştır. Bu kavram sanayi 4.0'ın temellerinden birisini oluşturmaktadır (Taha, Tokur, Akar, 2017: 49) .

Robotizasyon ve otomasyon gibi güç üreten teknolojiler, uzun zamandır vardır. Bununla birlikte, internet, robotik ve otomatik cihazlarla ağ oluşturarak süreç organizasyonunda devrim yaratmaktadırlar (Nagy, Olah, Erdei, 2018: 3).

Endüstri 4.0, birkaç yeni teknolojik ilerlemenin bir birleşimidir:

- Bilgi ve iletişim teknolojisi
- Siber-fiziksel sistemler
- Ağ iletişimi
- Büyük veri ve bulut bilişimi
- Modelleme, sanallaştırma ve simülasyon
- İnsan-bilgisayar etkileşimi ve işbirliği için geliştirilmiş araçlar (Kusmin, 2012:3)

Teknolojik gelişmeye bağlı olarak adlandırılan Endüstri Devrimi süreçleri Görsel 18’de verilmiştir.



Görsel 18: Endüstri Devrimi süreçleri

(Eldem, 2017:11)

Biyolojik canlıları oluşturan hücre temelli yapılar, hataya dayanıklılık, kendi kendine onarma ve büyüme yeteneği gibi birçok özellik göstermektedirler. Bu yapıların taklitleri ile oluşturulan biyomimetik yapılar ise olanaksız görünen cihaz ve mekanizmaların tasarımına izin verecektir. Ortaya çıkan nano teknolojiler bu tür özelliklerin kullanımını mümkün kılmaktadır (Bar-Cohen, 2006: 2-3). Dördüncü

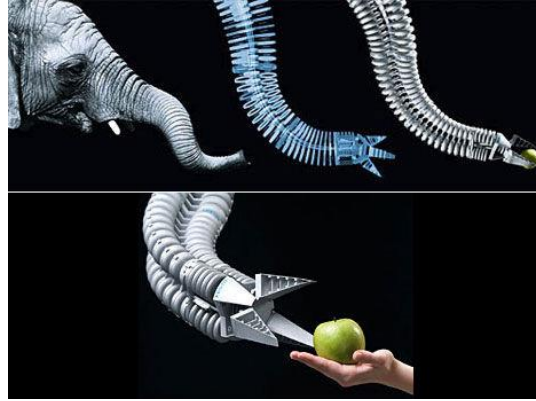
Endüstri Devrimi'nin getirdiği yeni teknolojik olanaklar, insan-bilgisayar etkileşimi ve işbirliği için geliştirilmiş araçlar, canlıların biyolojik yapılarının kullanılmasını, kopyalanmasını ve yapay yaşama (AI) aktarılmasını sağlamıştır. 21. Yüzyıl boyunca biyolojinin, tasarım ve bilimde büyük bir rol oynayacağı düşünülmektedir.

Stanford Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden Profesör Cutkosky, yüzeylere kuru bir yapışma özelliği gösteren robotik kertenkele tasarlamıştır. Bu sistem, bir kertenkele ayağında yer alan ve bir tırmanma yüzeyinin molekülleriyle etkileşime giren milyonlarca kılı taklit ederek oluşturulmuştur (Steph, 2011), (Görsel 19).



Görsel 19: Robot kertenkele tırmanışı
(Steph, 2011)

Bilgisayar teknolojisi gelişmeye devam ettikçe, daha geniş bir hareket aralığı için daha karmaşık hesaplamalar yapmak mümkün hale gelmiştir. Bu teknolojiler esnek, hareket kabiliyeti yüksek ve daha gelişmiş tasarımların üretimine olanak tanımıştır. Örneğin Alman mühendislik firması Festo tarafından geliştirilen "biomechatronik" taşıma sistemi (Bionic Handling Assistant), her bir "omur" içindeki hava keselerini şişirerek veya söndürerek ağır yükleri taşıyabilmektedir (Steph, 2011), (Görsel 20).



Görsel 20: Fil hortumundan esinlenerek tasarlanan robotik bir kol
(Steph, 2011)

Yenilikçi teknolojik ürünler özellikle devletlerin savunma sanayileri için geliştirilmektedir. Birleşik Devletler ordusu, Michigan Üniversitesi'nden Com-Bat'ı görevlendirerek bir gözlem aracı tasarlamasını istemiştir. Dijital teknoloji ile donatılan ve yarasalardan ilham alınarak tasarlanan bu casus uçağı, güneş panellerine sahiptir (Steph, 2011), (Görsel 21).



Görsel 21: Güneş enerjisi ile çalışan COM-BAT Casus uçağı
(Steph, 2011)

2. BÖLÜM

BİYOMİMİKİRİNİN TASARIMDAKİ YERİ

2.1.TASARIMDA BİYOMİMİKİRİ KAVRAMI

Doğa, bilim alanında olduğu gibi sanat ve tasarım alanlarında da yüzyıllardır önemli bir çıkış noktası olmuştur. Farklı şekil ve yapısal özelliklere sahip doğada enerji tasarrufu yapabilme, kendini onarma gibi yetenekler içeren canlıları da bulunmaktadır. Dolayısıyla doğadaki, malzeme ve formları gözlemlemek, analiz etmek ve modellemek, birçok bilim insanının dikkatini çekmiştir.

Tarih boyunca oluşan, 18. Yüzyıl ile birlikte hız kazanan bilimsel ve endüstriyel gelişmelerin yön verdiği modern tasarımlardaki organik yaklaşımı incelemek, günümüzde birçok alanda kullanılan biyomimikri anlayışının daha anlaşılır olmasını sağlayabilmektedir (Gertik, 2012: 7).

Tasarım olgusunun ortaya çıkmadığı zamanlarda insanlar doğada herhangi bir nesneyi bir amaç doğrultusunda kullanmışlardır. Bu durumda insanlar akılcı bir yöntemle faydayı esas alan bir yaklaşımla hayatlarına devam etmişlerdir (Bayazıt, 1994: 41 Aktaran; Gümüser, 2017: 131). Günümüzün sanayileşmiş yaşamına gelene dek insan doğa ile daha fazla iç içe olmuştur. Her zaman doğaya bakmış, anlamaya çalışmış ve taklit etmiştir ancak başlangıçtaki gözlemler doğanın form açısından taklit edilmesi ile sınırlı kalmıştır. Gözlem ve deneye dayalı bilgi birikiminin artması ve teknolojik gelişmeler doğrultusunda doğanın laboratuvarlarda incelenebilmesi farklı bakış açısı ve uygulamaların gelişmesini de sağlamıştır.

Geçen yüzlerce yıl içerisinde tasarım anlayışları ve teknolojik olanaklar değişse de, en büyük değişim içinde bulunduğumuz dönemde gerçekleşmiştir. Bunun nedeni bilgisayarların işlem güçlerine dayanan dijital devrim nedeniyle oluşan sınırsız bilgi ağlarıyla daha önce hiç olmadığı kadar bütünleşen ve aynı zamanda da aynılan bir dünyadır (Aldemir, 2014: 1).

Kendi amaçlarımız doğrultusunda doğanın ürünlerini ve süreçlerini rasyonel bir şekilde kullanmak için, doğal olaylarla sonuçlanan temel fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerin altında yatan çok karmaşık sistemleri analiz etmek gerekir (Hanks, Swigers, 2012: 5).

Tasarımcılar biyomimikri tasarım yaklaşımı ile doğaya ve onun ilham veren süreçlerine bakarak, daha geniş bir çevreye sorunsuz ve uyumlu bir şekilde entegre olan ürünler, süreçler ve alanlar yaratabilirler (Chambers, 2011: 1). Yapılan tasarımların birçoğunda ya doğadan bir şekil ya da o şeklin sahibi olan organizmanın mekanik sistemi veya yaşam döngüsü ele alınır; bunun neticesinde ise sürdürülebilir ve ekolojik malzemeler, mekanlar, teknolojik cihazlar vb. sistemler ortaya konmaktadır (Karabetça, 2018: 106).

Badarnam (2009) Biyomimikrinin tasarım sürecine entegasyonunun iki ana yaklaşımı içerdiğine değinmektedir:

- Bir tasarım problemini tanımlama ve ardından doğanın bunu çözme yöntemine başvurmak.
- Doğadaki bir davranışı veya işlevi tanımlamak ve bir tasarıma dönüştürmek (Badarnam 2009, aktaran; Bakıroğlu, 2012: 23).

Panchuk'a (2006) göre ise bu durum, "dolaysız yaklaşım", olarak tanımlanan bir ihtiyacın ya da tasarım probleminin tanımlanması ve çözüm için doğadaki organizma ya da ekosistemlerin incelenmesi yöntemidir. Diğer yöntem ise Panchuk (2006)'un "dolaylı yaklaşım", olarak tanımladığı bir organizma ya da ekosistemin belirli bir karakteristik, davranış ya da işleyişini inceleyerek elde edilen verileri tasarımda uygulama yaklaşımıdır (Cıgızoğlu, 2011: 7).

Biyomimetik tasarım için önemli olan temel adımları içeren tasarım spiralleri ilham almak için doğal dünyaya bakan yenilikçilerin biyolojik süreçleri kullanmalarına yardımcı olacak bir rehber olarak hizmet edebilir (Macnab, 2012: 210), (Görsel 15).

Macnab, aşağıdaki adımları, doğanın tasarım sürecine benzetirken ve bütünleştirirken tasarım sürecini desteklemeye yardımcı olacak biyomimikri spiralleri ile birlikte kullanmaktadır:

- Belirleme - İhtiyaç üzerine bir tasarım özeti geliştirmek ve temel problemleri belirlemek
- Yorumlama - Soruyu biyolojikleştirmek, soruları doğanın bakış açısından sormak
- Keşfetmek - Bu sorulara cevap veren doğal süreçlere ve organizmalara bakmak
- Özetleme - Doğa içinde başarıya ulaşmış yinelenen modelleri ve süreçleri bulma
- Benzetme - Doğal modellere dayalı fikirler ve çözümler geliştirme
- Değerlendirmek - Hayatın ilkelerine göre geliştirilen fikirleri karşılaştırmak (Macnab, 2012: 211-212), (Görsel 22).

Biyomimetik yaklaşımın doğadan öğrendiği bir stratejiyi tasarıma aktarmanın dışında etkilediği alanların sayısı gittikçe çoğalmaktadır. Geçmişten günümüze özellikle mimari alanda doğadaki birçok form tasarımlarda etkili olmuştur. Bunun dışında tarım, tıp, malzeme, bilişim teknolojileri, psikoloji, ekonomi vb. gibi fen ve sosyal bilimlere alanlarında sorunlara daha verimli, sürdürülebilir yanıtlar bulmak için doğa çıkışlı tasarımların da arttığı bilinmektedir.

Biyomimetik, doğayı taklit etme yoluyla sistemleri tasarlamaya ve malzemeleri sentezlemeye çalışan bilimsel bir çalışma alanıdır. Biyomimikrinin alanına ilişkin algılar araştırmacının uzmanlık disiplinine bağlı olarak çok geniş bir çeşitlilik göstermektedir (RAO, 2003: 659).

Benyus, “Biomimicry: Innovation Inspired by Nature” adlı kitabında birçok farklı alanda kullanılan biyomimikriden genişçe bahseder. Tarım, enerji tasarrufu

politikaları, üretim, sağlık ve tedavi, iş yönetimi ve stratejileri gibi birçok alandan örnekler vermektedir (Benyus, 2002, aktaran; Boğa, 2013: 13).

Örneğin, toprağın kaybolmasını veya zehirlenmesini önleyecek bir tarım geliştirmeyi amaçlayan Benyus, “Arazi Enstitüsü Projesi” ile doğal ekosistemleri taklit ederek tarımı korumaya odaklanan bir araştırmaya kendini adanmıştır (<https://asknature.org>, 2016, Erişim Tarihi: 24.02.2019).

Bunun dışında tıp alanında, sağlığın sürdürülebilirliği için doğadaki gizli bilgiler kullanılabilir. Tıp alanında birçok hastalığa aranan tedavi yöntemleri ve cihazlar için doğadaki canlıların problem çözme yetilerinden esinlenilmektedir (Boğa, 2013:15).

Malzeme bilimlerindeki gelişmeler, elektrik mühendisliği, biyokimya, gelişmiş biyomalzemeler, robotik, doku mühendisliği ve bilgi işlem gücü tıbbi biyoniklerde önemli gelişmelere yol açmıştır. İskelet kası kullanarak yapay kalp pompalaması, yapay akciğer doku implantı, doku nakli ve mühendisliği, otobiyonik terapi buna örnek gösterilebilir (Ashrafian, Darzi, Athanasiou, 2010: 279) Günümüzde biyomedikal mühendislerinin üzerinde çalıştığı doku transferinin köklerinin antik Maya, Roma ve Çin medeniyetlerinde yapılan diş implantlarına kadar dayandığından bahsedilmektedir (Rao, 2003: 659).

Reed ve arkadaşları, biyomimikrinin yeni malzemelerin geliştirilmesinde güçlü bir kavram ve pratik bir araç olabileceğini söylemişler, başarılı bir mühendislik malzemesinin, belirli bir uygulama için optimize edilmiş fiziksel (yapısal, mekanik, elektrik, termal ve manyetik) veya kimyasal (yapışkan, reaktif, katalitik ve reaktif olmayan) özellik göstermesi gerektiğini vurgulamışlardır (Reed, Klumb, Koobatian, 2009: 1571).

Mühendisler, benzer sentetik tasarım ve üretimi sağlamak için doğal sistemlerdeki yapı ve işlev arasındaki ilişkiyi keşfetmeye çalışmaktadırlar (Rao, 2003:659).

Vincent, mühendislerin doğaya bakıp, yaşam için gerekli olan tasarımların nasıl uygulanacağını sorgulamaları gerektiğini savunmaktadır. Organizmalar milyonlarca yıldır kendi yapılarını mükemmel doğru geliştiriyorsa, mühendislerin de malzemeyi, yapıyı ve hatta mekanizmayı sorgularken, teknolojiyle gelen benzer problemlere çözüm ararken doğadan referans almasının mantıklı bir yaklaşım olacağını söylemektedir (Vincent, 2001: 52).

Malzeme mühendisliği bakış açısına göre ise, biyomimikri, mevcut kaynakların verimli bir şekilde kullanılmasını destekleyen ve tanımı gereği biyo-uyumlu olan şartlar altında, doğal malzemelerin çok uzun bir süre boyunca geliştiği fikrini benimsemiştir (Reed, Klumb, Koobatian, 2009: 1572).

Doğadan faydalanırken sürdürülebilirliğin sağlanması için malzeme, enerji, süreç ve yöntem tercihi, iş yürütme stratejileri ve karar mekanizmaları gibi yöntemlerden faydalanırsa bütünsel ve tutarlı bir yaklaşım ortaya konmuş olur. Bu sebeple bu sürecin ekonomik yanı da incelenmelidir. Lodato, doğaya olan ilginin artmasıyla pazarlama dahil birçok alanda, doğa geliştirilmek üzere kullanılmakta olduğundan bahsetmiştir (Boğa, 2013: 25).

Benyus, ekonomik sürdürülebilirliğin doğadaki malzemelerin kullanılmasıyla değil, doğanın döngüsel sisteminin örnek alınması ile gerçekleşebileceğini savunur. Bir orman ekosisteminde yere düşen bir yaprağın herhangi bir atık olmadığını, bakteriler aracılığıyla toprağa yeniden kazandırılıp ağaca yeni yapraklar için fayda sağladığını belirterek döngüsel sisteme örnek verir (Benyus, 2002: aktaran; Boğa: 26).

Diğer bir çalışma alanı olan psikoloji alanında ise; Spörrle ve Stich insanların yataklarını, yatak odalarında konumlandırma eğilimlerini, insanlık dışı primatların hatta babun ve maymunların evrim teorisi perspektifinden uyku alanlarını seçme eğilimleri inceleyerek karşılaştırma yapmışlardır. Yaptıkları literatür çalışmasına göre, primatlarda, maymunlarda ve ilk insanlarda yırtıcılardan ve olası saldırılardan korunmak amacı ile uyku sırasında hayatta kalma şansını en üst düzeye çıkaran mekanlar tercih etme eğilimi görülmüştür. Uyku sırasında bilincin aktifliğinin ve görsel algının azalması sebebiyle saldırılar uyku sırasında gerçekleşmekte ve canlılar uyku

sırasında güvenilirliklerini arttırmak için mağara girişlerini ve günümüz mekanlarının girişlerini aynı yönde konumlandırmaktadırlar. Sonuçlar araştırmacıların ilk varsayımları ile örtüşme göstermiştir (Spörrle, Stich, 2010: 406-407).

Elektronikten moleküler biyolojiye kadar günümüzde birçok bilim dalı, iyi kontrol edilmiş mimari ve işlevi olan karmaşık, heterojen yapıların üretimi ile ilgilenmektedir. Biyomimikri alanı hala başlangıç aşamasında olsa da, bazı somut uygulamalar ufukta görülmektedir (Rao, 2003: 673).

Biyomimikriye artan bu ilgiyi hızlı bir araştırma anketi (Google Patent) ve bilimsel araştırmadan (Google Akademik) elde edilen sonuçlar göstermektedir. Gerçek dünya göstergesi olmasa da, toplu tüketici uygulamaları, patentler ve araştırmalar, biyomimikrinin gelecekteki gelişim için taşıdığı potansiyeli ortaya koyabilir (Chambers, 2011: 3).

Benyus ve biyomimikrinin toplum düzenini değiştirebileceğine inanan diğer uzmanlar (William McDonough, Lovins, vs.), bunun bir sonraki sanayi devrimi olacağını söylemekte haksız değillerdir. Sanayi Devrimi ile değişen sistemlerin doğaya verdiği zarar bu devrimle giderilebilir ve eğer uygulanabilirse dünyayı değiştirebilir (Mathews, 2011, aktaran, Boğa, 2013: 27).

2.1.1. Biyolojinin Biyomimikri Kavramındaki Yeri

Biyoloji, beklenmeyen ve ilginç yöntemlerle tasarım sürecini etkileyebilen bir disiplindir. Doğanın tasarıma olan yararlarının irdelenmesi, biyolojinin temelinin anlaşılması ve nasıl kullanılacağını öğrenmekle başlamaktadır. Canlı organizmaların cansız sistemlerden ayrılması ile biyoloji bilimi ortaya çıkmıştır (Mayr, 2014 aktaran; Karabetça, 2018: 106).

Vincent, biyolojide keşfedilmeyi bekleyen çok sayıda mekanizma bulunduğunun düşünmeye değer bulunduğunu, belki de canlı organizmaların incelenmesinin temel bir bilim olduğundan bahsetmiştir (Vincent, 2001: 53).

Biyologlar biyomimikriyi sadece biyolojik süreçlerin anlaşılması için değil, aynı zamanda çeşitli organizma sınıflarının evrimini izlemek için de incelemektedirler (Rao, 2003: 659). Biyoloji aynı zamanda doğal dünyayı açıklamakla yükümlüdür; yapılan her bilimsel çalışma, insanoğlunun yüzleştiği sorunların çözümlerine büyük katkı sağlamaktadır. Biyolojinin ortaya çıkardığı organizmalar, hiyerarşik şekilde düzenlenmiş sistemlerdir (Mayr, 2014 aktaran; Karabetça, 2018: 106). Bu sistemlerin barındırdığı birçok doğal yaşam şekli ve hayatı devam ettirme özellikleri, insanın yaşamında karşılaştığı sorunların çözülmesinde büyük adımların atılmasının kaynaklarını barındırmaktadır (Karabetça, 2018: 107).

Biyoloji alanındaki temel araştırmalarla yeni teknolojik gelişmelerin bir araya gelmesiyle, biyomimikri, doğal sistemler ve yapıların sahip olduğu kaynakların süreçlerini, fonksiyonel çözümlerini ve optimizasyonunu inceler (Azadeh, 2012: 3).

Bir tasarım süreci olarak biyomimikri yaklaşımı iki kategoriye ayrılır: İlk olarak tasarımı etkileyen biyolojidir. Bir tasarım problemini tanımlarken diğer organizmaların veya ekosistemin bunu çözme yöntemlerine bakmak biyolojiye sorarak gerçekleşir, diğeri ise, tasarımı etkileyen biyolojidir. Organizma veya ekosistemin, bir davranış veya işlevine bakarak ihtiyaca uygun bir tasarım geliştirmektir (Zari, 2007).

Calvert (1992) tarafından belirtildiği gibi, biyolojik sistemleri taklit ederek malzemeleri sentezlemek için üç olasılık vardır. Bunlar: organizmaların sentez için doğrudan kullanımı, tamamen sentetik yöntemlerin kullanımı ve biyolojik işleme tekniğinin bir modifikasyonunun kullanımı şeklindedir (Rao, 2003: 668).

Reed ve arkadaşları, teknoloji ve biyoloji arasındaki ortak yaşamın kapsamlı olarak araştırıldığından bahsetmektedirler. Mevcut teknolojinin büyük ölçüde enerji kullanarak problemleri çözdüğünü, biyolojinin ise yapı ve bilgi danışmanlığı yaptığını ortaya koymaktadırlar. (Reed, Klumb, Koobatian, vd. 2009: 1573).

Cross, Tasarım Araştırmaları Derneği'nin 1980'de "Tasarım: Bilim: Yöntem" konulu konferansında bilim ve tasarım arasında basit karşılaştırmalar ve ayrımlar yapmanın zamanı geldiğinden; belki de tasarımın bilimden öğreneceği çok şey olmadığı

ve bilimin tasarımdan öğrenecek bir şeyleri olduğundan söz etmiştir (Cross, 2001: 51). Cross yazısında bilim ve tasarım arasında bir ayırmadan bahsederken bu konu hakkında görüşleri olan birkaç kişinin düşüncelerine de yer vermiştir:

Alexandre göre “Bilim adamları var olan yapıların bileşenlerini tanımlamaya çalışmaktadır, tasarımcılar ise yeni yapıların bileşenlerini şekillendirmeye çalışmaktadır.” Gegory göre “Bilimsel yöntem, var olanın doğasını bulmak için kullanılan bir problem çözme davranışı modelidir, oysa tasarım metodu henüz bulunmayan şeyleri icat etmekte kullanılan bir davranış modelidir. Bilim analitiktir; tasarım yapıcıdır.”, Simon’a göre ise “Doğa bilimleri, nasıl olduğu ile ilgileniyor... diğer yandan tasarım, olayların nasıl olması gerektiği ile ilgilenmektedir” (Cross, 2001:51).

Tasarımın bilimsel çalışma ve araştırmalarla beslendiği, tasarımın bir bilim olduğu, tasarımın bir bilim olmadığı, tasarımda bilimsel yöntemlerin kullanılması gerektiği gibi çeşitli görüşler hala ortaya atılmaktadır. Çoğunluğun görüş birliğinde olduğu nokta ise tasarım ve bilimin bir şekilde kesiştiği ve birbirinden yararlandığıdır (Boğa, 2013: 35).

2.1.2. Sürdürülebilir Bir Tasarım Yöntemi olarak Biyomimikri

Doğanın ürünleri ileri tasarım olarak görülürken yapay ürünleri tasarlayanların bu süreci araştırması kaçınılmazdır. Wahl’ın da belirttiği gibi tasarımcıların doğaya uzaktan bakan yerinin ve doğa hakkında öğrenme alışkanlığının değişip; doğanın bir parçası olarak, doğadan öğrenme alışkanlığını geliştirerek sosyal, kültürel ve ekolojik şartlar için daha sürdürülebilir ve sorumlu tasarımlar ortaya koymaları gerekiyor. John Todd’un 21. yüzyıldaki tasarım ile ilgili görüşü de bunu destekler şekildedir (Boğa, 2013: 37). Todd, Dünya’daki ekolojilerin insan sistemlerinin tasarımlarında uygulanması gereken bir dizi öğreti sakladığını öne sürmektedir (Wahl, 2006: 291).

Biyomimikri, genellikle insan tarafından tasarlanan ürünlerin, malzemelerin ve yapıları çevrenin sürdürülebilirliğini artırmak için bir araç olarak tanımlanmaktadır (Zari, 2007). Dolayısıyla biyomimikri destekli tasarım ölçütlerinin, tasarım sürecinde sadece morfolojik olarak değil sürdürülebilirlik anlamında da düşünülmesi ve doğanın

insanoğlunun varlığından çok önce elde ettiği çözümleri kullanmanın bu bağlamda temel ilke olarak kabul edilmesi esas alınmıştır. Biyomimikrinin kendine özgü yaşam ölçütleri, teknolojiye birçok tasarım ve girişime yön vermektedir. Bu yönlendirme temel ilkeler kapsamında tasarımın sürdürülebilir olmasını hedeflemektedir (Karabetça, 2018: 105).

Biyomimikri, doğal dünyamızda var olan yeniliğe yeniden bağlanmak kaydıyla, sürdürülebilir bir gelecek yaratmak için sayısız model sunmaktadır (Belletire, 2005: 26).

Biyomimikri, genellikle kapalı döngü, beşikten beşiğe ve sıfır atık olarak tanımlanan döngüsel ekonomi ile aynı anda tartışılmaktadır. Döngüsel ekonomi, kaynakları olabildiğince uzun süre kullanmak için tasarlanmıştır. Biyomimikri, bu fikirler için kilit bir faktördür (Galewyrick: 33-34).

Hawken, tasarımı, çevresel zararın önlenmesi için bütünleştirici bir kavram olarak tanımlamıştır. Aynı zamanda tasarımı birden fazla bakış açısına ve disipline dayanan karar alma ihtiyacı olarak ifade etmektedir. Hawken'e göre tasarım, ekolojik okuryazarlık bilgisinde, insani ihtiyaçların yerel, bölgesel ve küresel ölçekte doğal süreç tarafından belirlenen limitler dahilinde karşılanması için bütüncül bir çerçeve sunduğundan bahsetmektedir (Hawken, aktaran; Wahl, 2006: 291).

Karabetça (2018), "Biyomimikri Destekli Tasarım Ölçütleri İle Yenilikçi Mekanlar Yaratılması" adlı makalesinde;

"Bugüne dek ekolojik /sürdürülebilir, ekonomik ve estetik aynı zamanda yapısal olarak da bütünlüğü içeren tasarımlar genellikle tek başına ele alınmıştır. Ekolojik olup sürdürülebilir olmayan veya estetik ve ergonomik olup fonksiyonel olmayan örnekler mevcuttur. Bu yüzden doğa dostu bu yaklaşımların hepsinin sağlanabilmesi hedefi, biyomimetik tasarıma yönelime neden olmuştur. Bütün bunlar düşünüldüğünde biyomimetik tasarımın ergonomik, ekonomik, ekolojik, estetik, yapısal olarak güçlü ve dayanıklı aynı zamanda da fonksiyonel olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Biyomimikrinin temel ilkelerinden yola çıkarak, disiplinler arası çalışmaların ve bilgi aktarımının tasarımlarının ortaya konması için mutlak surette göz önünde bulundurulması gerekmektedir" şeklinde belirtmektedir (Karabetça, 2018: 108).

İnsanlar için limitler aşılması gereken tavanlar olarak algılanırken, doğa için limitler mevcut kaynaklarla uyum sağlanması gereken eşiklerden oluşmaktadır. Dünyadaki diğer canlıların, insanlar gibi, diğer canlı ve kaynakları kullanma olanağı olmadığı için doğa ile canlılar arasında limitlerle çizilen sınırlara dayanan uyum düzeni oluşmuştur (Benyus, 2002, aktaran; Aldemir, 2014: 7-8).

Genç biyomimetik disiplini, sürdürülebilir teknolojilere katkıda bulunabileceğini çoktan kanıtlamıştır. Enerji ve hammadde tüketim verimliliği, halihazırda mevcut materyallerin kullanımı, çok işlevlik vb. gibi doğal sentezlerin karakteristik özellikleri sentetik olarak daha fazla kopyalanır ve geliştirilirse üretim stratejilerinde sürdürülebilir gelişime doğru daha fazla hareket görülecektir (Rao, 2003: 673-674).

Wahl “Tasarım ve Doğa III” yazısında, 1970' lerde temel insan ihtiyaçlarını karşılamak için daha sürdürülebilir çözümler hakkında nasıl bilgi verebileceğini keşfetmeye çalışan, “Yeni Simya Enstitüsü” ‘nde ekoloji, biyoloji ve biyo-sibernetik sistemler üzerine araştırmalar yapan John Todd ve eşi Nancy Jack-Todd’un, ekolojik veya biyolojik bilgi içeren tasarım için yaptıkları ilkeler listesini aşağıdaki gibi vermektedir(Wahl, 2006: 293):

1. Yaşayan dünya tüm tasarımların temelidir.
2. Tasarım, yaşam yasalarına karşı değildir, onu takip etmelidir.
3. Biyolojik eşitlik tasarımı belirlemelidir.
4. Tasarım biyo-bölgeciliği yansıtmalıdır.
5. Projeler yenilenebilir enerji kaynaklarına dayandırılmalıdır.
6. Yaşam sistemlerinin entegrasyonu ile tasarım sürdürülebilir olmalıdır.
7. Tasarım, doğal dünya ile birlikte evrimsel olmalıdır.
8. Yapı ve tasarım, gezegenin iyileşmesine yardımcı olmalıdır.
9. Tasarım kutsal ekolojiyi takip etmelidir.
10. Herkes tasarımcıdır !

Bu süreç, tasarımcıların kaynakları korumalarına, çevrelerini korumalarına, insan ihtiyaçlarını karşılamalarına ve ekonomik değerler üretmelerine yardımcı olan stratejik bir yaklaşım içermektedir. Sürdürülebilir bir tasarım dünyası geleceğimizde görünse de, birçok işletme (Nike, Herman Miller, Steelcase ve benzeri) biyomimikri temelli tasarımlarını kısa vadeli gündemlerine yerleştirmektedirler (Belletire, 2005: 28).

2.1.3. Bir Yaratıcılık Süreci Olarak Biyomimikri

Tasarım, bir problem karşısında yanıt bulmak için birçok alana yönelmekte ve yaratıcılık süreci için çok çeşitli kaynaktan esinlenebilmektedir. Tasarım sorularının yanıtlarını bulabileceği birden fazla kaynak arasında doğa da vardır. Doğa, tasarım uygulamalarında yüzyıllardır güçlü bir esin kaynağı olmuştur ve zamanla gelişen teknoloji ile yöntem olarak daha bilimsel ve teknik açıdan ele alınmıştır. Biyomimikri, doğanın hangi bölümünün taklit etmek istendiğine bağlı olarak odaklanmayı sağlayıcı birçok soruyu sormamızı sağlar. Bir problem üzerinden yola çıkılan tasarımda veya doğadaki fark edilmiş bir özellikten esinle yapılan tasarımda, doğa bize yapısal, işlevsel ve süreç olarak farklı alanlarda öğrenebileceğimiz birçok yönden bakma olanağı sağlayan iyi bir yönlendiricidir.

Doğanın yapılaşmasında büyük rol oynayan bazı organizmaların inşaat becerileri ve izledikleri yolun, gelecekte ilham kaynağı olarak kullanılması biyomimikri ile gerçekleşecektir. Doğanın en önemli mimarlarından sayılan termitler, koloniler şeklinde yaşayan yamaç kırlangıçları, kunduzlar, malzeme ustası olan baştankaralar, keseli güveler ve bal arıları başta gelen örneklerdendir. Bu türler ve bunlara benzer yüzbinlerce organizma, insanoğlunun yüzleştiği yaşamsal sorunlara çareler bulabilmenin temelindeki ana kaynaklardan bazılarıdır (Karabetça, 2018: 107).

Mevcut biyomimetik teknolojilerin incelenmesiyle üç taklit seviyesi olduğu açıktır; *organizma*, *davranış* ve *ekosistem*. Organizma seviyesi, bir bitki veya hayvan gibi spesifik bir organizmaya karşılık gelir ve organizmanın bir kısmını veya tamamını taklit etmeyi içerebilir. İkinci seviye, davranışları taklit etme ve bir organizmanın nasıl

davrandığı anlamına gelmektedir. Üçüncü seviye ise bütün ekosistemlerin taklit edilmesidir (Zari, 2007: 33).

Aynı şekilde Benyus da her yaklaşımda ekosistem, davranış veya organizma düzeyinde biyomimikrinin üç farklı seviyede uygulanabilirliğini söylemektedir (Azadeh , 2012: 26).

Zari yukarıda geçen seviyelerin her birinde, taklit için beş olası boyutun olduğundan bahsetmektedir. Tasarım örneğinin neye benzediği (form), neyden (malzeme), nasıl yapıldığı (yapı), nasıl çalıştığı (süreç), veya ne yapabileceğinden (fonksiyonu) söz etmektedir (Zari, 2007).

2.1.3.1. Tasarımın Biçimsel ve Yapısal Olarak Kullanımı

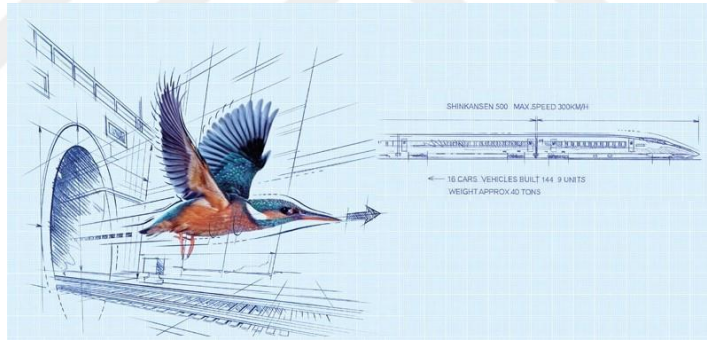
Bir biyomimikri tasarım sürecinde tasarımı etkileyen canlı formunun, tasarımda taklit edilmesidir. Biyolojinin gelişmediği dönemde tasarımcılar, deney ve gözlemin sonucu olarak ortaya tasarımlar koymuşlardır ki bu da yukarıda bahsedildiği üzere form taklidinden ileri gidememiştir. Birçok biyolog ve tasarımcı biyomimikri için doğadan esinlenerek yapılan bir tasarım taklidinin sadece morfolojik açıdan olamayacağı konusunda hem fikirdir. Biyomorfizm canlı organizmaların biçimlerini andıran veya öneren (Merriam-Webster) olarak açıklanmaktadır.

Kuday, biçimsel olarak kullanılan biyomimikrinin bir üründe tek başına kullanılmışsa bu, ürünün bir canlıdan esinlenerek tasarlanmış olduğunu belirttiğini ve canlıdaki şeklin ürüne aktarılmış olması, o ürünün, o canlının mekanizmasına sahip olması gerekmediğinden bahsetmektedir (Irmak, 2009: 48).

Biyomimikri yöntemi ile tasarlanan ürünlerin bazıları biçimsel taklit düzeyinde kalmış ve işlevsel olarak böyle bir özellik göstermezken; bazıları taklit edilen işlevden ötürü biçimsel olarak da benzetilmiş durumdadır. Buradaki durum, işlevi yerine getirme ve yapısal avantajları elde etme amaçlı biçimin taklit edilmesidir (Boğa, 2013: 39). Kültürel ve tarihi bağlamdan kopararak salt doğallıkla açıklanan form kavramı,

tasarım süreçlerinin baskın ögesi rolüyle güncel tasarım yaklaşımlarının odağı haline gelmiştir (Öztürk, 2015: 86). Aşağıda örnekleri verilen tasarımlar, doğal bir organizmanın biçimsel halinin taklit edilmesinin daha önce çözüme ulaşmamış bir soruna çözüm olmaları ile başarılı biyomimikri uygulamalarıdır.

Bir tren yüksek hızda dar bir tünele girdiğinde, yavaş yavaş gelgit dalgası gibi dalgalara dönüşen atmosferik basınç dalgaları oluşturur. Tren tünelden geçerken hava basıncı değişimiyle büyük bir gürültü çıkarma ve çeyrek mil uzaklıktaki sakinlerin şikâyetlerine sebebiyet vermektedir (Yıldız, 2012:30). West Japan Railway Şirketinin, Sanyo Shinkansen hattı treni için genç mühendislerden oluşan bir grup, Eiji Nakatsu başkanlığında; hava direncindeki ani değişiklikleri yöneten canlıları araştırmış ve avı için dirençli suya dalan ve bunu sıçramadan yapan yalıçapkını kuşu ile karşılaşmışlardır. Ekip, yalıçapkını kuşunun gagasının keskin kenarları ve aerodinamik biçiminden ilham alarak bir tren tasarımı yapmıştır (Görsel 22).



Görsel 22: Yalıçapkını kuşu ve Shinkansen Bullet treni

(<https://medium.com/türkiye> Erişim Tarihi: 06-06-2019)

Bu örnek, biçimin yapıyı oluşturduğu strüktür yapısına en uygun örneklerden biridir. Biçim yapısalı işleve yönelik tasarlanmış olup, bu biçimin aynı zamanda enerji kullanımını da azaltması doğadaki çözümlerden fikir alınmasının sürdürülebilirlik temelinde fayda sağlayacağı düşüncesini pekiştirmiştir (Yıldız, 2012:31).

Mercedes Benz markası tarafından, mercan resiflerinde yaşayan, büyük gövdesi ve altıgen iskelet yapısına rağmen, düşük sürtünme direnci gösteren, daha çok kutu

balığı olarak bilinen (ostracion cubicus) balıktan esinlenilerek, aerodinamik yapılı ve %20 yakıt tasarrufu sağlayan ve şimdiye kadar test edilmiş en düşük sürtünme katsayısına sahip olan bir aerodiamik araba tasarımı yapılmıştır. Ayrıca altıgen kemik yapısının arabanın iskeletinin yapımında kullanılmasıyla %40 daha sağlam bir yapı elde edilmiştir. Böylece kutu balığının aerodinamik biçimsel yapısı, bir ürün tasarımı da fayda sağlayan önemli bir faktör olmuştur (Görsel 23).



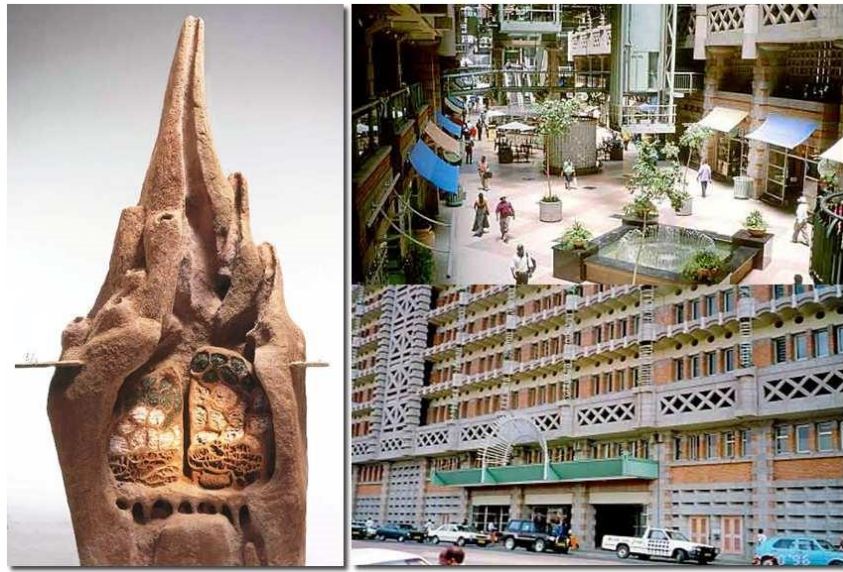
Görsel 23: Kutu balığından esinlenerek tasarlanmış aerodinamik araba
(<https://www.autotrader.ca/newsfeatures/20160309/10-cars-that-look-like-animals/> Erişim Tarihi: 10-06-2019)

Biçim ve yapının taklidine bir başka örnek ise termitlerin yuvalarından ilham alınarak yapılmış havalandırma sistemidir.

Beyaz karınca olarak da adlandırılan, bitki kökleri ile beslenen termitler, koloni halinde yaşamaktadırlar. Termitlerin yuvaları topraktan 3-4 metre yükseklikte olup toprak altında metrelerce devam eden karmaşık bir labirent dizilimine sahip kuleler şeklindedir. Termitlerin yuvaları biçim olarak bacalara benzerken duvarları delikli veya gözenekli yapılara sahiptir.

Gözleri gelişmemiş ve dolayısıyla görmeyen hayvanlar olmalarına rağmen termitlerin şaşırtıcı bir inşaat işçilikleri vardır. Ördükleri yüksek duvarlı yapıların havalandırma sistemleri kusursuzca işlemektedir. Bu devasa kulelerin sıcaklığı termitler

tarafından gece 1°C, gündüz de 40°C olan hava şartlarında 30°C’de tutulmaktadır. Termitler bu sıcaklığı kulenin ağzını açıp kapatarak sağlamaktadırlar (Kuday, 2009: 59). Mick Pearce, Zimbabwe’nin Harare kentinde, termit kulelerinin havalandırma sisteminden esinlenilerek, geleneksel sistemlere göre yüksek enerji verimliliğine sahip alışveriş ve iş merkezi olan Eastgate Centre’ı tasarlamıştır (Görsel 24).



Görsel 24: Termit kulelerinden esinlenilerek yapılan mimari yapı
(Kuday, 2009: 60)

Doğanın mekanizmalarını taklit etmek hayatımızın ve kullandığımız araçların iyileştirilmesi için oldukça fazla potansiyeller sunmaktadır. İnsanlar her zaman doğayı taklit etmek için çaba sarf etmişlerdir. Biyolojik yöntemleri, süreçleri ve sistemleri taklit etmenin çok daha kolaylaştığı gelişmişlik seviyelerine ulaşılmaktadır (Bar-Cohen, 2006: 36). Bilim ve teknolojinin gelişim hızı bize canlıların karmaşık olan icatlarını daha kolay algılamamızı ve tasarıma uyarlamamıza yardımcı olmaktadır. Robotik teknolojinin gelişimi ile ise canlıların adeta bir kopyası yapılabilir hale gelmiştir.

Robotik, her zaman bilgisayarlarının kısıtlamaları ile sınırlandırılmıştır, ancak bilgisayar teknolojisi gelişmeye devam ettikçe, daha geniş bir hareket aralığı için daha karmaşık hesaplamalar mümkün hale gelmektedir (WebEcoist). Alman mühendislik

firması Festo tarafından filin esnek borusundan esinlenerek Bionic Handling Assistant, yarasalardan esinlenilerek devlet gözetim cihazı geliştirilmeye çalışılmıştır.

Başka diğer bir örnek olarak yusufçuk böceğinin geriye katlanamayan kanatlarından ilham alınmış tasarım gösterilebilir. Bu böcekte uçuş kaslarının kanatların hareketinde kullanılma şekli diğer böcekler göre farklıdır. Bu özelliklerden dolayı, evrimciler yusufçukların “ilkel böcekler” olduğunu iddia etmişlerdir (Meridyen, 2012). “H5 Dragonfly” adlı Skorsky firmasının tasarladığı helikopterin tasarım kaynağı yusufçuk böceğidir. Skorsky firması yusufçuğun havadaki uçuş manevralarını inceleyerek böceğin uçuş mekanizmasını araştırmıştır (Genç, 2013: 32).

2.1.3.2. Tasarımın İşlevsel Olarak Kullanımı

Tasarımda fonksiyon, bir ürünün üretilme sebebi olan ihtiyaca veya amaca hizmet etmesidir. Doğadaki birçok formun hangi fonksiyona hizmet ettiği ya da o fonksiyonun hangi formla mümkün olduğu halen araştırılmaktadır. Neredeyse tüm canlıların biçim, mekanizma ve sistemlerinin mevcut şekilde olmasının sebebi vardır (Kuday, 2009: 50).

Fuller de, doğada dinamik, fonksiyonel ve sonuç ürünleri hafif olan bir teknoloji olduğunu iddia etmiş ve doğa yapıların en ideal verimlilikte olmasının insan yapımı strüktürler için önemli ipuçları barındırdığını söylemiştir (Fuller, 1969, aktaran; Selçuk, Sorguç, 2007: 454).

Doğada her organizmanın farklı dokuları, farklı fonksiyonlar için birer çözüm ifade ederler (Kın, 2007: 6). Bu yapılardan ilham alınarak morfolojik yapının sağladığı işlevsel fayda tasarıma aktarılmaktadır. İşlev, bir insanın ya da şeyin amacını yerine getirmek için doğal olarak yaptığı eylem (Oxford Sözlüğü, <https://en.oxforddictionaries.com/definition/function>, 14.04.2019) şeklinde tanımlanmaktadır. İlham alınan yapıdaki makro ve mikro düzeyde fayda sağlayabileceği düşünülen bir işlev, etken bir amaç olarak tasarıma entege edilebilir. Teknolojik gelişmeler bize salt gözle algılayamadığımız mikroskobik bir yapının bile nasıl işlediğini gözlemleyebilmemizi sağlamıştır.

Bazı okyanus canlıları, yapışkan proteinlerde bulunan benzersiz amino asitler yoluyla toksik kimyasal kullanmadan su altında sıkıca bağlanma özelliği göstermektedir. Özellikle mavi midye türü güçlü, esnek ve ipliğe benzer yapıdaki yapışma özelliği ile suyun altında sıkıca tutunma özelliği ile bilinmektedir (Görsel 20). Dr. Kaichang Li, rejenere selüloz lifleri ve soya proteininden yararlanarak deniz proteinlerine benzer, çok daha güçlü ve daha dayanıklı yapışma özelliği olan bir madde tasarlamıştır. Mavi midyeleri taklit ederek ahşap gibi sert maddelerin yapışmalarını kolaylaştıracak bu madde suya oldukça dayanıklıdır (Görsel 25).



Görsel 25: Mavi midyedeki yapışkanlık özelliği

(<https://wol.jw.org/tr/wol/d/r22/lp-tk/102016211> Erişim Tarihi: 14-04-2019)

Purebond® adı verilen bu yapıştırıcı, formaldehit içermemesi nedeniyle diğer ahşap yapıştırıcılarından farklıdır. Dünya Sağlık Örgütü tarafından olası bir kanserojen olarak tanımlanan formaldehit, cildi ve gözü tahriş edicidir. Mavi midyelerin kayalara yapışmasını taklit ederek üretilen Purebond®, yapıştırıcılar konusunda sağlık endişesini gidermiş gibi görünmektedir (<https://asknature.org/idea/the-land-institute-permaculture/#.XHLzi4gzbIX>, 24.02.2019)

Doğanın sürdürülebilirliğinden yararlanılarak bitkilerin fotosentez olayından ilham alınmış, güneş ve rüzgâr enerjisi ile çalışan otomobil tasarlanmıştır. SAIC ve GM firmalarının ortaklaşa geliştirdikleri bu otomobil, aracın tavanında bulunan solar paneller ile havadaki karbondioksiti emip oksijen salınımı yaparak güneş enerjisini

elektriğe çevirirken, tekerleklerdeki rüzgâr türbinleri ile de rüzgâr enerjisinden faydalanarak kendi enerjisini üretmektedir (Görsel 26).



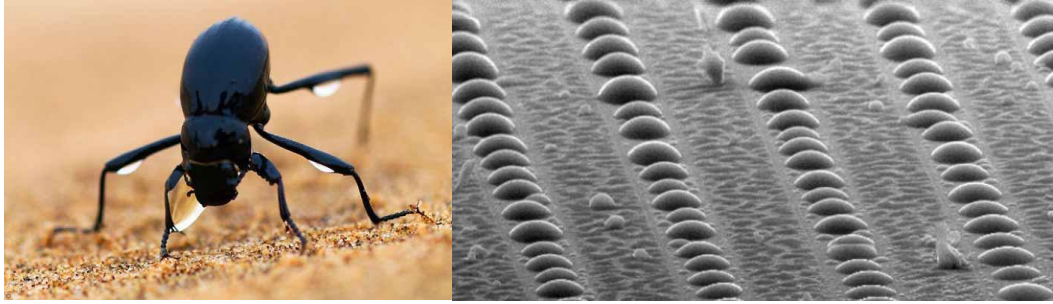
Görsel 26: Solar panelli fotosentez yapan Otomobil

(<http://makinemuhendisimiz.blogspot.com/2010/07/solar-panelli-fotosentez-yapan-otomobil.html> Erişim Tarihi: 14-04-2019)

Tasarımda incelenen ve taklit edilen en ilginç böceklerden biri Namibya böceğidir. Bu böcek nadiren yağış gören ıssız bir çölde yaşar (Maglic, 2014:13).

Namibya böceği, suyun yapışmasını sağlayan yumru uçları olan siğilli kanat örtülerine sahiptir. Bununla birlikte, yumruların geri kalanı, nano ölçekteki engebeli şekillerinden dolayı hidrofobiktir (Gonzales, 2011: 20). Namibya böceğindeki bu sistem, su ve nem için oluk görevi görmektedir. Kabukta toplanan su damlacıkları oluklarda su taneciği şeklinde oluşarak böceğin ağzına yönelmesinde yardımcı olur.

Matthew Parkes, bu böceğin yapısını bir hidroloji merkezi tasarlamak için kullanmıştır. Namibya, arazilerinin yalnızca yüzde birinin tarıma elverişli olması açısından dünyanın en kurak yerlerinden biridir. Sisten toplanan su damlacıklarını kullanılabilir suya dönüştürecek bir bina tasarımı için Namibya böceğindeki bu sistemden yararlanılmıştır (Maglic, 2014: 14), (Görsel 27).



Görsel 27: Namibya böceğinin su üretim hali ve kabuk dokusu

(<https://dusuneninsanlaricin.com/namib-bocegi-stenocara-hakkinda-bilmeniz-gereken-7-sey/> Erişim Tarihi: 20-04-2019)

2.1.3.3. Tasarımın Süreç Olarak Kullanımı

Doğal ekosistemleri taklit etmek derin veya bütüncül biyomimikri olarak tanımlanmaktadır. Bu görüş, doğanın her şeyi sistemin bir parçası olarak ele alıp, çevreye zarar vermeden üretmeyi başardığı tüm yolu (Volstad & Boks, 2008) ifade etmektedir. Bu biyomimikri seviyesinde tasarlamamanın bir avantajı da, diğer biyomimikri düzeyleriyle (organizma ve davranış) birlikte kullanılmasıdır (Zari, 2007).

Doğadaki formların oluşum ve gelişiminin incelenmesinde süreç nasıl önemli ise yapay formun üretiminde de sürecin ön plana çıktığı görülmektedir. “Biçimi üreten üslup değil sürecin kendisi olduğu zaman, Kolarevic’in dediği gibi biçim kavramı yerini biçimlenmeye, biçim yapma kavramı yerini biçim bulmaya bırakmaktadır (Turan, 2011:165).

Vincent yazısında biyomimikriye olan bu ilginin, canlı dünyasından sadece faydalı fikirlerin çıkarılmasına değil; aynı zamanda orada yaşanan süreçlere de bağlı olduğundan bahsetmektedir (Vincent, 2001: 52).

Doğanın işleyiş sürecini özellikle de evrimi tasarım süreci ile karşılaştıran, evrimden tasarıma aktarılabilecek özellikler arayan çalışmalar yapılmıştır (Boğa, 2013: 45).

Kalundborg Symbiosis, dünyanın ilk endüstriyel ortak yaşam alanını oluşturan bir eko-park örneği olarak ekosistem taklididir. Organizmalar arasındaki karşılıklı ilişkiden ilham alan sistem, bu prensibe göre tasarlanmıştır ve bir atık döngüsüne de sahiptir (Yıldırım, 2014: 16).

John ve Nancy Todd'un ekosistemlerdeki atık su arıtma işlemini taklit eden Yaşayan/Eko Makineleri buna örnek verilebilir. Avustralya'da geliştirilen Biolytix® sistemi, gi ve siyah suları arıtmak için solucanlar ve toprak mikroplarını taklit etmiştir (Zari, 2007).

2.2. BİYOMİMİKRİNİN TEKSTİL TASARIMINDAKİ YERİ

Tekstil, insanoğlu için ilk çağlardan bu yana vazgeçilmez koruyucu bir malzeme olmuştur. Hayvanların doğada bir başka hayvana veya dış etkilere karşı kendilerini koruyan derileri, tüyleri, pulları veya kabukları gibi birçok çeşitte katmanları bulunmaktadır. İlk çağda insanlar da ağaç kabukları, hayvan derileri ve tüylerden, derilerinin üzerine örtecek koruyucu malzemeler yapmıştır. Lifleri düzenleyip bunlardan bir yüzey oluşturabilen insan çevresinde bulunan doğal maddelerle bunları renklendirmeyi de başaramıştır.

Bilimsel araştırmalar, modern insanları istila eden bitlerin araştırılmasına dayanarak, insanların en az yüz yedi bin yıldır kıyafet giydiğini tahmin etmektedir. Bu nedenle, tekstil üretiminin kültürün çok eski ve ayrılmaz bir parçası olduğu düşünülmektedir (Ellison, 2013: 248). Zamanla giyim, kültür ve sosyal statünün bir ifadesi olmaya başlamıştır.

Doğal sistemlerin süreç, form ve işlevlerini taklit eden lifli tekstil malzemelerini tasarlamak için doğadan nasıl ilham alınabileceğinin keşfedilmesi gibi lifli yapıların doğası gereği hiyerarşik olduğunun bilinmesi de önemlidir. Aslında mevcut lifli malzemeler moleküler biyolojinin son derece etkili ve verimli çalışması olan rekombinant DNA ile ilgili çalışmalarla desteklenmiştir (Ellison, 2013: 253).

Hafif, daha sert ve daha güçlü liflerin peşinde koşma, Çin'de M.Ö 3000 yılına kadar uzanan ipeğin kuvvetini, inceliğini ve parlaklığını taklit eden bir malzemeyi sentezleme çabalarıyla başlamıştır (Kapsali, 2015: 86).

Tekstil ve giyim endüstrisinde biyo-esinlenmiş tasarım kavramı yeni değildir. Tekstil tarihinde ipek lifinin sentezlenmesi yani ilk suni elyaf olan rayonun üretimi ile giyim ve tekstil endüstrisinde benzeri bulunmayan bir devrim niteliğinde olan naylonun seri üretimi ve 1970'lerde doğal materyallerin artması ve sentetik liflerden yapılmış olan giysilerin gözden düşmesi tekstil teknolojisinin dönüm noktaları olarak kabul edilmektedir (Gök, Gürcüm, 2015:1273).

Biyomimikrinin tekstil tasarımı alanında gelişmesi, organik liflerin taklit edilme çabalarıyla ilerlemiştir. Tasarım ve bilimin iş birliği, biyoteknolojik gelişmeler, doğadaki bir canlının makro ve mikro düzeyde incelenebilmesini sağlamıştır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar da disiplinlerarası çalışmaları teşvik etmiştir.

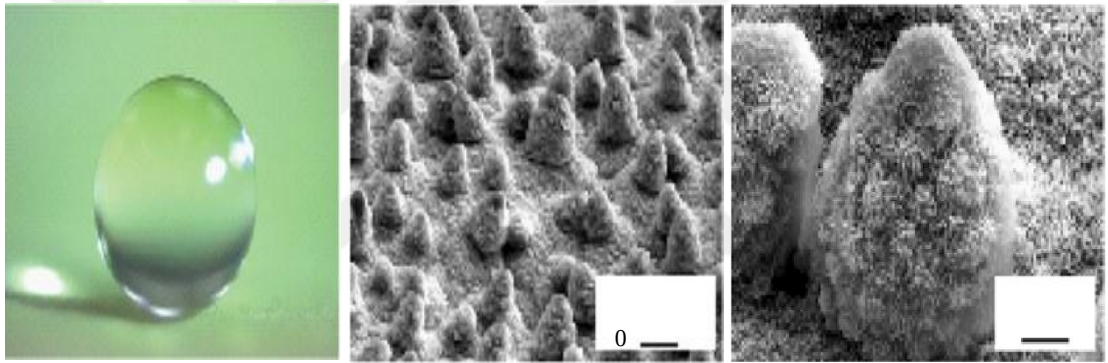
Birçok nedenden dolayı, tekstiller doğayı taklit etmek için eşsiz fırsatlar sunar. Her tekstil ürününün en küçük yapı taşları liflerdir ve bunların çoğu doğaldır. Birçok doğal fonksiyonel yüzey gibi, tekstil yüzeyleri onları işlevselleştirmek için muazzam olanaklar sunmaktadır. Bundan dolayı biyomimetikğin tekstil alanında kullanımı diğer alanlara göre daha geniş olanaklara sahiptir (Eadie, Ghosh, 2011: 762).

Lif kompozitleri, doğanın teknolojiye biyomimetik yansımasının klasik bir örneğidir. Kompozitlerin birçok prensibi doğada karşılığını bulur. Liflerin etkili yük taşıma özelliklerinin artırılması için kemikler, bitki gövdeleri ve odunlar taklit edilmişlerdir (Milwich, Speck, Stegmaier, vd. 2006: 1456).

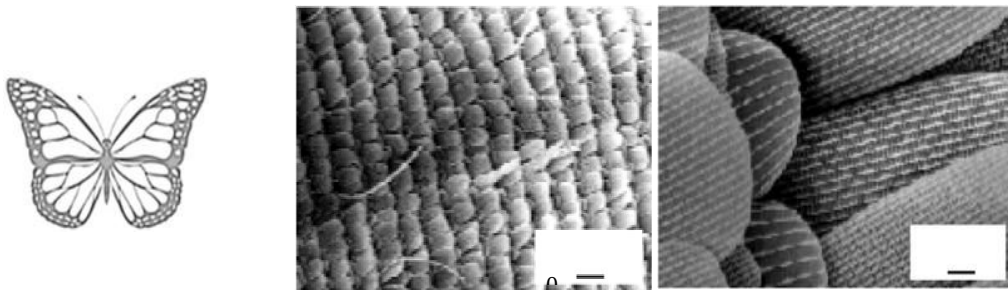
Temel olarak disiplinlerarası bir çalışmayı gerektiren bu yaklaşımda, bilim ve tekstil/giyim tasarım ortaklığıyla son zamanlarda oldukça yaratıcı ürünlerin üretildiği belirtiliyor (Gümüşer, 2017: 129).

2.2.1. Kendi Kendini Temizleyen ve Hidrofobik Yüzey

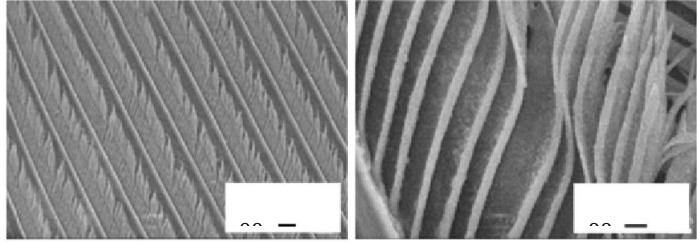
Kirlenme önleyici yöntemler dikkate alındığında, fiziksel ve kimyasal kontroller dahil olmak üzere doğa ve endüstride birçok strateji mevcuttur. Kirletici organizmaların karmaşık yapısı nedeniyle, doğa genellikle fiziksel ve kimyasal kontrollerin bir kombinasyonunu kullanır (Bixler, Bhushan, 2012: 2397). Araştırmalar, doğadaki birçok canlının kendiliğinden su itici yüzeylerle kaplı olduğunu ve tasarım içim öğrenebilecek birçok deneyimin bulunduğunu göstermektedir. Nilüfer yaprağı, kelebek kanadı, balık pulu, güvercin tüyü bunlardan yalnızca birkaçıdır (Görsel 28-32). Gelişen teknoloji sayesinde çok yakından incelenen bu yüzeyler tekstillerin su itici özelliklere sahip olmasında önemli rol oynamışlardır.



Görsel 28: Süperhidrofobik nilüfer yaprağı
(Bixler, Bhushan, 2012: 2399)

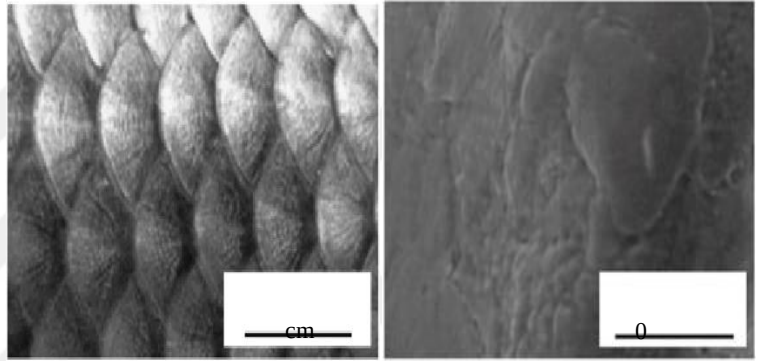
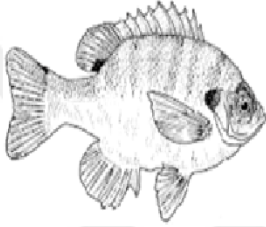


Görsel 29: Süperhidrofobik kelebek kanatları
(Bixler, Bhushan, 2012: 2399)



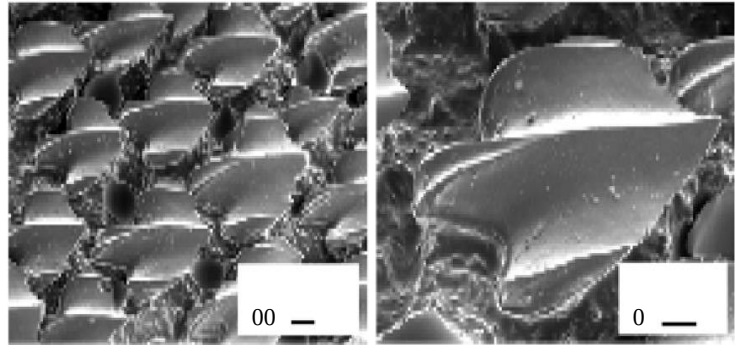
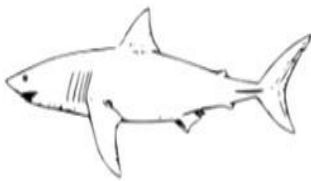
Görsel 30: Süperhidrofobik güvercin tüyleri

(Bixler, Bhushan, 2012: 2399)



Görsel 31: Süperhidrofobik balık pulları

(Bixler, Bhushan, 2012: 2399)



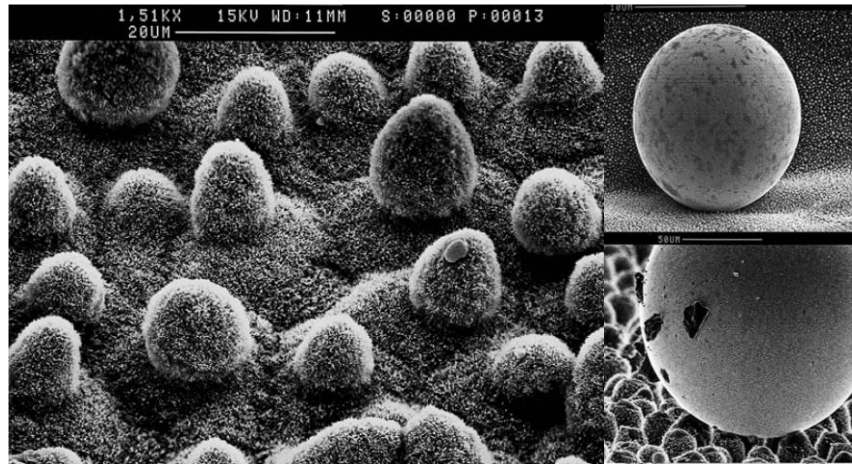
Görsel 32: Düşük sürtünmeli köpekbalığı yüzeyi

(Bixler, Bhushan, 2012: 2399)

Soyutlama, Biyomimetik tasarımda kilit bir noktadır. Doğal dünyada bir ilkenin tanımlanmasını, daha sonra onu teknik bir çözüme çevirmeyi veya yorumlamayı içerir. Bunun mükemmel bir örneği, lotus bitkisinden soyutlanmış, kendi kendini temizleyen “Lotus Efektine” dayanan ürünlerin tasarımıdır (Korecki,2008; 59).

Yıllardır bazı canlıların yüzeyleri örneğin; lotusun ve pirincin yaprakları, kelebek ve ağustos böceklerinin kanatları, sivrisineğin gözü, gül taç yaprakları ve geko kertenkelesinin ayağı, kendi kendini temizleme ve yüzeylerinde bulunan itme özelliklerinden dolayı araştırma konusu olmuşlardır (Guo, Taylor, 2011, aktaran; Canbolat, 2014: 90).

Bitkilerin yüzeyi, özellikle de yapraklarının dış katmanı, su itici özellik gösteren ince balmumu salgılarıyla kaplıdır. Bu ince fraktal yapılar, suyla kolayca çıkarılabilen kir parçacıklarının uzaklaştırılmasından sorumludur. Bu etki özellikle lotus bitkisinin yapraklarında belirgindir (Guber, 2011:30). Gözle görülebilir şekilde pürüzsüzken, daha yakından incelendiğinde nilüfer yaprağının, hem kire hem de sudan aşınmaya dayanıklı bir yüzeye sahip olduğu görülmektedir (Dondio, Karla (2018), “Biomimicry”, <http://karladondio.com.au/technology-features/biomimicry/> 22.12.2018).



Görsel 33: Lotus yaprağının SEM görüntüsü
(Guber, 2011:31)

Diğer ilginç bir yapı pirinç yaprağıdır. Pirinç yaprağı üzerinde, lotus yaprağına benzer şekilde yaprak yüzeyine paralel çıkıntılar bulunmaktadır. Bu ilginç yüzey morfolojisi, pirinç yaprağına süper su iticilik ve ıslanabilirlik sağlamaktadır (Görsel 33).

2.2.2. Sürtünme Azaltan Yüzey

Köpekbalıkları, uzun evrim geçmişleriyle, çevrelerine mükemmel bir uyum sergilemektedirler. 1980'lerde paleontolog Ernst Reif, köpekbalığından esinli sağlam bir yapı keşfetmiştir. Balığın derisindeki olukları, tüm vücut boyunca düzeni oluşturmak için birbirini tamamlar şekildedir (Guber, 2011: 32). (Görsel 30). Köpek balıklarının bu özellikleri suyun direncinin en aza indirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu sayede daha hızlı hareket edebilirler. Mikroskop altında incelendiğinde balığın derisinin şeritlerden oluştuğu ve bu şeritlerin dikey su girdapları ve spiralleri yaratarak suyun direncini azalttığını gözlemlenmiştir (Genç, 2013: 37).

Speedo köpekbalığı derisinden esinlenilerek yarış mayolarını tasarlamıştır. Fastskin'in ürettiği bu mayolar 2004 olimpiyatlarında, atletlerin kazanmalarına yardımcı olmuştur. Suyun akmasına yardımcı olmak için köpekbalığı derisindeki gibi küçük üçgen çıkıntılara sahip olan patentli bir tekstilden yapılan kıyafetler yarışmacılara hız kazandırmıştır (Harman, 2013: 93), (Görsel 34).



Görsel 34: Köpekbalığı derisi

(Aldemir, 2014: 10)

Sürtünmeyi azaltan yüzey yapısına sahip bir diğer canlı ise kum balığıdır. Kum balığı (*Scincus*) muhteşem adaptasyon yeteneği ile kumda yüzüyormuş gibi hareket edebilen bir canlıdır. Bu canlının derisi, düşük sürtünme ve yüksek aşınma direnci sergilemekte olup lif uygulamalarında buna benzer ne mikro ne de nano yapıda yüzeyler oluşturulamamıştır. Ancak şeker zincirlerinin tam kompozisyonu ve yapısı incelendiğinde bu yapıyla aynı özellikleri taşıyabileceği düşünülmektedir (Canbolat, Kılınç, Gürbüz 2014: 99).

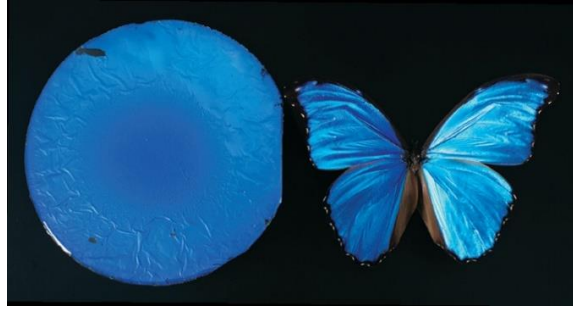
2.2.3. Fotonik Yüzey

Doğa, insana tükenmez bir zenginlik sağlar. Doğada ışığın kontrollü yayılımı renkli bir dünyaya yol açan şaşırtıcı bir çeşitlilik oluşturmaktadır (Swiegers, 2012: 293).

Bir hayvanın renklerinin oluşumunda iki temel ilke bulunmaktadır: Bir hayvan, rengini doğrudan pigmentler kullanarak üretebilir veya ışığı farklı dalga boylarına saçmak ve yapısal renk üretmek için mikro yapıları veya nano yapıları kullanabilir. Pigment rengi her zaman aynı görünür, ancak yapısal renk genellikle farklı açılardan baktığınızda tonu değiştiren yanardöner bir renk olarak ortaya çıkar (Kerstiens, Holly (2019).

Yapısal renk çalışmaları, bu terimin ilk olarak, 1665 yılında Robert Hooke tarafından yazılan “*Micrographia*” da geçmesiyle 17. Yüzyıla kadar uzanmaktadır. O zamandan beri kelebekler, güveler, böcekler, kuşlar ve balıklar gibi yapısal renklere sahip çeşitli organizmalardan söz edilmiştir (Matin, Leong, Majlis, 2010: 8).

Birçok canlı çeşitlerinde görebileceğimiz canlı ve parlak renkler yıllardır araştırma konusu olmuş ve taklit edilmiştir. Bu canlı ve parlak renkli yapılar ışığın kırılması sonucunda saçılmaktadır. Buna en güzel örnek Orta ve Güney Amerika’da yaşayan *Morpho* Kelebeği’dir (Görsel 35).



Görsel 35: Morpho Kelebeği

(<http://arsiv.mugckny.com/wp-content/uploads/2014/04/morpho.jpg> Erişim Tarihi: 15-04-2019)

Japon otomobil şirketi olan Nissan, dünyanın ilk Morpho rengini ürettiğini iddia etmiştir. Bu erime-eğirme yöntemi ile üretilmiş, berrak renk ve lüks bir metalik parlaklık sergilen, görüş açısı ile rengi değişebilen bir liftir. Pigment içermeyen bu lif tekstilde birçok uygulama alanı bulmuştur (Lakhtakia, Dushkina, 2013: 292).

Yapısal renklere sahip bir başka canlı ise parlak, yanardöner mavi rengi olan bir tür arıdır (Osmia), (Görsel 36).



Görsel 36: Osmia Arısı

(<https://asknature.org/strategy/microstructures-create-color/#.XLNC6OgzbiU> Erişim Tarihi: 14-04-2019)

Yapısal renk oluşumu tavus kuşunda da ortaya çıkmaktadır. Işık, tavus kuşu tüyü içindeki yapıların önüne ve arkasına yansıtılır, böylece belirli bir dalga boyu aralığındaki renk artırılır. Tavus kuşu tüyündeki renk üreten yapılar melanin olup bunlar fotonik kristal benzeri bir şekle sahiptir. Tek melanin silindirleri arasındaki mesafe tavus kuşu tüyünün ilgili bölgesindeki ana rengi belirler (Matin, Leong, Majlis, 2010: 10).(Görsel 37).



Görsel 37: Tavuskuşu tüyü ve melanin silindirleri

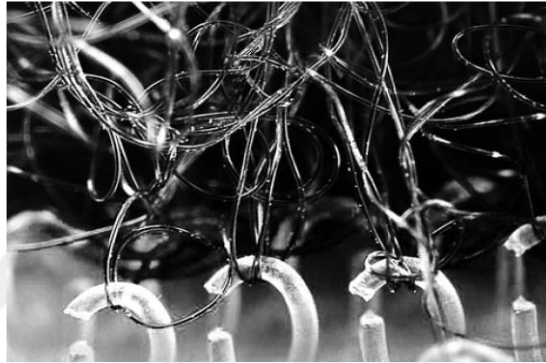
(<https://dusuneninsanlaricin.com/tavus-kusunun-kuyrugundaki-gizli-sinyal-hakkinda-bilmeniz-gereken-20-sey/> Erişim Tarihi: 20-04-2019)

Bir lif üreticisi olan Kuraray Corp., morpho kelebeğinin kanadındaki çıkıntı oluşumundan ilham alarak canlı renklerden oluşan ancak düşük yansıtıcılığa sahip bir poliester kumaş üretmiştir. Bu kumaş Diphorl olarak adlandırılmış ve dikdörtgen kesitli iki bileşenli poliester lifler kullanılarak üretilmiştir. Japonya'daki Teijin Fibers Ltd, morpho kelebek kanatlarının mikro yapısını taklit ettiğini ve yapısal renk ürettiğini öne sürerek “Morphotex” adlı bir lifin ticari üretimine başlamıştır (Eadie, Ghosh, 2011: 770).

2.2.4. Yapışma Özellikli Yüzey

Tekstil alanında biyomimetik yaklaşımla üretilen en bilinen örneklerden biri Velcro'dur. Bu malzeme, 1940' lı yıllarda geziye çıktığı sırada köpeğinin tüylerine yapışan pıtraklardan ilham alan George de Mestral tarafından tasarlanmıştır. Mestral, pıtrak dikenini mikroskopta incelediğinde yüzlerce çengelden oluştuğunu görmüştür.

Velcro aynı zamanda patentlenmiş biyomimikri tasarımlarında öncü tasarım olarak kabul edilmektedir. Zamanla geliştirilen bu ürün, 1955 yılında, 'VELCRO ®' olarak pazara girmiştir (Gonzales, 2011:10). Günümüzde “cırt cırt” bant olarak bilinen bu ürün başta tekstil olmak üzere birçok alanda yaygın kullanıma sahiptir (Görsel 38).



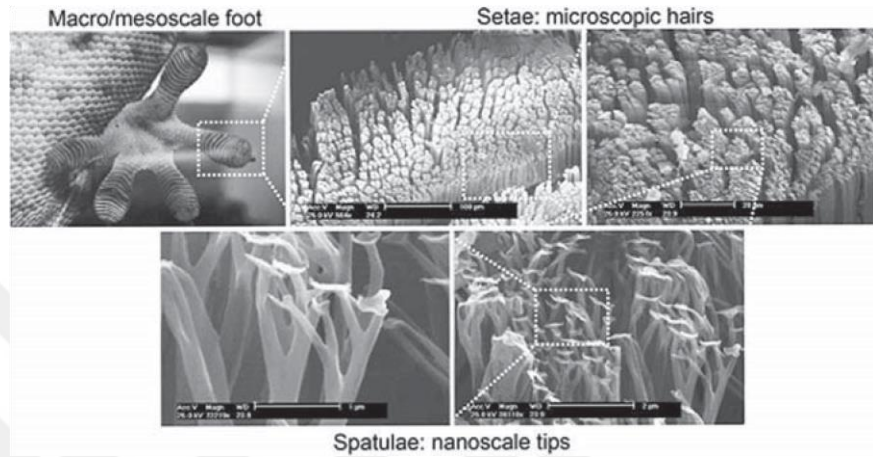
Görsel 38: Velcro'nun Mikroskop görüntüsü
(Guber, 2011: 33)

Doğada bulunan bağlanma / kopma ve geri dönüşümlü yapışma özellikleri bazen bilinen özelliklerden farklı olabilmektedir. Kimyasal yapıştırıcıların ve geleneksel basınca duyarlı bantların aksine, biyolojik yapışkan yüzeyler, yüksek dayanıklılık, kendi kendini temizleme, hatta geri dönüşümlü yapışma özellikleri gösterebilmektedirler (Xia, 2016: 103).

Doğa tarafından sağlanan bu çözümlerden bazıları, olağanüstü sonuçlar elde etmek için insanlara ilham kaynağı olmuştur. Örneğin, bir gekonun ayak kıllarını taklit eden yapay kuru yapışkanlar, gekonun elde edebileceğinden 10 kat daha güçlü bir tutunma göstermiştir. Ayrıca bu malzemenin altıgen peteklerinin dayanıklılığı ve gücü, uçak ve diğer uygulamalarda kullanılan hafif yapılar için bunların benimsenmesine yol açmıştır (Zhenhai Xia, 2016, 1).

Geko'nun ayağının benzersiz yapısı yapışma özelliği göstermektedir. Geko'nun kuru yapışkan yüzey özelliği, bir asırdan fazla bir zamandır tartışma konusu olmuştur.

Bunun için, vantuz, kılcal adezyon, sürtünme, elektrostatik çekim, mikro kilitleme ve Van der Waals kuvvetleri kavramlarını içeren birçok farklı mekanizma önerilmiştir (Zhu & Gu, 2012.252), (Görsel 39).



Görsel 39: Çok ölçekli kombine geko ayak kılları

(Zhu, Gu, 2012:253)

Tasarım alanlarını etkisi altına alan Geko kertenkelesinin kuru yapışkan özelliği özellikle tekstil alanında geliştirilmeye çok açık bir biyomimikri uygulamasıdır. Örneğin Création Baumann, 2007'den beri GECKO ile dünya çapında benzersiz bir ürün hizmeti sunmaktadır. GECKO, yapışkan özelliği olan, UV ışınlarına dayanıklı ve temizlenmesi kolay silikon kaplamalı tekstil ürünleri üretmektedir (Création Baumann), (Görsel 40). Aynı şekilde RUDOLF GOUPS' un tekstil kaplama bölümü de bir süredir çalışmalarını doğaya yönlendirmiştir. Böylece, kertenkelelerin özelliklerini taklit eden tekstil yüzeyleri için yeni bir yapıştırıcı sistemi geliştirmeyi başarmışlardır. Pürüzsüz yüzeylere yapışmak birçok tekstil için önemli bir zorluktur. İyi bilinen GECKO-FINISH RUDOLF®, kumaşların kendi ağırlığını aşacak kadar ağır olan cam, metal veya vernikli yüzeylere yapışmasını sağlayacak özellik katmaktadır (<https://www.rudolf.de/en/technology/gecko-finish-rudolfr/> Erişim Tarihi: 20-04-2019).



Görsel 40: GECKO silikon yüzeyli tekstil
(Création Baumann)

Kuru yapışma özelliğine yönelik bu yaklaşım dikkat çekmiş, Massachusetts Amherst Üniversitesi'nden Gecko derisinin ve Stanford Üniversitesi'nden Gecko bandının üretilmesi gibi iki yeni gelişme ile sonuçlanmıştır. İtalya'daki Politecnico di Torino'dan Profesör Nicola Pugno, bu prensibe dayanan, yetişkin bir erkeğin ağırlığını taşıyabilecek, prototip eldiven ve ayakkabı tipi cihazları başarıyla üretmiştir (Kapsali, 2015: 88).

2.2.5. UV Koruyucu Yüzey

Ultraviyole ışınlarının gizemlerini, özelliklerini ve çeşitli canlılar üzerindeki etkilerini çözmek, on yedinci yüzyıldan itibaren neredeyse üç yüzyıl süren kademeli bir süreç olmuştur. Geniş yüzey özellikleri ile tekstil malzemeleri, ışık ve diğer çevresel faktörlerden etkilenmeye karşı hassastır (Saravanan, 2007: 53-55). Özellikle UV ışınları tekstil malzemesinin bozulmasında ana nedenlerinden biridir. Birçok araştırmacı tekstil malzemesinin UV ışınlarına karşı olan koruyuculuğunu arttırmak için çalışmaktadır. Kumaşların UV geçirgenliğine karşı koruyuculuğunu iyileştirmek için tekstil malzemesinin lif, iplik, yüzey gibi fiziksel özelliklerinden, terbiye ve bitim işlemlerine kadar birçok faktör üzerinde çalışılmaktadır.

Güneş ışınlarının zararlı etkilerinden korunmanın en iyi yolu cildi örten giysilerdir. Bunun yanı sıra tekstil malzemesini UV ışınlarına karşı iyileştirme çalışmaları sürmektedir. İnsanlar ışınlardan korumak için ilk olarak doğaya bakmışlardır ve doğada bunu kendi kürkü veya cildindeki pigmentle ile yapan canlılar bulunmaktadır.

Tekstilde UV koruyucu amaçlı kıyafetlerin ortaya çıkışı ayı kürkünün UV koruma özelliğinden yararlanılarak oluşturulmaya çalışılmıştır. Kutup ayısı kürkü üzerine gelen UV ışınlarını deriye geçirmeyen, ışınları soğuran ve ısı kaybını engelleyen mekanizmaya sahiptir. Tekstil sektöründe kutup ayısının çalışma mekanizmasından esinlenilerek yapılan yarı saydam silikon kaplama uygulamalarına rastlanmaktadır (Wang,2011, aktaran; Canbolat, 2014: 103).

Kürk ve kıllara ayrıntılı olarak bakan bilim insanları, kutup ayısının kıllarının neredeyse şeffaf olup içinde köpüğe benzer içi boş bir yapının olduğunu görmüşlerdir. Su tutmayan bu içi boş kılların arasında yakalanan hava da bunların çok yalıtkan olmasına yol açmaktadır (Stegmaier, Linke, Planck, 2009: 1751).

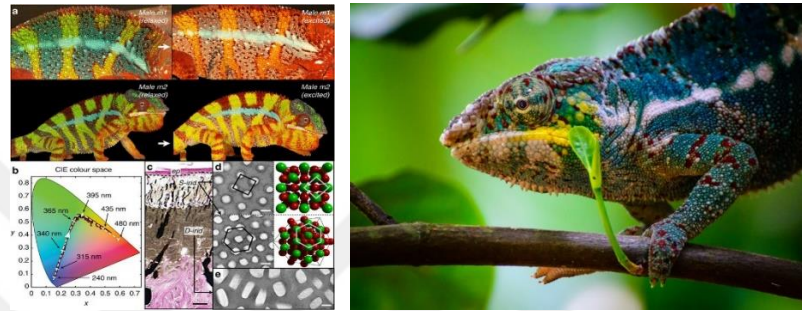
2.2.6. Kamuflaj Yüzey

Doğada çeşitli parlak renkler olmasına rağmen, bu renkler her zaman statik değildir. Doğada çok sayıda ayarlanabilir renk örneği vardır. Balıklar, böcekler ve amfibiler gibi birçok hayvan türü kendilerini çevredeki ortama adapte etmek için dış uyarılara karşı cevap olarak vücut rengini değiştirebilir. Örneğin, bukalemunlar, farklı renkteki kromoforların emilim etkinliğini ayarlayabilirler (Zhu, Gu, 2012: 308).

Bukalemunların gösterebileceği renk çeşitliliği, pigmentlerin ve yapısal renklerin bir kombinasyonu ile üretilmektedir. Bukalemun derisi, cilt içinde katmanlar halinde düzenlenmiş farklı tipte kromatofor hücreler içerir. Derinin üst tabakası sarı ve kırmızı pigmentli hücreler içerirken, alt tabakalar siyah veya kahverengi görünen koyu melanin pigmentli hücreler içermektedir. Sarı ve kırmızı kromatoforların hemen altında,

yapısal renk üreten iridoforlar adı verilen bir hücre tabakası bulunmaktadır (AskNature Ekibi, 2017), (Görsel 41).

Kendilerini kamufle etmek için cildinin rengini ve şeklini değiştirme yeteneğine sahip bir başka hayvan da ahtapot ailesinden sefalopod'dur.



Görsel 41: Bukalemun ve renk değişiminin analiz edilmesi

(<https://asknature.org/strategy/skin-changes-color-2/> Erişim Tarihi: 23-04-2019)

Bugün hem avcılar hem de askerler tarafından giyilen kamuflaj kıyafetleri, hayvan derilerinin biyomimetik torunlarıdır (Lakhtakia, 2015: 1). II. Dünya Savaşı'nda, zoolog Hugh Cott (1938), İngiliz ordusunun kamuflaj tekniklerini geliştirmesinde etkili olmuştur. Modern askeri üniformalar ve silahlar, personelin faaliyet gösterdiği alandaki arka plan renkleri ile eşleştirilerek onların en az görünür hale gelmesini sağlayacak şekilde renklendirilmiştir (Bar-Cohen, 2006: 16).

Birçok bilim insanı, araştırmacı ve akademisyen yüksek kaliteli moda için renk değiştiren kumaşlar, duvar kağıtları ve sıcaklığa duyarlı boya ve değişen desenler üzerine çalışmalar yapmaktadır.

Kamuflaj, özellikle askeri alanda kullanılan önemli bir koruyucu tekstil alanıdır. Uzak bir mesafeden gözlenen kişilerin veya büyük makinelerin gizlenmesini sağlayarak saldırıyı önleyebilir. Bu tür teknolojilerle ilgili en önemli bir sınırlama ise malzemenin

belirli ortamlar için uygun hale getirilirken desen ve rengin değişmeden kalmasıdır (Kapsali, 2015: 88).

Rus Savunma Bakanlığı'nın isteği üzerine, Tekhnomash Merkez Teknoloji Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilen çevrenin rengine uyum sağlayan, elektrikle kontrol edilebilen kamuflaj giysilerinin bir prototipi 2018 Uluslararası Askeri ve Teknik Forumu'nda tanıtılmıştır (<https://www.star.com.tr/teknoloji/renk-degistiren-kamuflaj-malzemesi-uretime-basliyor-haber-1431417/>).

2.2.7. Koza Etkisi

Akıllı giysiler değişen hava koşullarına uyum sağlamaktadırlar. Vücut ısı arttıkça, kumaştaki ufak açıklıklar ortaya çıkarak hava sirkülasyonunu sağlamakta vücut ısı düşüncü tekrar kapanmaktadırlar. Akıllı giysilerin bu özelliği çam kozalağından ilham alınmıştır. Çam kozalağı ağaçtan düştükten sonra kuruyarak açılmakta ve tohumlarını bırakmaktadır. Dış kabuklar sert liflere sahip iki katmandan oluşmakta ve farklı yönlerde uzanabilmektedir. Kozalak yere düşüncü dıştaki lif içteki liften daha fazla küçülerek kabuğun eğilmesini sağlıyor ve böylece içteki tohum ortaya çıkıyor (Yıldız, 2012: 39). Koza etkisine sahip kumaşların çalışmaları ise biyometalik özellik ile sağlanır. İki farklı malzemenin genleşme katsayıları farklılık gösterir. Genleşme katsayısı farklılıkları kumaş içerisinde bulunan malzemelerin ısı ve nem altında farklı genleşmelerine sebep olur. Farklı seviyedeki genleşmeler de kumaşın hava geçirgenliğini artırır ve konfor artar (Canbolat, Kılınç, Gürbüz, 2014: 104).

Dawson (1997), yüksek nem konsantrasyonlarında hava geçirgenliğini artıran, çam kozalağı mekanizması prensiplerine dayanan bir tekstil sistemi oluşturmuştur. Kompozit tekstil, gözeneksiz poliüretan bir zar üzerine lamine edilmiş hafif bir sentetik dokuma yapı kullanılarak oluşturulmuştur. Bağlı nemdeki artış poliüretan filmin şişmesine neden olur; Sonuç olarak, kesikler tarafından oluşturulan kumaşın gevşek kısımları geri kıvrılarak, tekstil sisteminin hava geçirgenliğini artırır (Kapsali, 2009: 95), (Görsel 42).



Görsel 42 : Çam kozalağından esinlenilerek yapılmış kompozit tekstil yüzeyi
(Kapsali, 2009: 60)

Nike, tekstil/membran sistemi kullanmayan ancak farklı şişme özelliklerine sahip iki kat örme veya dokuma kumaş tabakası içeren katmanlı kompozit sistemi geliştirmiştir. 2006 ABD Açık Tenis Turnuvası sırasında Maria Sharapova bu aktif tekstil sistemini içeren tenis elbisesini giymiştir (Kapsali, 2009: 95), (Görsel 43).



Görsel 43: Maria Sharapova, ABD Açık Tenis Turnuvası, 2006
(Kapsali, 2009: 95)

2.2.8 Salgı Lifleri

Tüm örümcekler ve birkaç böcek ve sayısız tür, avlanma, habitat yapımı ve yumurtalarının korunması gibi bir veya daha fazla temel fonksiyon için ipeğe bağlıdır. Genellikle, ipekten yararlanan organizma aynı zamanda ipeğin üreticisidir. Doğal ipek

lifinin moleküler düzenini ve mekanik özelliklerini kopyalamaya yönelik yaygın girişimler, bu malzemenin doğada nasıl kullanıldığının gözlenmesi ve standart mukavemet testlerinde ortalama mukavemet ve sertliğin ölçülmesiyle desteklenmiştir (Reed, Klumb, Koobation vd. 2009: 1577).

Çetinaya (2013) Doğadan Bilime Yeni Bir İlham: Örümcek Ağları adlı yazında;

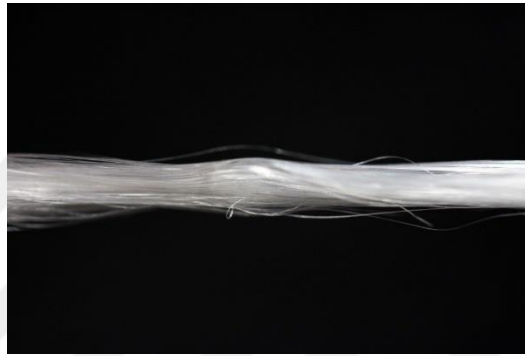
“İpek böceklerinin ürettikleri ipek ile örümcek ağları arasında yapısal olarak yakın bir akrabalık olduğu bilinmektedir. İpeğin örümcek ağına kıyasla biraz daha güçsüz olmasına rağmen gösterdiği mekanik özellikler yine de azımsanamayacak kadar dikkat çekicidir. Eğer örümceklerden de ipek böceklerinden elde edilebilen randımanda ağ üretebilseydi şu anda ipekle birlikte örümcek ağından da giysiler dokunuyor olabilirdi. Doğal yollarla elde edilmiş örümcek ağından dokunmuş bilinen en büyük kumaş 2009 da Madagaskar’da üretilmiştir. Kumaş 3,4 m x 1,2 m boyutunda ve seksen iki kişinin dört yıllık gayreti sonucu toplanan bir milyon örümcekten elde edilmiştir” şeklinde belirtmiştir (Çetinkaya, 2013), (Görsel 44).



Görsel 44: Örümcek ağından dokunmuş kumaş parçası, 2009
(Çetinkaya, 2013)

Oxford Üniversitesi’nde, Oxford İpek gubunun öncülüğünü yapan Prof. Vollroth’un örümcekler ve ipek üretimi konusundaki yeni gelişmelerin, örümceklerin olağanüstü bir yeteneğe sahip olduklarını gösterdiklerini belirtmiştir (Kapsali, 2015: 86).

Örümcek lifi, süper güçlü ve sert malzemelerin biyomimetik tasarımı için mükemmel bir prototipi temsil etmektedir (Xia, 2016: 23). Göreceli inceliklerinden dolayı örümcek ağları yumuşak bir malzeme gibi durmaktadır. Üstelik birçok ağ çeşidi aynı kalınlıktaki çelik bir tel kadar güçlüdür ama bunun üstüne çelikle kıyaslanamayacak bir esnekliğe sahiptir. Öyle ki örümcek ağları kurşun geçirmez yeleklerde kullanılan Kevlar adlı sentetik malzemeden 10 kat fazlaya kadar darbe emebilir (Çetinkaya, 2013), (Görsel 45).



Görsel 45: İlk yapay örümcek ağı
(Çetinkaya, 2013)

Nanoteknolojideki son gelişmeler, ince, sürekli ve son derece güçlü olan liflerin üretilmesi için bir umut vermiştir. Bu amaçla, yüksek elektrik alanlarındaki polimer çözeltilerinden ve erimelerinden 2 mm çapında lif üretilmesine izin veren bir elektro lif çekim tekniği geliştirilmiştir (Bar-Cohen, 2006: 21).

3.BÖLÜM

PROJE KAPSAMINDA TASARIM UYGULAMALARI

3.1. PROJENİN AMACI

Yeni bir bilim dalı olarak biyomimikri, bir problemi ele alış biçiminde doğadaki biyolojik çeşitlilik ve bunların kendine özgü durumlarını inceleyerek, tasarlamak istenilen ürün için gerekli bilgi birikimi edinmeyi ifade eder. Dünya nüfusunun hızla artışı kaynakların gittikçe yetersiz kalmasına neden olmuştur. Değişen bu dengeye uyum sağlamak için toplumlar sürdürülebilir doğal çözümler üretmeye yönelmişlerdir. Doğanın ileri tasarım yeteneğiyle elde ettiği çözümleri kullanmak biyomimikrinin temel ilkesidir.

Yaratıcı bir tasarım sürecinde doğa, her zaman önemli bir çıkış noktasıdır. Doğa, bir problemi çözerken en pratik yolu seçmekte ve bunu yaparken hiçbir şeyi boşa harcamamaktadır. Doğadaki bu dönüştürülebilirlik, problemlere sürdürülebilir çözüm yolları arayışlarında en iyi kılavuzdur. Bir bilim dalı olan biyomimikri, doğal dünyanın rehberliğinde, biyolojik çeşitliliğin yapı, işlev ve süreç seviyelerine bakarak ekolojik tasarımlar ortaya koymaktadır.

3.2. PROJENİN ÇIKIŞ NOKTASI

Bir proje tasarlariken ilham alınacak birçok çıkış noktasından biri de doğadır. Biyomimikri, doğanın hangi açıdan ilham alınacağı konusuna odaklanmaya yardımcı olacak birçok soruyu sormayı içermektedir. Bir problem üzerinden yola çıkılarak veya doğadaki fark edilmiş bir özellikten esinlenilerek yapılan tasarımda, çözüm için yapısal, işlevsel ve süreç açısından farklı yaklaşımlar olabilir. İlk önceleri form olarak ilham olan doğa, gelişen teknoloji ile daha fazla keşfedildikçe makro ve mikro düzeyde birçok açıdan taklit edilebilmektedir.

Biyomimikride tasarım örneğinin neye benzediği, neyden, nasıl yapıldığı, nasıl çalıştığı veya bununla ne yapabileceği doğadan örneklemeler yoluyla ele alınmaktadır. Tasarım sürecinde, problemin doğadaki yanıtları bu biyomimikri seviyelerinin vereceği cevaplarla şekillenmektedir.

Bu projede yukarıda aktarılan biyomimikri taklit seviyelerinden yola çıkılarak bir canlının biyolojik özelliği tasarıma ilham kaynağı olmuştur. Farklı pH değerlerinde farklı renk tonunda çiçek veren ortanca (*Hydrangea macrophylla*) tasarımın çıkış noktasını oluşturmaktadır. Bu bitkinin morfolojik yapısı, topraktaki pH değeri ile yapraklarındaki rengi belirlemesi projenin biyomimikri yaklaşımını belirlemiştir.

Ortanca (*Hydrangea macrophylla*) çiçeğinin yapraklarındaki renk değişimini sağlayan etken faktör toprağın pH değeridir. Çiçek, renk değişimini ise içeriğinde bulunan doğal bir pigment olan antosiyanin ile sağlamaktadır. Ortanca çiçeği bu özelliğinden dolayı doğal bir pH indikatörü olarak bilinmektedir (Çelebi, Bulut, Ordueri, tarihsiz). Suda kolay çözünebilen, pH, sıcaklık, ışık ve oksijenden kolay etkilenen bir pigment olarak antosiyanin, uzun zamandır araştırmaların konusu olmuştur. Bu çalışmada pH etkisiyle farklı davranış gösteren antosiyanin pigmenti boyamalarda kullanılarak farklı renk tonlarında, giyilebilir sanat kapsamında giysiler oluşturulmuştur.

3.2.1. Doğal Bir Ph İndikatörü Olarak Ortanca Çiçeği

Çözeltinin pH değerine bağlı olarak renk değiştiren kompleks yapıdaki organik bileşiklere indikatör denir. Gözümüzle görebildiğimiz asit-baz indikatörleri, zayıf asit ve konjuge baz yapıdadırlar. Çiçek ve yaprak pigmentleri çoğunlukla bu tanıma uyarlar (Çelebi, Bulut, Ordueri, tarihsiz).

Ortancalar doğal indikatörler içinde pH değişiminin en belirgin gözlenebildiği çiçek türüdür (Tablo: 1). Asidik ortamda yetiştirildiğinde mavi ve mavinin tonlarında çiçek açan ortancalar, bazik ortamlarda pembe ve pembe tonlarında çiçek açarlar. pH değeri 7 ve üzeri olan ortamlarda ortancalardan mavi ve tonlarında çiçek elde edilemez (asit.gen.tr, 2018), (Görsel 46).

Tablo 1: Doğal pH-indikatörleri (Pakolpakçıl, 2013: 19)

İndikatör	Asidik	Bazik
Ortanca Çiçeği	Mavi	Pembe - Mor
Antosiyanin	Kırmızı	Mavi
Turnusol (Litmus)	Kırmızı	Mavi

**Görsel 46:** pH indikatörü olarak Hydrangea macrophylla çiçeği
(<https://www.espoma.com/learn-gow/gardening-projects/hydrangeas-tr>)

Bitkilerde gerçek bir mavi pigment bulunmamaktadır. Mavi çiçekler elde etmenin yolu ise kırmızı antosiyanin pigmentleridir (<https://www.nekolik.com>). Bu bitkilerin, önemli özelliklerinden biri olan mavi renkli çiçekler, bazı özel şartlarda maviye geçme kabiliyetindeki delphidine grubu antosiyanin içeren pembe renkli varyetelerden elde edilir (Boztok, 2002: 28).

Hydrangea macrophylla türü dış mekanda kolayca yetiştirilen ortancaların orijinini oluşturmaktadır. Thunberg adlı doğa bilimcisi tarafından bir Japon bahçesinde ilk kez bulunmasından sonra H. macrophylla normallis adı ile tanınmıştır (Boztok, 2002: 26). Ortanca (Hydrangea macrophylla) anavatanı Japonya olup Hydrangea ve Hortensia adında da telaffuz edilmektedir. Güney ve Doğu Asya'da (Çin, Japonya, Kore, Himalayalar ve Endonezya) yaygın olarak görülmektedir (Sağır, 2018).

Hydrangea macrophylla çiçeğinin sadece çanak yaprakları vardır. Yetiştirme koşullarına veya nakledilmesine bağlı olarak renklerinin, kolayca değiştiği bilinmektedir (Ito, Shinkai, Kato, vd. 2009: 1054).

Kırmızıdan maviye doğru değişen çiçek renkleri çoğunlukla antosiyaninler tarafından üretilir. Bu bulgu ise çiçek rengi değişimi hakkında bir merak konusu olmuştur ve o zamandan beri çiçek rengine özel atıfta bulunan antosiyanin pigmentleri üzerine birçok araştırma yapılmıştır (Takeda, 2006: 142).

Bununla birlikte, ortanca bitkisinde mavi renge sahip olmasını sağlayan en önemli diğer etmen ortamdaki alüminyum konsantrasyonudur. Alüminyum elementi yapraklardaki antosiyanin pigmentinin maviye dönüşmesini teşvik etmektedir. Ayrıca hücrelerdeki pH değişimlerinin önüne geçerek, çiçekteki maviliği kalıcı hale getirmektedir (Adıgüzel, 2018: 6). Günümüzdeki üretiminde, mavi çiçekli bitkileri elde etmek için yüksek asidik bir yetiştirme ortamı ile birleştirilmiş suda çözünür alüminyum sülfat kullanılmaktadır (Edziak, 2015: 4)

3.2.2. Antosiyanin Boyar maddesi

İnsanlar tarafından algılanan bitki rengini oluşturan maddeler "pigmentler" olarak bilinmektedir. Bunlardan biri olan antosiyanin, turuncu, kırmızı, mavi ve mor gibi farklı renkleri ifade edebilen doğal pigmentlerden biridir (Hariri, 2013: 269). Yunanca'dan anthos; bir çiçek ve kyanos; koyu mavi anlamına gelen sözcüklerin birleşmesiyle oluşan antosiyaninler kimyasal olarak flavan'a benzer flavonoidlerdir (Deveoğlu, Karadağ, 2011 25).

Antosiyanin deyimi ilk kez 1835 yılında kullanılmış olsa da bu maddelerin pH indikatörü olduğu 1664 yılından beri bilinmektedir (Keleş, 2015:19). Bitki aleminde suda çözünebilen en yaygın pigmentlerdir. Antosiyaninler benzer olarak bitki aleminde yaygın olarak bulunan, antioksidant, hepatoprotektant, UV-ışığa karşı koruyucu, antibakteriyel ve antikanserojen gibi çok farklı biyolojik etkiye sahiptirler (Çimen, 2013: 7).

E163 kodu ile bilinen antosiyaninler, suda iyi çözünebilen ve birçok meyveye, sebzeye ve çiçeğe mavi, kırmızı ve mor renklerini veren pigmentlerdir. Üzüm, kırmızı ve siyah frenk üzümü, ahududu, çilek, elma, vişne, kırmızı lahana ve nar antosiyanin içeren kaynaklar arasındadırlar (Çimen, 2013: 9). Antosiyaninler hemen hemen her meyvede daima az veya çok miktarda bulunmaktadır. Bazı tahıl ve baklagillerde, kök ve yumru başta olmak üzere çeşitli sebzelerin içeriğinde de antosiyanin mevcuttur (Kırca, 2004: 13).

Genellikle çiçek rengi ile biriktirdikleri baskın antosiyanin tipi arasında sıkı bir ilişki vardır. Turuncu ve pembe renkler pelargonidin türevlerinden, kırmızı renkler siyanidin türevlerinden ve mor- mavi renkler delfinidin türevlerinden kaynaklanmaktadır (Keleş, 2015: 20).

Tarihsel olarak en eski ve en çok kullanılan antosiyanin ekstraktı, siyah üzüm posasından elde edilen ve 1879 yılından beri İtalya’da ticari olarak üretimi yapılan “antosiyanin” dir. Diğer taraftan, FD&C Red No.40 (allura red), gıdalara kırmızı renk kazandırmak amacıyla Amerika’ da en fazla kullanılan sertifikalı boyadır (Kırca, 2004: 27).

Antosiyanin pH'a bağlı olarak rengini değiştirir. Güçlü asidik koşullarda kırmızı, nötrde mor ve alkalide ise mavi renklerini gösterir. Fakat genel olarak bitki hücrelerinin pH'ı zayıf asidiktir ve bu koşullar altında neredeyse bütün antosiyaninler mordur ve çok kararsızdır (Yoshida, vd, 2003: 262), (Tablo 2).

pH sırasıyla 1'den 4,6,8,12 ve 13'e yükselirken yavaş yavaş kırmızıdan mavi-kırmızı, mor, mavi ve yeşilden sarıya değişir (Hendry, Houghton, 1996: 56).

Tablo 2: Antosiyaninlerin renklerinin pH'a göre değişimi (Çimen, 2013: 17)

pH	Renk
1	Kırmızı
2	Pembe -Kırmızı
3	Pembe
4	Koyu Pembe -Mor
5	Mor
6	Mor -Mavi
7	Mavi
8	Mavi - Yeşil
9	Yeşil
10	Koyu Yeşil- Sarımsı
11	Açık Yeşil- Sarı
12	Sarı

Suda çözünen bir boyar madde olan antosiyaninin yüne bağlanarak çözünmemesini sağlamak için değişik mordan maddeleri, birlikte ve son mordanlama metoduna göre pH=4-6 aralığında çeşitli tampon çözeltileri kullanılarak boyamalar yapılmıştır (Özgür, 2002: 912).

Bu boyar madde ile başka çalışmalara ek olarak kırmızı lahanadan elde edilen doğal boya ile yün, pamuk ve keten kumaşların boyanması (Önal, Subasar, 2012) ve kırmızı soğan kabuğundan ekstrakte edilen antosiyanin ile yünlü kumaşların boyanması örnek verilebilir (Gümrükçü, 2003). İncelenen üç araştırmanın amacı antosiyaninin, insan sağlığına zarar veren sentetik boyaların yerine, sürdürülebilirliğe açık, ekolojik ve insan sağlığına zarar vermeyen bir doğal tekstil boyar maddesi olarak kullanımudur.

pH ile renk değiştiren tekstil yzeylerinin geliştirilmesine ynelik literatürde yer alan çalışmaların bir kısmı; genellikle klasik dokuma kumaşlara sentetik pH-indikatörü boyar maddelerin konvansiyonel boyama yntemleri ile uygulanmasını içermektedir. Bu çalışmalarda özellikle, halokromik boyar maddeler ile lif yapısının etkileşimi ve renk değişiminin kalıcılığı incelenmiştir (Pakolpakçıl, Karaca, Becerir, 2019: 217).

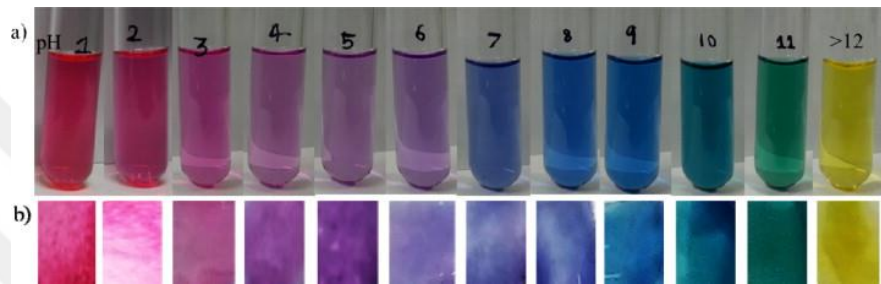
Antosiyanin doğal boyar maddesini kullanarak pH ile renk değiştiren tıbbi tekstiller üzerine birkaç çalışma vardır. Cildin doğal pH'ı, yzeydeki bakterileri temizleme adaptasyonu olan 4.8 ila 6.0 arasında değişen, hafif asidik karakterdedir ancak; vücuttaki sıvı, nötr olana yakın bir pH'a sahiptir. İyileşen yaralarda pH hafif bazik başlar, nötr hale gelir ve sonra normal cildin pH'ına yaklaşır (<https://patents.justia.com/patent/9855364> (04-06-2019)).

Allison Coomber tarafından alınan 9855364 numaralı patentte; doğal pH-indikatör boyası olan ahududu ekstraktı ile pamuklu bir sargı bezi boyanmıştır (Görsel 47). Farklı pH çözeltileri ile muamele edilen sargı bezinin, yaraların iyileşme sürecindeki pH değişimine bağlı olarak gerçekleşen renk değişimi incelenmiştir (<https://patents.justia.com/patent/9855364> (04-06-2019))



Görsel 47: Ahuduyla renklendirilmiş pamuklu sargı bezinin pH 5 - 7 çözeltileri ile muamele edilmeden önceki ve sonraki görüntüleri
(Pakolpakçıl, Karaca, Becerir, 2019: 220)

Devarayan ve Kim yaptıkları çalışmada; rejenere selüloz lifine mor lahanadan elde edilen doğal pH-indikatör pigmentini ekleyerek elektro çekim yöntemiyle nanolifli yüzey elde etmişlerdir (Görsel 48). Nanolifli yüzeyin, alkol alma durumunu teşhis etmede veya hayati fonksiyonları ve bazı hastalıkların gelişimini izlemede kullanılabileceği önerilmiştir. Ayrıca; diş çürümelerinde önemli rol oynayan kritik pH değerinin, tükürükten alınan bir örnek üzerinde takip edilmesinde de oldukça yararlı olabileceği öne sürülmüştür (Pakolpakçıl, Karaca, Becerir, 2019: 221).



Görsel 48: (a) Mor lahana suyunun; (b) selüloz asetat/mor lahana nanolifli yüzeyin pH 1 - 14 arasındaki renk değişimi (Devarayan & Kim, 2015)

3.3. PROJENİN UYGULAMA SÜRECİ VE YÖNTEMİ

Antosiyaninin yapısında bulunan ve aynı zamanda antioksidan ve vitamin özelliğine de sahip, kırmızı renklerin pigment özelliğini sağlayan siyanidin'in molekül yapısı sahip olduğu, renk verici, artırıcı ve bağlayıcı gupleri nedeniyle iyi bir boyar madde özelliği sergilediği bilinmektedir (Yılmaz, vd. 2019).

Projede, gıda endüstrisinde kullanılan antosiyanin boyar maddesi kullanılarak boyanmış kumaşlarla giyilebilir sanat uygulamaları yapılmıştır. Doğru kumaşı ve boyabaskı yöntemini belirlemek için öncelikle antosiyanin boyar maddesinin farklı şartlardaki davranış biçiminden yararlanılarak çeşitli denemeler yapılmıştır.

Düz boyama ve farklı kıvamlaştırıcılarla yapılan baskı çalışmalarında en parlak ve en canlı rengi veren seçeneklerle geçişli tonlar elde edilmeye çalışılmıştır.

3.3.1. Projede Kullanılan Malzemeler

Boyarmadde :

- Smart Kimya Tic. ve Danışmanlık Ltd.Şti. tarafından üretilen Tito Antosiyanin toz boyarmadde

Kumaş :

- % 100 pamuklu kumaş
- % 100 keten kumaş
- Poliamid kumaş
- Poliester kumaş
- İpekli kumaş
- % 50 pamuk - % 50 ipek karışımı kumaş

Su :

- Distile su

Kimyasallar :

- Hidroklorik asit
- Kül suyu
- Sodyum alginat
- Sodyum hipoklorit

Cihaz ve Makineler :

- Swan marka hassas terazi
- Logicay marka LCD dijital pH metre cihazı
- Sinbo marka hızlı karıştırıcı

3.3.2. Antosiyonin Boyar maddesinin Boyama ve Baskı Yöntemlerinin Belirlenmesi

Antosiyonin boyar maddesinin uygulamalarda kullanılabilecek boya-baskı yöntemini belirlemek için çektirme yöntemi ile boyama, sentetik ve alginat patlar ile baskı yöntemi denenmiştir.

3.3.2.1. Çektirme Yöntemi İle Boyama

3.3.2.1.1. Çektirme Yönteminde Optimum Boya Miktarının belirlenmesi

100 mL'lik farklı beherlerde hazırlanmış sularda 1, 2 ve 3 g antosiyonin boyar maddesi eklenerek, 10 x 10 cm ebatlarında, % 100 pamuklu kumaşlar 1 saat kaynatılmış ve mor renkli kumaşlar elde edilmiştir. Görsel incelemede en iyi renk sonucunu veren 3 g boyanın 100 mL de kullanımı tercih edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Çektirme yönteminde optimum boya miktarının belirlenmesi (Yıldız, 2019)

1g/100mL	2 g/100mL	3g/100mL
		

3.3.2.1.2. Çektirme Yönteminde Optimum Sürenin belirlenmesi

100 mL'lik farklı beherlerde hazırlanmış sularda, 3 g antosiyonin boyar maddesi eklenerek, 10 x 10 cm ebatlarında, % 100 pamuklu kumaşlar, 30, 45 ve 60 dakikalık boyamalar yapılmıştır ve en uygun boyama süresi belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4: Çektirme yönteminde optimum sürenin belirlendiği kumaş örnekleri (Yıldız, 2019)

Boyama Süreleri	30 dakika	45 dakika	60 dakika
Boyama Örnekleri			

Buna göre pamuklu kumaşta boyamada istenen orta renk tonuna göre 45 dakika boyama süresi seçilmiştir. Diğer pamuklu kumaşlar serigafi baskı ile renklendirilmişlerdir.

3.3.2.1.3. Çektirme Yöntemiyle Boyama Sonrasında Farklı pH Değerlerinin Etkisi

300 mL suda 3 g antosiyanin boyar maddesi ile hazırlanmış boya banyosunda 45 dakika kaynatılarak boyanan % 100 pamuklu kumaşlar, hidroklorik asit ve kül suyu ile elde edilen asitten bazığe doğru, pH 3, pH 5, pH 7 (kontrol), pH 9, pH 12 şeklindeki farklı değerlerde hazırlanmış çözeltilere daldırılmıştır. Görsel 49’de daldırma anında kumaşlarda gözlenen renk değişimleri verilmiştir. Kumaşlarda, pH 3 ve pH 12 değerlerinde gözle görülür renk değişimi gözlenmiştir (Görsel 50). pH 5, pH 7 (kontrol) ve pH 9 çözeltilerinde mor ve morun tonları elde edilmiştir (Tablo 5).



Görsel 49: Boyama sonrasında pH değerlerinde gözlemlenen renk değişimleri (Yıldız, 2019)



Görsel 50: pH 3 - 12 değerlerindeki renk değişimi
(Yıldız, 2019)

Tablo 5: Farklı pH değerlerindeki renkler (Yıldız, 2019)

pH	3	5	7	9	12
Elde Edilen renkler					

Asit cinsinin boyama sonrasında renk üzerinde etkisi olup olmadığına da bakılmış, çektirme yöntemiyle boyanan pamuklu kumaşlar asetik asit (sirke), sitrik asit (limon tuzu), hidroklorik asitle pH 3 deki çözeltilere daldırılmıştır (Tablo 6).

Tablo 6: Farklı asitlerle pH 3 değerlerindeki renkler (Yıldız, 2019)

Asit cinsi	asetik asit	sitrik asit	hidroklorik asitle
pH 3			

Bazık madde cinsinin boyamaya etkisi olup olmadığını anlamak içinse, çektirme yöntemiyle boyanan kumaşlar kül, sabun ve sodyum hipoklorit elde edilmiş pH 12 çözeltilere daldırılmıştır (Tablo 7).

Tablo 7: Farklı bazik maddelerle pH 12 değerlerindeki renkler (Yıldız, 2019)

Bazik madde cinsi	Kül suyu	Sabun	Sodyum hipoklorit
pH 12			

3.3.2.1.4. Farklı pH Değerlerine Sahip Boya Banyolarının Renklere Olan Etkisi

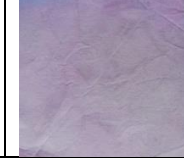
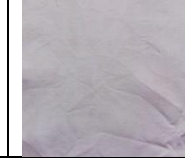
Hidroklorik asit ve kül suyu ile elde edilen asidikten baziğe doğru, pH 3, pH 5, pH 7 (kontrol), pH 9, pH 12 şeklindeki farklı değerlerde hazırlanmış 100 mL çözeltilere, 3 g antosiyanin boya maddesi ilave edilerek farklı pH değerlerinde boya banyoları hazırlanmıştır. % 100 pamuklu kumaşlar 45 dakika boya banyolarında kaynatılarak, farklı pH değerlerinin kumaşta oluşturacağı renk sonuçları gözlenmiştir. Kumaşlarda, tüm pH değerlerinde gözle görülür renk doygunluğu gözlenmiştir (Tablo 8). Daha önceki denemelerde farklı pH çözeltilerine daldırdıktan sonra alınan sonuçlara bu denemelerle ulaşılmıştır.

Tablo 8: Farklı pH değerlerine sahip boya banyolarında çektirme yöntemiyle alınan renk sonuçları (Yıldız, 2019)

pH	3	5	7	9	12
Elde Edilen renkler					

Boyama sonrasında kumaşlar pH 7 (nötr) suda yıkanmış ve renklerde yarı yarıya bir açılma gözlemlenmiştir (Tablo 9).

Tablo 9: Farklı pH değerlerinde boyanmış kumaşların yıkamadan sonraki renkleri (Yıldız, 2019)

pH	3	5	7	9	12
Elde Edilen renkler					

3.3.2.2. Sentetik Baskı Patı İle Baskı Denemeleri

3.3.2.2.1. Sentetik Baskı Patı İle Optimum Boya Miktarının Belirlenmesi

Farklı kaplarda 100 g sentetik patlara, 1, 2 ve 3'er g antosiyanin boyar maddesi eklenerek hızlı karıştırıcı ile karıştırılarak homojen bir karışım elde edilmiştir. 10 x 10 cm ebatlarında, % 100 pamuklu kumaşlar açık şablon yoluyla boyarak mor renkli kumaşlar elde edilmiştir (Tablo 10). Görsel incelemede en iyi renk sonucunu veren 3 g boyanın 100 mL de kullanımı tercih edilmiştir.

Tablo 10: Boya Miktarı Optimizasyonu Örnekleri (Yıldız, 2019)

1g/100g	2 g/100g	3g/100g
		

10 g sentetik tekstil patına 3 g antosiyanin eklenerek hızlı karıştırıcıda karıştırılarak homojen bir karışım elde edilmiştir. Hazırlanmış olan 10 x 10 ebatlarında 5'er adet % 100 pamuklu, poliamid ve poliester kumaşlara pozlanmamış temiz şablon ile serigafi baskı tekniği ile basılarak, kurutulmuştur. Sentetik baskı patı ile yapılan denemede, kumaşlar, hidroklorik asit ve kül suyu elde edilen asitten bazığe doğru, pH 3, pH 5, pH 7 (kontrol), pH 9, pH 12 şeklindeki farklı değerlerde hazırlanmış çözeltilere daldırılmıştır. Görsel 51'de daldırma anındaki kumaşlarda gözlenen renk değişimleri verilmiştir.



Görsel 51: Sentetik pat ile basılmış kumaşların farklı pH değerlerindeki renk değişimleri
(Yıldız, 2019)

Pamuklu kumaşlarda, pH 3 ve pH 12 değerlerinde gözle görülür renk değişimi gözlenmiştir (Görsel 52). Aradaki pH 5, pH 7 (kontrol), pH 9 çözeltilerinde ise mor ve morun tonları elde edilmiştir.



Görsel 52: pH 3 - 12 değerlerindeki renk değişimi
(Yıldız, 2019)

10 g sentetik tekstil patına 3 g antosiyanin eklenerek hızlı karıştırıcıda karıştırılmış ve homojen bir karışım elde edilmiştir. Hazırlanmış olan 10 x 10 ebatlarında 5 adet poliamid kumaş pozlanmamış temiz şablon ile basılarak, kurutulmuştur. Kumaşlar, hidroklorik asit ve kül suyu elde edilen asitten bazığe doğru, pH 3, pH 5, pH 7 (kontrol), pH 9, pH 12 şeklindeki farklı değerlerde hazırlanmış çözeltilere daldırılmıştır. Görsel 53’de daldırma anındaki kumaşlarda gözlenen renk değişimleri verilmiştir.



Görsel 53: Sentetik pat ile hazırlanmış boyanın, farklı pH değerlerinde gözlemlenen renk değişimleri
(Yıldız, 2019)

Poliamid kumaşlarda, pH 3 ve pH 12 değerlerinde gözle görülür renk değişimi gözlenmiştir. Aradaki pH 5, pH 7 (kontrol) ve pH 9 değerlerindeki çözeltilerde ise mor ve morun tonları elde edilmiştir. Kumaştaki renk canlılığı pamuğa oranla daha kuvvetlidir, (Görsel 54).



Görsel 54: pH 3 - 12 değerlerindeki renk değişimi
(Yıldız, 2019)

10 g sentetik tekstil patına 3 g antosiyanin eklenerek hızlı karıştırıcıda karıştırılmış ve homojen bir karışım elde edilmiştir. Hazırlanmış olan 10 x 10 ebatlarında 5 adet poliester kumaş pozlanmamış temiz şablon ile basılarak, kurutulmuştur. Kumaşlar, hidroklorik asit ve kül suyu elde edilen asitten baziğe doğru, pH 3, pH 5, pH 7 (kontrol), pH 9, pH 12 şeklindeki farklı değerlerde hazırlanmış çözeltilere daldırılmıştır. Görsel 55’de daldırma anındaki kumaşlarda gözlenen renk değişimleri verilmiştir.



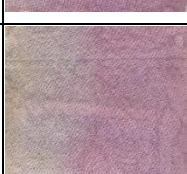
Görsel 55: Sentetik pat ile basılmış poliester kumaşların farklı pH değerlerindeki renk değişimleri
(Yıldız, 2019)

Poliester kumaşlarda, pH 3 ve pH 12 değerlerinde gözle görülür bir renk değişimi gözlenmiştir. Aradaki pH 5, pH 7 (kontrol) ve pH 9 değerlerindeki çözeltilerde ise mor ve morun tonları elde edilmiştir. Kumaş rengindeki canlılık pamuklu kumaşa oranla daha kuvvetliyen poliamid kumaşa oranla daha etkisiz kalmıştır (Görsel 56).



Görsel 56: pH 3 - 12 değerlerindeki renk değişimi
(Yıldız, 2019)

Tablo 11: Sentetik baskı patı ile basılmış, farklı pH değerlerindeki çözeltilere daldırılmış kumaş örnekleri (Yıldız, 2019)

pH	Pamuk	Poliester	Polyamid
3			
5			
7			
9			
12			

3.3.2.3. Alginat Pat İle Baskı Denemeleri

3.3.2.3.1. Alginat Patın Optimum Boya Miktarının belirlenmesi

Farklı kaplarda 100 mL distile su ile hazırlanmış sodyum alginat patlara, 1, 2 ve 3'er g antosiyanin boyar maddesi eklenerek hızlı karıştırıcı ile karıştırılarak homojen bir karışım elde edilmiştir. 10 x 10 cm ebatlarında, % 100 pamuklu kumaşlar açık şablon yoluyla boyarak mor renkli kumaşlar elde edilmiştir (Tablo 12). Görsel incelemede en iyi renk sonucunu veren 3 g boyanın 100 mL de kullanımı tercih edilmiştir.

Tablo 12. Boya Miktarı Optimizasyonu Örnekleri (Yıldız, 2019)

1g/100mL	2 g/100mL	3g/100mL
		

100 mL alginat pata karıştırılan 3 g antosiyanin boyar maddesi 10 x 10 ebatlarında 5'er adet pamuklu, poliamid, poliester, keten, pamuk-ipek karışımı ve ipek kumaşlara açık şablon ile baskı yapılmıştır. Kumaşlar daha sonra Hidroklorik asit ve kül suyundan elde edilen asidikten bazığe doğru, pH 3, pH 5, pH 7 (kontrol), pH 9 ve pH 12 şeklindeki farklı değerlerde hazırlanmış çözeltilere daldırılmış ve renk değişimleri gözlenmiştir (Görsel 57).



Görsel 57: Alginat pat ile basılmış pamuklu kumaşların farklı pH değerlerindeki renk değişimleri
(Yıldız, 2019)

Pamuklu kumaşlarda, pH 3 ve pH 12 değerlerinde gözle görülür bir renk değişimi gözlenmiştir. Aradaki pH 5, -pH 7 (kontrol), 9 değerlerindeki çözeltilerde ise mor ve morun tonları elde edilmiştir. Pamuklu kumaşta oluşan renk canlıdır, (Görsel 58).



Görsel 58: pH 3 - 12 değerlerindeki renk değişimi
(Yıldız, 2019)

Açık şablon ile baskı yapılan 10 x 10 ebatlarında poliamid 5 adet kumaş, farklı pH değerlerindeki çözeltilere daldırılarak renk değişimleri gözlemlenmiştir (Görsel 59).



Görsel 59: Alginat pat ile basılmış poliamid kumaşların farklı pH değerlerindeki renk değişimleri
(Yıldız, 2019)



Görsel 60: pH 3 - 12 değerlerindeki renk değişimi
(Yıldız, 2019)

Poliamid kumaşlarda, pH 3 ve 12 değerlerinde gözle görülür renk değişimi gözlenmiştir. Aradaki pH 5, pH 7, pH 9 değerlerindeki çözeltilerde ise mor ve morun tonları elde edilmiştir. Poliamid kumaştaki renk canlılığı, pamuklu kumaşa oranla daha azdır, (Görsel 60).

Poliester kumaşların, farklı pH değerlerindeki çözeltilere daldırıldıklarında oluşan renk değişimleri gözlenmiştir (Görsel 61).



Görsel 61: Alginat pat ile basılmış poliester kumaşların farklı pH değerlerindeki renk değişimleri
(Yıldız, 2019)



Görsel 62: pH 3 - 12 değerlerindeki renk değişimi
(Yıldız, 2019)

Poliester kumaşlarda, pH 3 ve pH 12 değerlerinde gözle görülür renk değişimi gözlenmiştir. Aradaki pH 5, pH 7, pH 9 değerlerindeki pH çözeltilerinde ise mor ve morun tonları elde edilmiştir. Poliester kumaştaki renk canlılığı, pamuk ve poliamid kumaşa oranla daha azdır (Görsel 62).

Sentetik patla yapılan denemeler istenen tuşeyi vermediklerinden çalışmalarda alginat patla yapılması düşünülmüş ve bu patla yapılan kumaş denemelerine keten, pamuk/ipek karışımları da eklenmiştir.

Keten kumaşların farklı pH değerlerindeki çözeltilere daldırıldıklarındaki renk değişimleri gözlemlenmiştir (Görsel 63).



Görsel 63: Alginat pat ile basılmış keten kumaşların farklı pH değerlerindeki renk değişimleri
(Yıldız, 2019)

Keten kumaşlarda, pH 3 ve pH 12 değerlerinde gözle görülür renk değişimi gözlenmiştir. Aradaki pH 5, pH 7 ve pH 9 değerlerindeki çözeltilerde ise mor ve morun tonları elde edilmiştir. Kumaşta oluşan renk çok canlıdır ancak pamuklu kumaşa göre daha açık tondadır. Ayrıca alginat pat ile basılan keten kumaşın tuşesi diğer kumaşlara oranla oldukça sertleşmiştir.

% 50 pamuk - %50 ipek karışımı kumaş baskıdan sonra farklı pH değerlerindeki çözeltilere daldırılarak renk değişimleri gözlenmiştir (Görsel 64).



Görsel 64 : Alginat pat ile basılmış % 50 pamuk-%50 ipek kumaşların farklı pH değerlerindeki renk değişimleri

(Yıldız, 2019)

% 50 pamuk - % 50 ipek karışımı kumaşlarda, pH 3 ve pH 12 değerlerinde gözle görülür renk değişimi gözlenmiştir. Aradaki pH 5, pH 7 ve pH 9 değerlerindeki pH çözeltilerinde ise mor ve morun tonları elde edilmiştir. Pamuk ve keten kumaşta olduğu gibi kumaşta oluşan renk çok canlıdır.

%100 ipek kumaşlar baskıdan sonra farklı pH değerlerindeki çözeltilere daldırılarak renk değişimleri gözlemlenmiştir (Görsel 65).



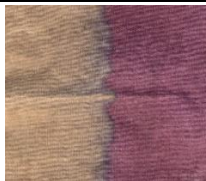
Görsel 65: Alginat pat ile basılmış % 100 ipek kumaşların farklı pH değerlerindeki renk değişimleri
(Yıldız, 2019)



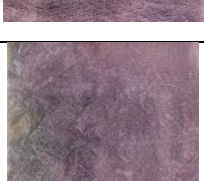
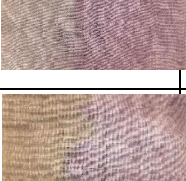
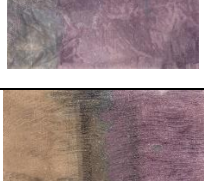
Görsel 66: pH 3 - 12 değerlerindeki renk değişimi
(Yıldız, 2019)

İpek kumaşlarda da, pH 3 ve pH 12 değerlerinde gözle görülür renk değişimi gözlenmiştir. Aradaki pH 5, pH 7 ve pH 9 değerlerindeki çözeltilerde ise mor ve morun tonları elde edilmiştir. Kumaşta oluşan renk diğer denene kumaşlara oranla daha koyu bir tona sahiptir. Ayrıca alginat pat ile basılarak boyanan ipek kumaşın tuşesi, keten kumaşta olduğu gibi oldukça serttir (Görsel 66). Tablo 13 ve 14' te farklı kumaş cinsten kumaşların farklı pH değerlerindeki çözeltilere daldırılmış kumaş örnekleri verilmiştir.

Tablo 13: Alginat baskı patı ile basılmış, farklı pH değerlerindeki çözeltilere daldırılmış pamuk, poliester ve poliamid kumaş örnekleri (Yıldız, 2019)

pH	Pamuk	Poliester	Poliamid
3			
5			
7			
9			
12			

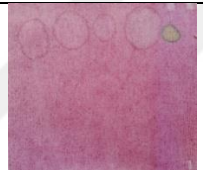
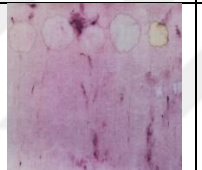
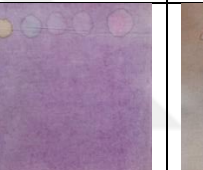
Tablo 14: Alginat baskı patı ile basılmış, farklı pH değerlerindeki çözeltilere daldırılmış keten, ipek ve pamuk/ipek karışımı kumaş örnekleri (Yıldız, 2019)

pH	Keten	İpek	% 50 pamuk-%50 ipek
3			
5			
7			
9			
12			

3.3.2.3.2. Farklı pH Değerlerine Sahip Alginat Patın Renklere Olan Etkisi

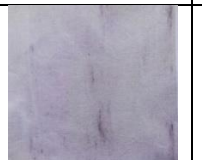
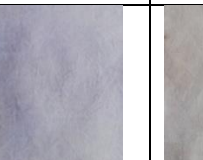
Hidroklorik asit ve kül suyu ile elde edilen asidikten bazıya doğru, pH 3, pH 5, pH 7 (kontrol), pH 9 ve pH 12 değerleri kullanılarak hazırlanmış 100 mL sodyum alginat çözeltilere, 3 g antosiyanin boyar maddesi ilave edilerek farklı pH değerlerinde patlar elde edilmiştir. % 100 pamuklu kumaşlar, açık şablon ile basılarak farklı pH değerlerinin kumaşta oluşturacağı renk sonuçları gözlenmiştir. Kumaşlarda, tüm pH değerlerinde gözle görülür renk doygunluğu gözlenmiştir (Tablo 15). Daha önceki denemelerde farklı pH çözeltilerine daldırdıktan sonra alınan sonuçlara bu denemelerle ulaşılmıştır.

Tablo 15: Farklı pH değerlerine sahip pat ile baskıda alınan renk sonuçları (Yıldız, 2019)

pH	3	5	7	9	12
Elde Edilen renkler					

Alginat pat ile baskı sonrasında kumaşlar pH 7 (nötr) suda yıkanmıştır ve renklerde yarı yarıya açılma gözlemlenmiştir (Tablo 16).

Tablo 16: Farklı pH değerlerine sahip pat ile basılmış kumaşların yıkama sonrası renk sonuçları (Yıldız, 2019)

pH	3	5	7	9	12
Elde Edilen renkler					

Çektirme yöntemiyle boyama, sentetik ve alginat pat ile baskı sonrasında farklı sonuçlar elde edilmiştir. Boyanmış ve alginat pat ile basılmış kumaşlar renk canlılığı açısından sentetik pat ile boyanan kumaşlara oranla daha net ve parlak sonuçlar vermiştir. Sentetik pat ile basılan kumaşlar, farklı pH değerlerinde hazırlanmış çözeltilere daldırılmaları durumunda, kumaş yüzeyinde jelimsi bir tabaka oluşturmuştur. Boyanan ve alginat pat ile basılan kumaşlar farklı pH değerlerindeki çözeltilere daldırıldığında anında renk değişimi gözlenirken, sentetik pat ile basılan boyanan kumaşlarda renk değişimi için 3 dakika geçmiştir.

Yapılan denemelerden sonra tasarım uygulamalarında boyama ve alginat pat ile baskı yöntemi seçilmesinden dolayı yapılan denemelere keten, pamuk/ipek karışımı ve ipek kumaşlar da ilave edilmiştir. Alginat patın doğal esaslı bir kıvamlaştırıcı olması ve diğer sentetik kıvam maddesine göre istenen kırmızı tonlarında renkler vermesi başlıca tercih sebepleri arasındadır. Çektirme yöntemiyle boyama ise istenilen canlı ve net renkleri verdiği için tercih edilmiştir. Kumaş cinsine göre bakıldığında ise gerek tuşeleri gerekse renk tonları açısından pamuk, pamuk/ipek karışımları ve ipek kullanılmasına karar verilmiştir.

Ayrıca denemelerden alınan sonuçlar doğrultusunda tasarım uygulamalarında çektirme yöntemiyle boyama ve alginat pat ile basılan kumaşların, gerek boyama sırasında gerekse boyama sonrasında bazik bir ortamda (pH 12) renk değiştirilerek deneysel uygulamalar yapılarak kullanılmasına karar verilmiştir. pH 12 çözeltisinde mordan maviye olan geçişin tasarımlarda daha etkili olacağı düşünülmüştür.

3.3.3. Proje İçin Denenen Kumaşların Tasarıma Aktarılması

Bu projede biyomimikri taklit seviyelerinden yola çıkılarak bir canlının biyolojik özelliği tasarıma ilham kaynağı olmuştur. Tasarımın çıkış noktasını oluşturan ise farklı pH değerlerinde farklı renk tonunda çiçek veren ortanca (*Hydrangea macrophylla*) bitkisinin morfolojik yapısıdır. Bu morfojik yapıdaki değişim doğal bir pigment olan antosiyanin ile sağlanmaktadır. Ortanca çiçeği bu özelliğinden dolayı doğal bir pH indikatörü olarak bilinmektedir. Bu bilgiler doğrultusunda projenin istenilen tasarım uygulamasına aktarılmasında renk ve tuşe gibi özelliklerin belirlenebilmesi için doğal

ve sentetik kumaşlar üzerinde miktar optimizasyonu, boyama süresi optimizasyonu, kumaş çeşitleri ve boya-baskı denemeleri gibi boyama yöntemleri ile denemeler yapılmıştır. İstenilen canlı renkler ve bu renklerin pH değerindeki değişimleri, denemeler sonrasında elde edilen numune kumaşlar üzerinden hareket ederek tasarım uygulamalarına aktarılmıştır. Kumaşlardaki renk değişimi pembeden maviye olacak şekilde bir renk geçişi sağlanmaya çalışılmıştır.

Tasarım uygulamalarında renkleri ve renk geçişlerini ön plana çıkartacağı düşünülen kesme, üst üste dikiş, katlama, katlayarak kesme ve dikiş gibi birçok farklı manipülasyon tekniği uygulanmıştır. Bunların yanı sıra alginat patı ile hazırlanmış boya boruya sıkıştırılmış kumaşların boyanması için fırça ile uygulanmıştır. Shibori tekniğinde kullanılan bu teknik daha kıvrımlı ve pH farklılığından etkilenen bir boya ile yeniden yorumlanmıştır. Böylece hem hacimli hem de tonlu geçişleri olan boyamalar elde edilmiştir. Tasarım çalışmaları, manipülasyon teknikleri ve deneysel boyama çeşitleri ile giyilebilir sanat kapsamında yorumları içermektedir.

Kumaş Uygulaması 1:



Görsel 67: Dikiş Tekniğinin Uygulanması

(Yıldız, 2019)

Görsel 67'deki tasarımda dikiş tekniği kullanılarak oluşturulmuştur. 2 gram antosiyanin boyar maddesi / 100 g alginat pat ile hazırlanan pat, temiz bir şablon ile pamuklu kumaş üzerine basılmıştır. Baskı yoluyla renklendirilmiş pamuklu kumaş daha sonra dikiş tekniği ile sıkıştırılarak rezerve edilmiş ve 3 gram antosiyanin boyar maddesi / 100 g alginat fırça ile boyanmıştır. pH etkisiyle renk değişimi elde etmek için kül suyu ile pH 12 olarak hazırlanmış çözelti sprey ile püskürtülmüştür ve renk

geçişleri sağlanmıştır. Renk değişimine uğrayan kumaş, üzerindeki dikişler temizlenerek çamaşır makinesinde toz çamaşır deterjanı ile (pH 12) 1 saat yıkanmıştır ve sarı tonlarında üzerinde amorf desenlerin olduğu bir kumaş elde edilmiştir. (Görsel 68).



Görsel 68: Dikiş Tekniğini Uygulamasının Sonucu
(Yıldız, 2019)

Kumaş Uygulaması 2:



Görsel 69: Şönil Tekniğinin Uygulanması
(Yıldız, 2019)

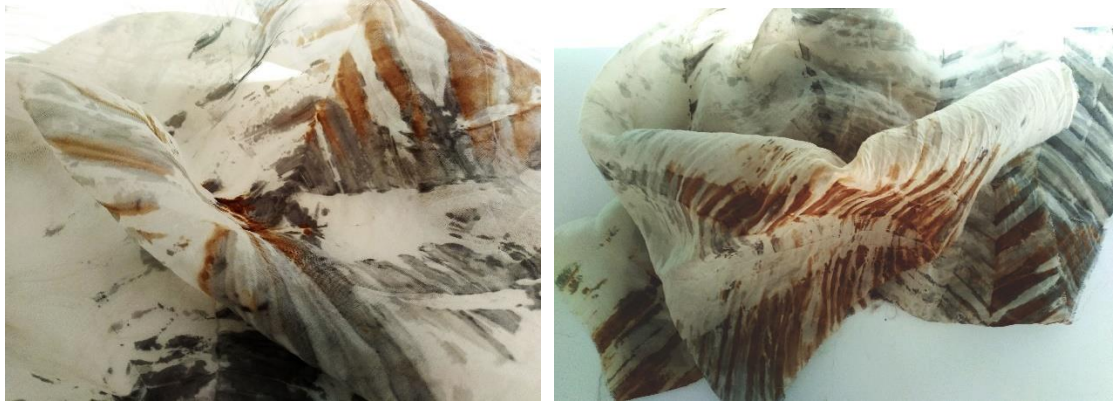
Görsel 69'deki tasarımda 2 gam antosiyanin boyar maddesi / 100 g alginat pat ile hazırlanan boyalar temiz bir şablon ile kumaşlara basılmıştır. En üstte boyalı kumaş olacak şekilde, kumaşın altına katmanlar halinde lila, mavi ve tela kumaşlar yerleştirilmiştir. Ardından poliester bir iplikle daireler şeklindeki dikişler yapılarak kumaş katmanlarının birleştirilmesi sağlanmıştır. Ardından şönil kesme tekniği ile dikiş aralarında kalan kumaşlar kesilmiştir. pH etkisiyle renk değişimi elde etmek için kül suyu ile pH 12 olarak hazırlanmış çözelti sprey ile püskürtülmüştür ve renk geçişleri sağlanmıştır. Birçok katmanı olan ve renklerde sarıya doğru bir geçişin hakim olduğu hacimli bir kumaş elde edilmiştir.

Kumaş Uygulaması 3:



Görsel 70: Shibori Tekniğinin Uygulanması
(Yıldız, 2019)

Görsel 70'deki tasarımda shibori tekniği kullanılmıştır. İpek kumaşlar öncelikle shibori tekniği ile boruya çapraz şekilde sarılmış ve sıkıştırılmıştır. Kumaşın daha belirgin hacimde olması için, boruya sarılı haldeyken sıcak su dökülmüş ve yaklaşık 24 saat bekletilmiştir. Ardından 3 g antosiyanin boyar maddesi / 100 g alginat pat ile hazırlanan boya fırça yardımıyla kumaş üzerine sürülmüş ve kurumaya bırakılmıştır. pH etkisiyle renk değişimi elde etmek için kül suyu ile pH 12 olarak hazırlanmış çözelti sprey ile püskürtülmüştür ve renk geçişleri sağlanmıştır. Renk değişimine uğrayan kumaş, çamaşır makinesinde toz çamaşır deterjanı ile (pH 12) 1 saat yıkanmıştır ve sonuç olarak renk geçişlerinin ön planda olduğu bir kumaş elde edilmiştir (Görsel 71).



Görsel 71: Shibori Tekniği Uygulamasının Sonucu
(Yıldız, 2019)

Kumaş Uygulaması 4:

Hidroklorik asit ile hazırlanmış pH 3 olan 10 L'lik suya 20 g antosiyanin boyar maddesi ilave edilmiştir. 2 m % 100 pamuklu kumaş, hazırlanmış boya banyosunda 45 dakika boyunca kaynatılmıştır. Asidik ortamda yapılan boyama kumaş sonucunda pembe renk elde edilmiştir (Görsel 72).



Görsel 72: pH 3 Değerindeki Asidik Ortamda Çektirme Yöntemi ile Boyama
(Yıldız, 2019)

Kumaş Uygulaması 5:

Hidroklorik asit ile hazırlanmış pH 3 değerindeki 7 L'lik suya 30 g antosiyanin boyar maddesi ilave edilmiştir. 1 m % 100 pamuklu kumaş, hazırlanmış boya banyosunda 45 dakika boyunca kaynatılmıştır. Asidik ortamda boyama sonucunda canlı pembe renk elde edilmiştir (Görsel 73).



Görsel 73: pH 3 Değerindeki Asidik Ortamda Çektirme Yöntemi ile Boyama
(Yıldız, 2019)

Kumaş Uygulaması 6:

Kül suyu ile hazırlanmış pH 12 olan 10 L'lik suya 20 g antosiyanin boyar maddesi ilave edilmiştir. 2 m % 100 pamuklu kumaş, hazırlanmış boya banyosunda 45 dakika boyunca kaynatılmıştır. Bazik ortamda boyama sonucunda krem renk elde edilmiştir (Görsel 74).



Görsel 74: pH 12 Değerindeki Bazik Ortamda Çektirme Yöntemi ile Boyama
(Yıldız, 2019)

Kumaş Uygulaması 7:

Kül suyu ile hazırlanmış pH 12 olan 7 L'lik suya 30 g antosiyanin boyar maddesi ilave edilmiştir. 1 m % 100 pamuklu kumaş, hazırlanmış boya banyosunda 45 dakika boyunca kaynatılmıştır. Bazik ortamda boyama sonucunda kahverengi renk elde edilmiştir (Görsel 75).



Görsel 75: pH 12 Değerindeki Bazik Ortamda Çektirme Yöntemi ile Boyama
(Yıldız, 2019)

Kumaş Uygulaması 8:

1 m % 100 pamuklu kumaş, süzgeç üzerine gelişi güzel şekilde sıkıştırılarak yerleştirilmiştir. pH 7 değerinde 3 kg buz ufak parçalar halinde kumaşı kaplayacak şekilde dökülmüştür, buzların üzerine 3 gr antosiyanin boyar maddesi serpilerek buzun erimesi ve boyanın kumaşa geçişi sağlanmıştır. Çamaşır makinesinde toz çamaşır deterjanı ile (pH 12) 1 saat yıkanmıştır ve sonuç olarak renk geçişlerinin ön planda olduğu bir kumaş elde edilmiştir (Görsel 76).



Görsel 76: Buz Boyama Yöntemi ile Alınan Sonuç
(Yıldız, 2020)

Kumaş Uygulaması 9:

1 m % 100 pamuklu kumaş, süzgeç üzerine gelişi güzel şekilde sıkıştırılarak yerleştirilmiştir. pH 12 değerinde 3 kg buz ufak parçalar halinde kumaşı kaplayacak şekilde dökülmüştür, buzların üzerine 3 gr antosiyanin boyar maddesi serpilerek bazik değerdeki buzların erimesi ve boyanın kumaşa geçişi sağlanmıştır. Çamaşır makinesinde toz çamaşır deterjanı ile (pH 12) 1 saat yıkanmıştır ve sonuç olarak renk geçişlerinin ön planda olduğu bir kumaş elde edilmiştir (Görsel 77).



Görsel 77: Bazik Ortamda Yapılan Buz Boyama Yöntemi ile Alınan Sonuç
(Yıldız, 2020)

Kumaş Uygulaması 10:

Hidroklorik asit ile pH 3 değerindeki 7 L'lik suda 30 g antosiyanin boyar maddesi ile boyanan 1 m % 100 pamuklu kumaş, shibori tekniği ile boruya sarılmış ve pH etkisiyle renk değimi elde etmek için kül suyu ile pH 12 olarak hazırlanmış çözelti spreyle püskürtülerek renk geçişleri sağlanmıştır. Renk değişimine uğrayan kumaş, çamaşır makinesinde toz çamaşır deterjanı ile (pH 12) 1 saat yıkanmıştır ve sonuç olarak renk geçişlerinin ön planda olduğu bir kumaş elde edilmiştir (Görsel 78).



Görsel 78: Shibori Tekniği ile Boyama Sonrası Alınan Sonuç
(Yıldız, 2020)

Kumaş Uygulaması 11:

Poliester kumaş öncelikle shibori tekniği ile boruya çapraz şekilde sarılmış ve sıkıştırılmıştır. Kumaşın bazik değerde olması için, boruya sarılı haldeyken kül suyu ile pH 12 olarak hazırlanmış çözelti spreyle püskürtülmüş ve kuruması beklenmiştir. Ardından 3 g antosiyanin boyar maddesi / 100 g alginat pat ile hazırlanan boya fırça yardımıyla kumaş üzerine sürülmüş ve kurumaya bırakılmıştır. Renk değişimine uğrayan kumaş, çamaşır makinesinde toz çamaşır deterjanı ile (pH 12) 1 saat yıkanmıştır ve sonuç olarak renk geçişlerinin ön planda olduğu bir kumaş elde edilmiştir (Görsel 79).



Görsel 79: Bazik Ortamda Shibori Tekniği ile Boyama Sonrası Alınan Sonuç
(Yıldız, 2020)

Kumaş Uygulaması 12:

Poliester kumaş öncelikle shibori tekniği ile boruya çapraz şekilde sarılmış ve sıkıştırılmıştır. Ardından 3 g antosiyanin boyar maddesi / 100 g alginat pat ile hazırlanan boya fırça yardımıyla kumaş üzerine sürülmüş ve kurumaya bırakılmıştır. (Görsel 80).

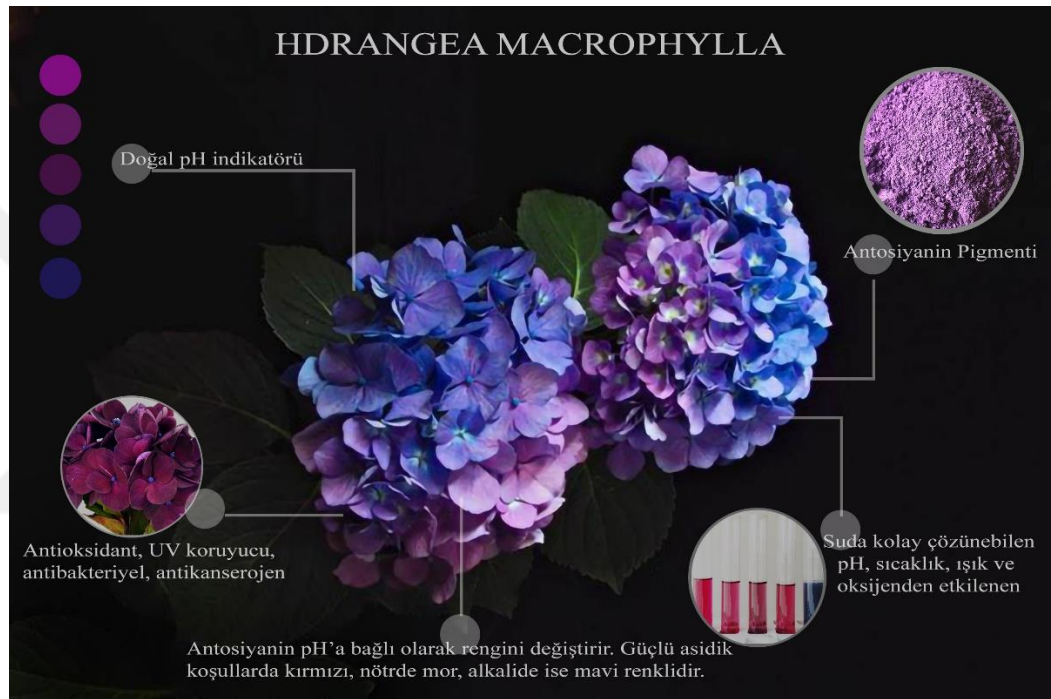


Görsel 80: Shibori Tekniği ile Boyama Sonrası Alınan Sonuç
(Yıldız, 2020)

3.4. PROJE KAPSAMINDA TASARIM UYGULAMALARI

3.4.1. Temayı Belirleyen Kaynaklar

Bu projenin ilham kaynağı ortanca çiçeğinin morfolojik yapısında bulunan antosiyanin pigmentidir. Tasarımın uygulama sürecinde bu pigment renklendirici olarak kullanılmış olup tekstil uygulamalarında bütün bir sürecin konusu olmuştur (Görsel 81).



Görsel 81: Proje Uygulama Hikaye Paftası

(Yıldız, 2020)

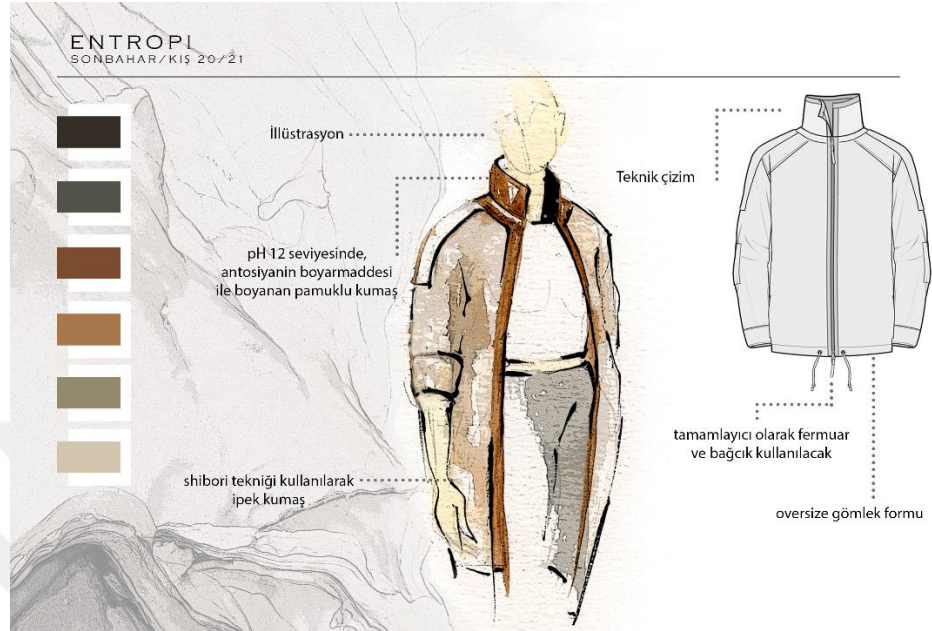
Yapılan incelemeler ve denemeler sonucunda tekstil ürünleri için uygulama çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmada ürün olarak sunulacak koleksiyonun teması, düzensizliğin artması neticesinde oluşan “tersinmez” bir süreç olan entropidir (Görsel 82).



Görsel 82: Tasarım Hikaye Paftası

(Yıldız, 2020)

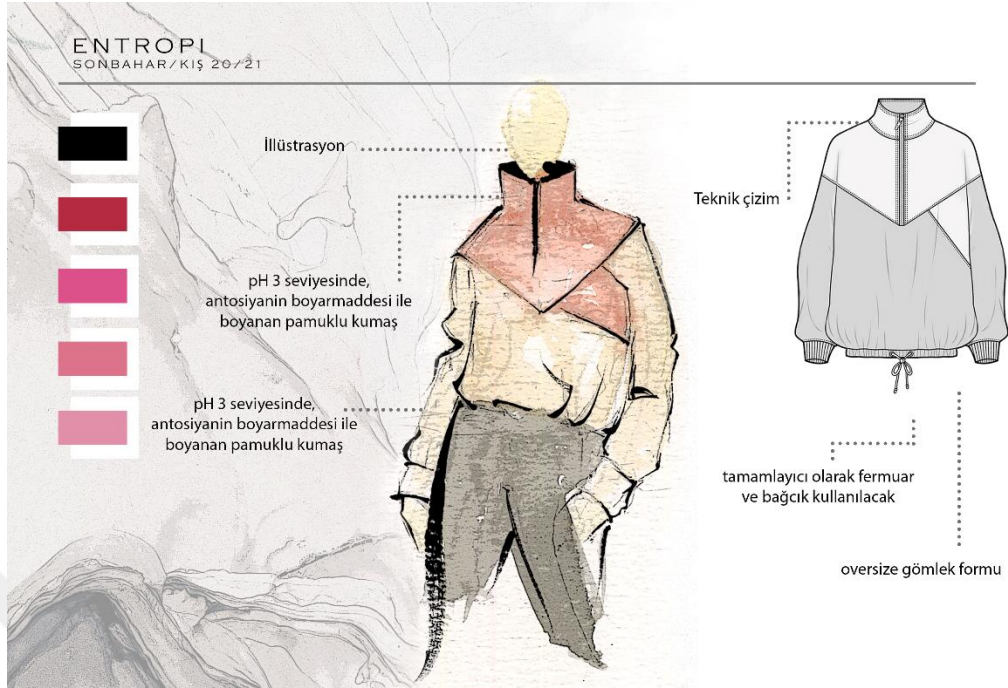
3.4.2. Eskiz ve Ön Çalışmalar



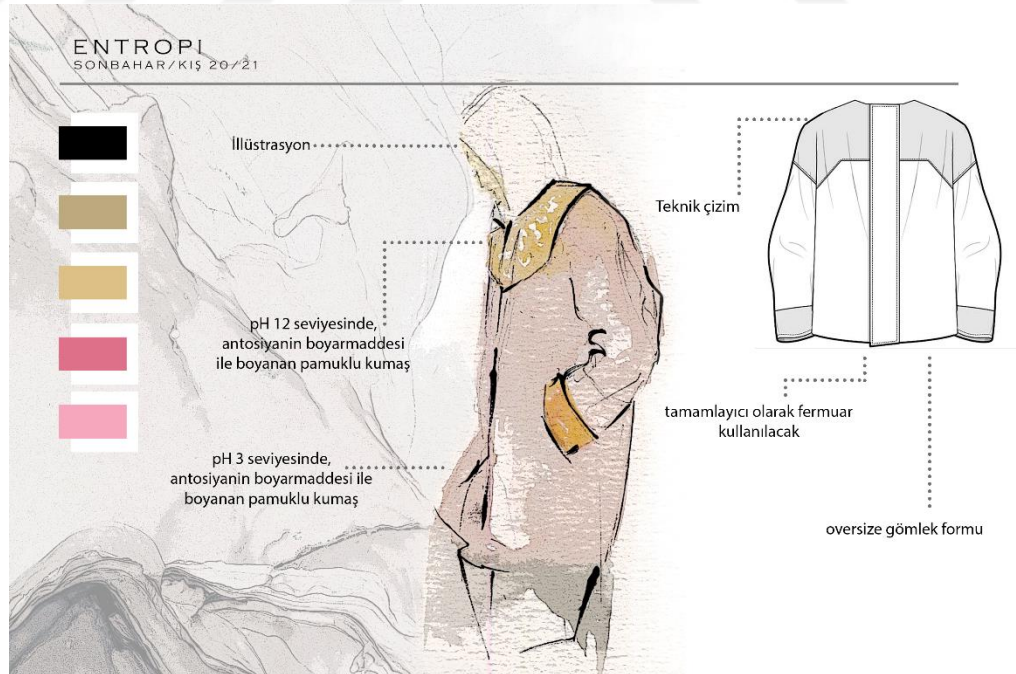
Görsel 83: Tasarım 1’de 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi (Yıldız, 2020)



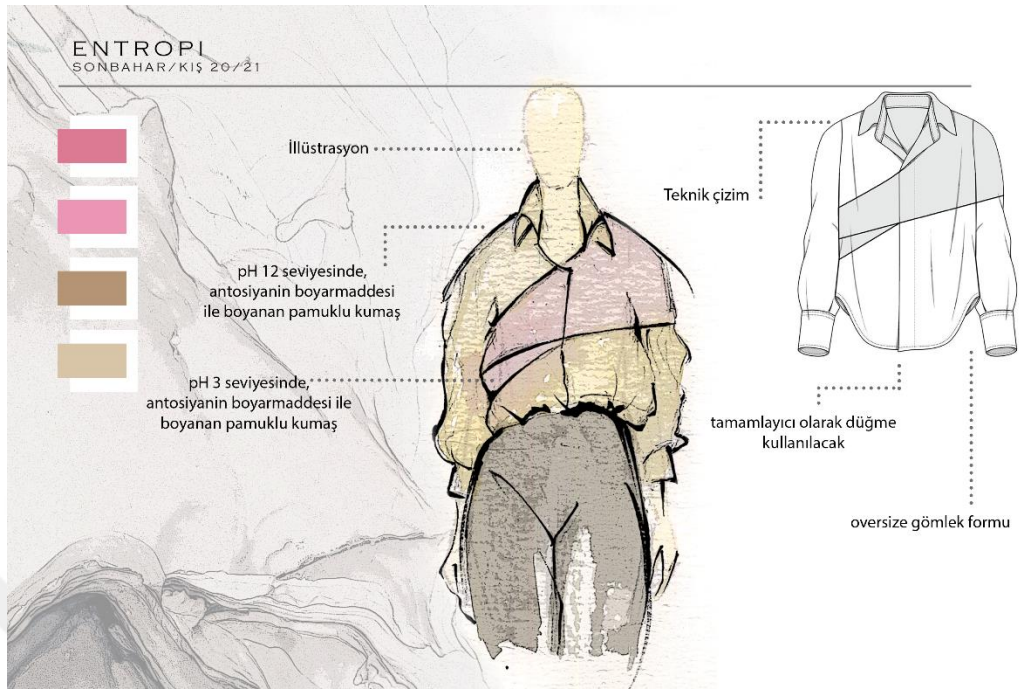
Görsel 84: Tasarım 2’de 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömleğin artistik ve teknik çizimi (Yıldız, 2020)



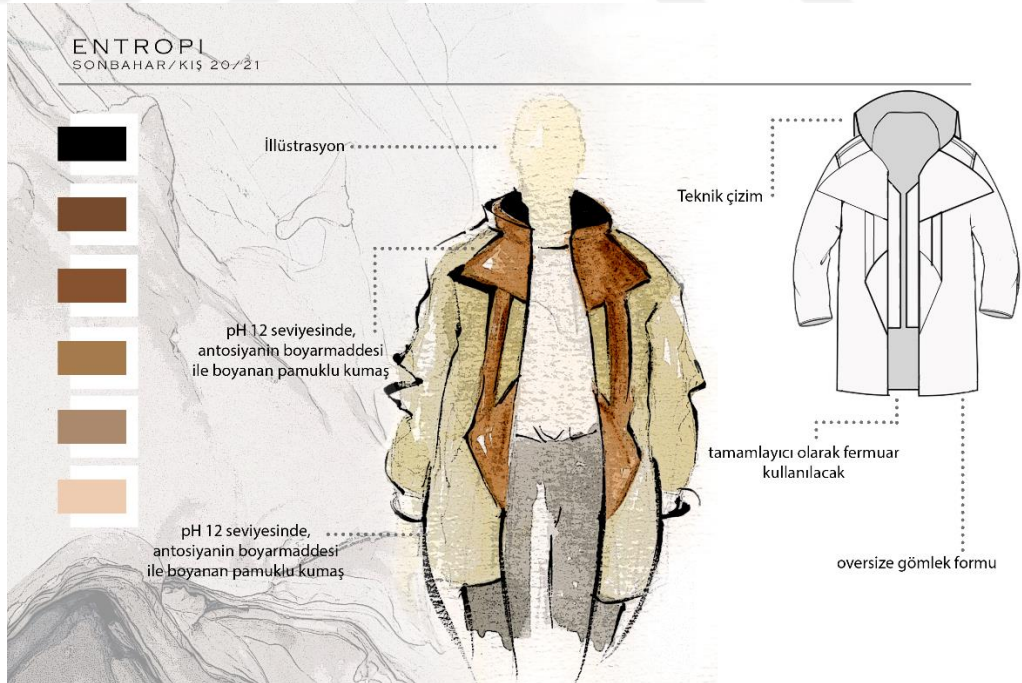
Görsel 85: Tasarım 3'te 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi (Yıldız, 2020)



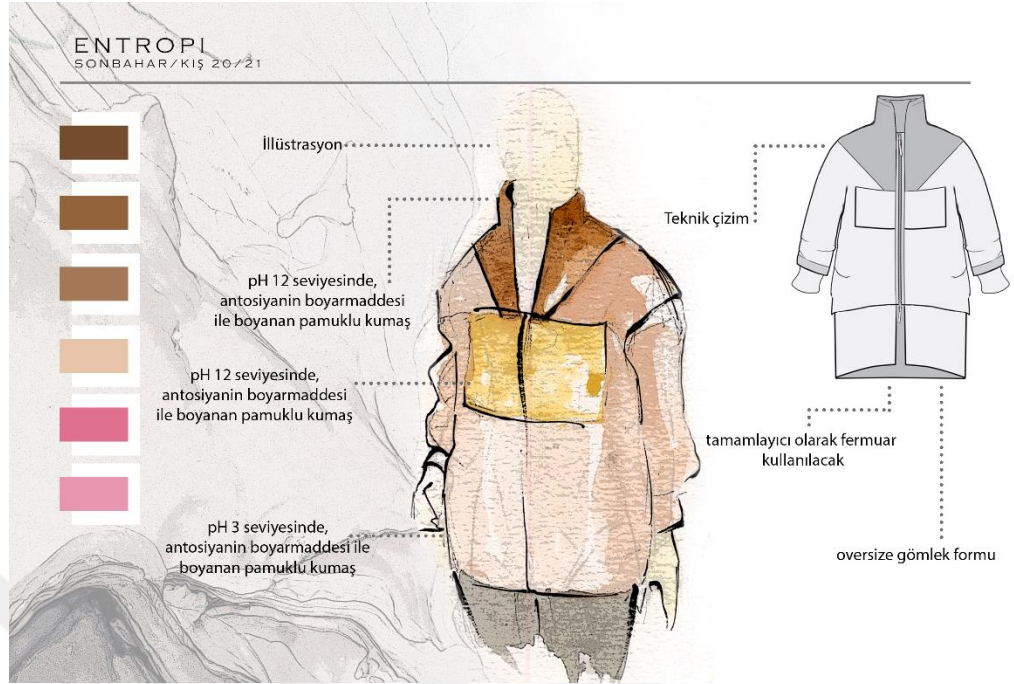
Görsel 86: Tasarım 4'te 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi (Yıldız, 2020)



Görsel 87: Tasarım 5'te 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi (Yıldız, 2020)



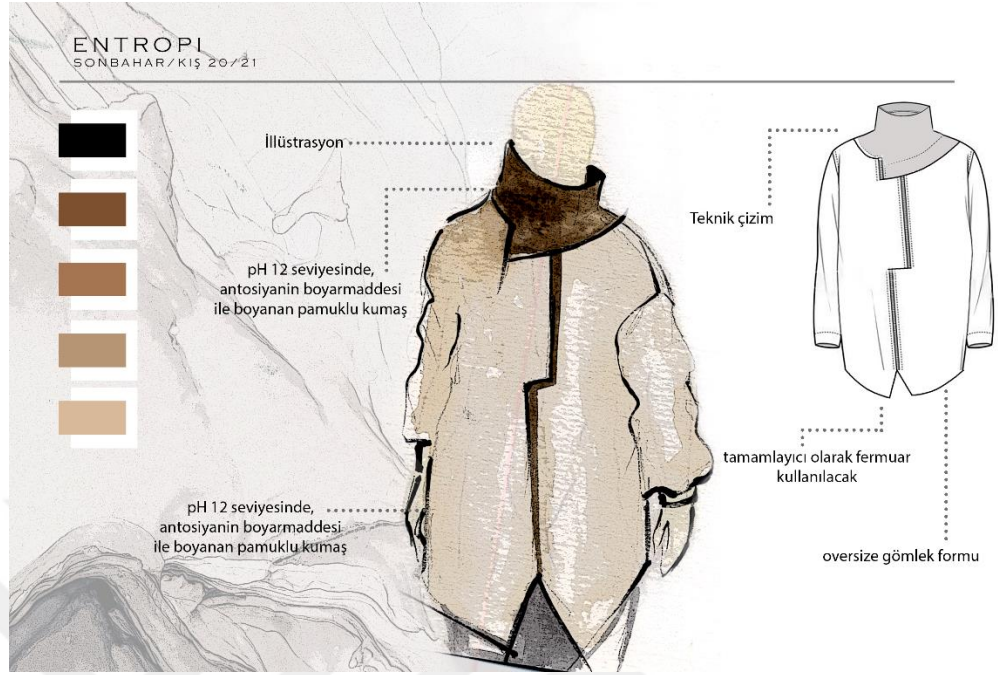
Görsel 88: Tasarım 6'da 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi (Yıldız, 2020)



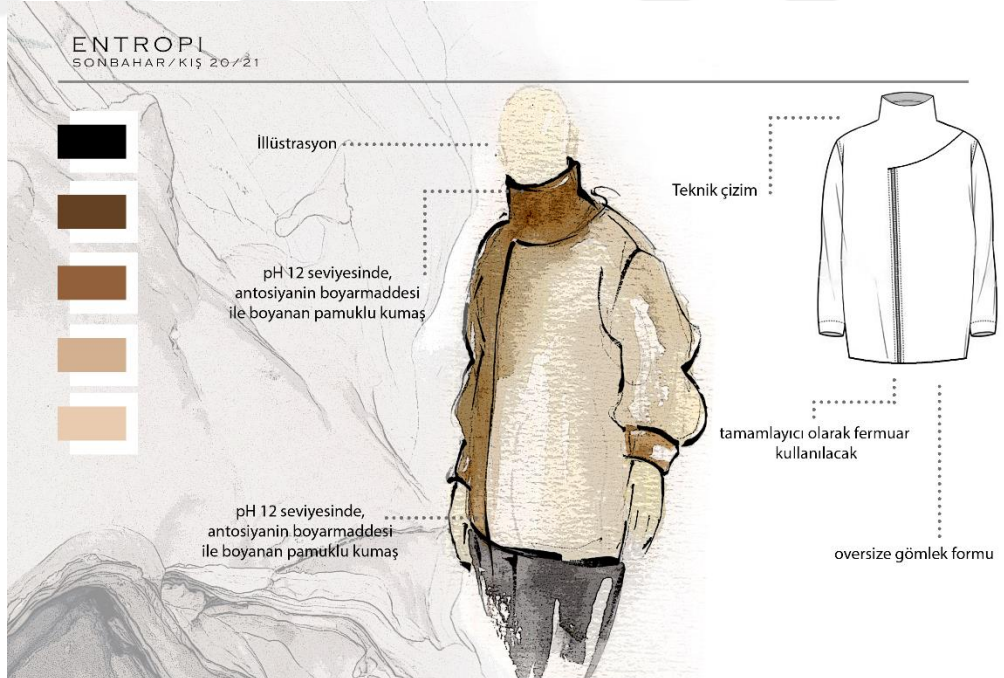
Görsel 89: Tasarım 7’de 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi (Yıldız, 2020)



Görsel 90: Tasarım 8’de 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi (Yıldız, 2020)

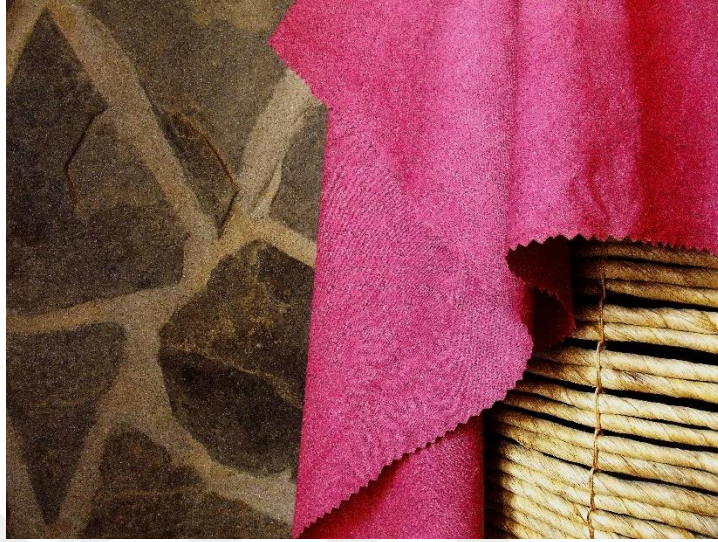


Görsel 91: Tasarım 9'da 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi (Yıldız, 2020)



Görsel 92: Tasarım 10'da 2020/21 Sonbahar/kış koleksiyonu için hazırlanmış gömlek tasarımının artistik ve teknik çizimi (Yıldız, 2020)

3.4.3. Tasarım Uygulamaları



Görsel 93: Tasarım Uygulama Çalışması 1
(Yıldız, 2020)



Görsel 94: Tasarım Uygulama Çalışması 2
(Yıldız, 2020)



Görsel 95: Tasarım Uygulama Çalışması 3
(Yıldız, 2020)



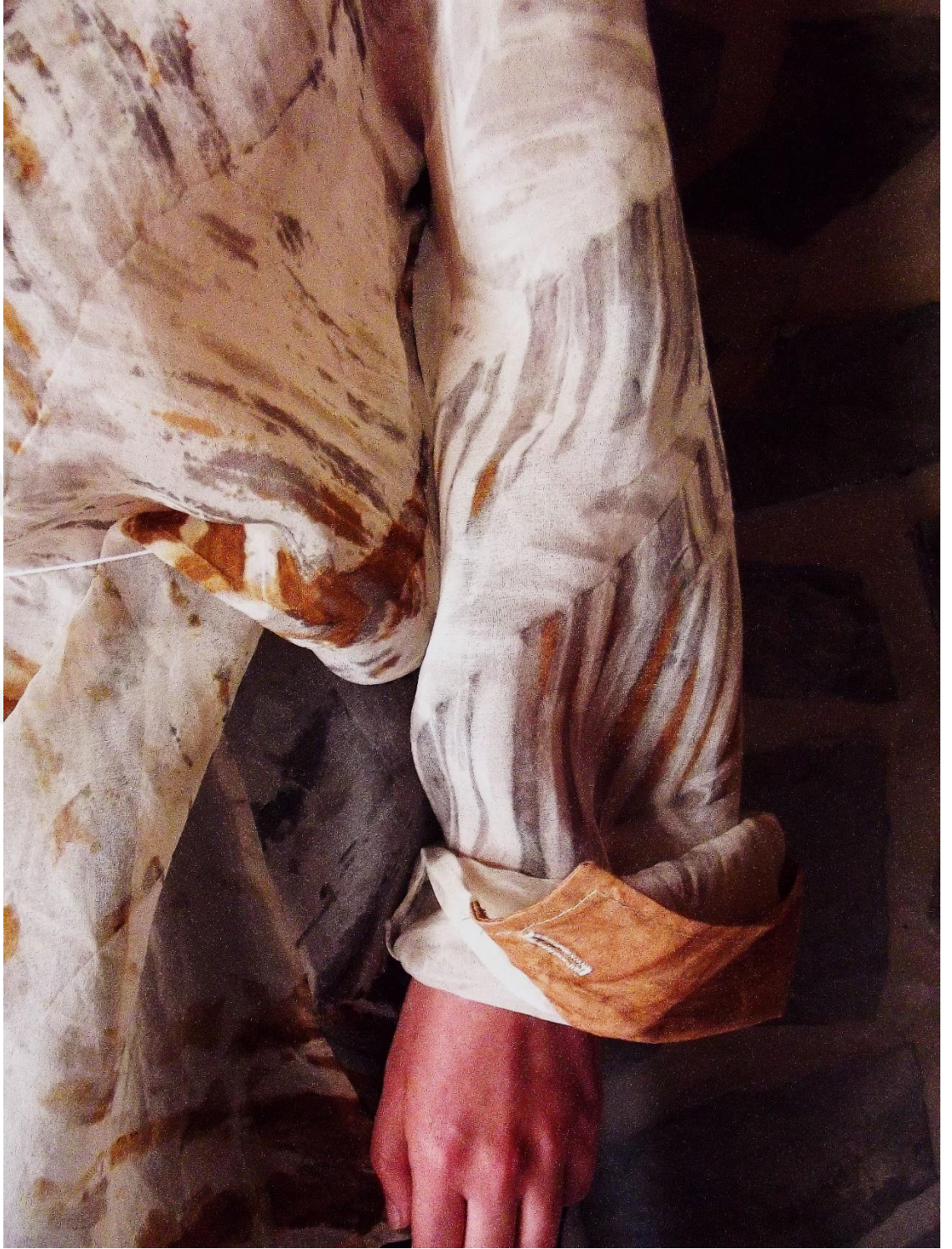
Görsel 96: Tasarım Uygulama Çalışması 4
(Yıldız, 2020)



Görsel 97: Tasarım Uygulama Çalışması 5
(Yıldız, 2020)



Görsel 98: Tasarım Uygulama Çalışması 6
(Yıldız, 2020)



Görsel 99: Tasarım Uygulama Çalışması 7
(Yıldız, 2020)



Görsel 100: Tasarım Uygulama Çalışması 8
(Yıldız, 2020)



Görsel 101: Tasarım Uygulama Çalışması 9
(Yıldız, 2020)

SONUÇ

Doğa ve insan arasındaki etkileşim insanlığın yeryüzündeki serüveni kadar eskidir. Doğa, yaşam döngüsünü sürdürebileceği geniş bir biyolojik çeşitliliğe sahiptir. Doğa-insan arasındaki etkileşimde insanın daha baskın bir rol oynaması bu dengenin insan aleyhinde bozulmasına neden olmuş ve her alanda sürdürülebilirliğin sorgulanması gündeme gelmiştir. Biyomimetik bu açıdan bir çıkar yol olarak görünmekte, insanın kendine sürdürülebilir bir yaşam alanı oluşturması için her zamanki gibi doğadan ilham alınmasının gerektiği düşünülmektedir.

Özellikle 2. Endüstri Devrimi'nden sonra nüfus sayısındaki artış, kaynakların hızla tükenmesine sebep olmuştur. Doğayı yönetimi altına almaya çalışan insan, ekolojik döngünün ciddi problemlerle karşı karşıya olduğunu görmüştür. 3. Endüstri Devrimi sonlarına doğru ise tekrar doğaya yönelerek, sürdürülebilir kaynaklar oluşturulması için hızlı girişimlerde bulunmaya başlamıştır.

1997' de Janine Benyus'un "Biomimicry Innovation Inspiration By Nature" adlı kitabı ile hayatımıza giren "biomimicry" terimi, tüm tarih boyunca denenmiş süreçleri, ürünleri ve yöntemleri toplamıştır. Biyomimikri doğanın ilkelerini kendimize rol model edinerek ilerleyebileceğimiz bir tasarım biçimidir. Tasarlanan ürünler, doğanın malzemelerine değil, doğanın pratik bilgisine dayanmaktadır.

Birçok çalışma alanında gelişmiş teknoloji ve bilim ile birlikte doğanın stratejileri sentezlenmeye çalışılmaktadır. Biyomimikri, sürdürülebilir ürünler, ekolojik çözümler ve sıfır atık malzemeler üreterek her geçen gün önem kazanmaktadır. Günümüz çevreci bakış açısıyla biyomimikri, birçok araştırmacı ve tasarımcıya konu olmaktadır. Özellikle yenilikçi bir tasarım sürecinde tasarımcı, doğanın formlarını bir esin kaynağı olarak kullanmaktan ziyade, biyomimikri yöntemine dayalı bir süreç izleyerek sürdürülebilir ve yenilikçi tasarımlar geliştirmeye yönelmiştir. Bu da, tasarımcının eserlerinde daha gelişmiş malzeme ve teknik donanım olarak karşımıza çıkmaktadır.

Biyomimikri destekli bir tasarımında, probleme sağlanacak olan fayda için biyolojik süreçlerin incelenmesi, teknik bilgilerin sentezlenmesi gerekmektedir. Bu noktada biyolog, mühendis ve tasarımcının oluşturacağı birliktelik, daha fonksiyonel tasarımların ortaya konmasına olanak sağlamaktadır.

Bu çalışma kapsamında yapılan araştırmalar ve incelenen raporlardan elde edilen bilgiler, biyomimikri tasarım yönteminin, tekstil tasarımı alanında da yürütüldüğünü göstermektedir. Özellikle yenilikçi tekstil projeleri dünya çapında yükselen bir ivme kazanmaktadır. Amerika’da bulunan Biomimicry Institute’de yapılan çalışmalar ve yurtdışı eğitim programlarında yerini alan biyomimikri konusundaki dersler gelişmelerin boyutunu ortaya koymaktadır. Türkiye’deki eğitim kurumları ve ilgili programlarında yapılan biyomimikri destekli çalışmalara sayılı üniversitelerde rastlanılmaktadır.

Biyomimikrinin Tekstil Tasarımındaki Yeri Ve Kumaş Tasarım Uygulamaları tez başlığı altında, biyomimikri kavramının doğuşu, gelişimi ve yeni oluşumlarla evrimleşme süreci incelenmiştir. Literatür araştırmalarında biyomimikri kavramının tarihsel sürecine az yer verildiği gözlemlenerek, bu konuda geniş bir kaynak taraması yapılarak ele alınan kavramın, Antik Çağ’dan başlayarak günümüz Endüstri 4.0 Sanayi Devrimi’ ne kadar olan tarihsel gelişimi ve teorik kapsamı ortaya konmaya çalışılmıştır.

Biyomimikrinin tarihsel evriminin incelenmesinin ardından kavramın biyoloji ve tasarım alanlarında sahip olduğu yer, sürdürülebilirlik ve yaratıcılık kavramları altındaki potansiyel rolü incelenerek, tekstil tasarımı alanında uygulanan biyomimikri tasarım sürecinde izlenen yöntem ve stratejilere değinilmiş, bu alanda yapılan örneklerle yer verilmiştir. Tasarım uygulamalarında ise biyomimikrinin bir parçası olan ve doğayı taklit ederken izlenen üç seviyeden (form, işlev, süreç) yola çıkılmış ve tekstil tasarımı alanında özgün çalışmalar yapılmıştır.

Tez uygulama sürecinde yukarıda aktarılan biyomimikri taklit seviyelerinden yola çıkılarak bir canlının biyolojik özelliği tasarıma ilham kaynağı olmuştur. Farklı pH değerlerinde farklı renk tonunda çiçek veren ortanca (*Hydrangea macrophylla*), tasarımın çıkış noktasını oluşturmaktadır. Bu bitkinin morfolojik yapısı, topraktaki pH değeri ile yapraklarındaki rengi belirlemesi projenin biyomimikri yaklaşımını oluşturmuştur. Birçok kırmızı renkli meyve ve sebzede olduğu gibi ortanca çiçeğinde de bulunan antosiyanin boyar maddesi pH'a bağlı olarak rengini değiştirme özelliği göstermektedir. Güçlü asidik koşullarda kırmızı, nötrde mor ve alkalide ise mavi renkler verir.

Buradan hareketle piyasadan elde edilmiş antosiyanin boyar maddesi ile farklı koşullarda boyama denemeleri yapılmıştır. Boyamalardaki renk geçişlerini ise antosiyanin maddesinin pH değişikliğine olan hassasiyeti oluşturmaktadır. Denemelerde çektirme yöntemiyle boyama, sentetik ve alginat baskı patı ile baskı uygulanmıştır. Daha sonra bu boyanmış örnekler farklı pH değerlerindeki çözeltilere daldırılarak renk değişimleri gözlemlenmiştir.

Antosiyanin boyar maddesinin kararsız yapısı, yüzeyde homojen bir renk tonu elde edilmesini zorlaştırmıştır ancak; bu özellik tasarımlarda farklı efekt yaratmakta etkili olmuştur. Renklerin pH 12'de mavi-mor etkisi kumaşların kurumamasından sonra kaybolarak sarımtırak yeşile dönüşmüştür.

Sonuç olarak pH değişimlerine duyarlı olan böyle bir boyar madde hem tasarım süreci hem de bitmiş ürün açısından kontrol dışı gelişen uygulamalarla tasarımda özgünlüğün yaratılmasına olanak sağlamıştır.

KAYNAKÇA

Kitaplar

BENYUS, Janine M. (2002). “Biomimicry Innovation Inspired by Nature”, Australia: Harper Perennial Publishers

GUBER, Petra (2011). “Biomimetics in Architecture”, New York: Springer Wien Publishers

HENDRY G.A.F, HOUGHTON J. D. (1996). “Natural Food Colorants”, London: Springer Nature Publishers

KUZU Ali (2013).” Dünyanın İlk Mühendisi El- Cezeri”, İstanbul: Paraf Yayıncılık

MACNAB, Maggie (2012). “Design By Nature: Using Universal Forms And Principles In Design”, California: New Riders Publishers

NACHTIGALL Werner (2002). “Bionik: Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler”, Berlin: Springer Verlag Publishers

XIA Zhenhai (2016). “Biomimetic Principles And Design Of Advanced Engineering Materials”, United Kingdom: S. John Wiley & Sons, Ltd. Publishers

Makaleler

ADIGÜZEL, Aslıhan, YILDIRIM, Fatma, KAZAZ, Soner (2018), “Hydrangea Macrophylla Thunb. Türüne Ait Bazı Çeşit ve Genotiplerinin Polen Performanslarının Belirlenmesi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt. 13, Sayı. 2, ss. 7–17

ARHON, Zeynep (2017). “Biyomimikri: doğadan gelen inovasyon, *Çalık Haber Dergisi*, Cilt. 27, Sayı. 27 , ss. 36-40

ASHRAFIAN, Hutan, DARZI, Ara, ATHANASIOU, Thanos (2010). “Autobionics: A new paradigm in regenerative medicine and surgery” . *Regenerative Medicine*, Vol. 5, No. 2, ss. 279-288

BAR-COHEN, Yoseph (1999). “In-Service NDE of Aerospace Structures-Emerging Technologies and Challenges at the End of the 2nd Millennium” *Jet Propulsion Laboratory*, ss. 82-105

BAR-COHEN, Yoseph (2006). “Perspective Biomimetics-Using Nature To Inspire Human Innovation”, *Bioinspiration & Biomimetics Bioinsp. Biomim*, Vol. 1, ss. 1–12

BARGER Gürcan (2016). “Bioteknoloji Ve Yaşam Bilimleri, . *Bioteknoloji & Yaşam Bilimleri Gazetesi*, Cilt. 1, Sayı. 1, ss. 12

BİXLER, Gegory D., BHUSHAN, Bharat (2012). “Biofouling: Lessons From Nature”, *Philosophical Transations of The Royel Society*. Vol. 370, ss. 2381–2417

BOZTOK, Şenol (2002). “Ortanca’da Mavileştirme Üzerine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi” *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt. 39, Sayı. 2, ss. 25–32

CROSS Nigel (2001). “Designerly Ways of Knowing: Design Discipline Versus Design Science”, *Design, Research Symposium*, Vol. 17 No. 3 ss. 49-55

ITO, Daisuke, SHINKAI, Yosuke, KATO, Yuki, KONDO Tadao, YOSHIDA Kumi (2009). “Chemical Studies on Different Color Development in Blue and Red Colored Sepal Cells of Hydrangeai macrophylla” *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, Vol. 73 No. 5, ss. 1054–1059

DEVEOĞLU, Ozan, KARADAĞ, Recep (2011). “Genel Bir Bakış: Doğal Boyar maddeler”, *Marmara Ünivrsitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt. 23 Sayı. 1, ss. 21–32

CANBOLAT Şeyda , KILINÇ Mehmet, GÜRBÜZ Nihal Ruken, KUT Dilek (2014). “Tekstil Uygulamalarında Biyomimetik Yaklaşımlar”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Sayı. 25 ss. 91-111

EADİE, Leslie, GHOSH, Tushar, K. (2011). “Biomimicry in Textiles : Past, Present And Potential. An Overview”, *Jaurnal of Royal Society Interface*, No. 8, ss. 761–775

ELDIN, Nour, ELGAWAD, Abd., I. (2016). “Biomimetic Potentials for Building

Envelope Adaptation in Egypt”, *Procedia Environmental Sciences*, No. 34, ss. 375

REED Emily J., KLUMB, Lisa, KOOBATIAN, Maxwell, CHRISTOPHER Viney (2009). “Biomimicry as a route to new materials: what kinds of lessons are useful?” *Philosophical Transactions of the Royal Society*, No. 367, ss.1571-1585

GALEWYRICK Trying (2018). “Biomimicry For Sustainable In Innovation: The Answers Are All Around Us”, Vol. 29 No. 1, ss. 30–35

İLBOĞA, Mustafa, AYGÜL, Hasan Hüseyin (2015). “Birlikte Yaşama Kültürü Bağlamında İnsan-Doğa Diyalektiği”, *Akademik Bakış Dergisi*, Sayı. 15, ss. 64-75

IVANIĆ, Kasandra Zorica, TADIĆ, Zoran, OMAZIĆ, Mislav Ante (2015). “Biomimicry – an Overview, *The Holistic Approach to Environment*, Vol. 5 No. 1, ss. 19-36

KARABETÇA, Aliye Rahşan (2018). “Biyomimikri Destekli Tasarım Ölçütleri İle Yenilikçi Mekanlar Yaratılması”, *The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication*, Vol. 8, No: 1, ss. 104–111

KELEŞ, Yüksel (2015). “Antosiyanin Pigmentlerin Biyokimyası ve Analizi”, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, Cilt. 8, Sayı. 1, ss. 19–25

MAHMOUD, Rasha, Ali, El-Zeiny, (2012). “Biomimicry as a Problem Solving Methodology in Interior Architecture”, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, No. 50, ss. 16-18

MATIN, T. R., LEONG, M. K., MAJLIS, B. Y., GEBESHUBER, I. C. (2010). “Correlating Nanostructures With Function: Structural Colors On The Wings Of A Malaysian Bee”, *AIP Conference Proceedings*, No. 1284, ss. 5–14

MAZI Fikret (2008). “Antik Çağda Düşüncenin Mekana Yansıması”, *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt. 5 Sayı. 10, ss. 33-48

MILWICH, Markus, SPECK, Thomas, SPECK, Olga, STEGMAIER, Thomas,

PLANCK, Heinrich (2006). “Biomimetics And Technical Textiles: Solving Engineering Problems With The Help Of Nature’s Wisdom”, *American Journal of Botany*, Vol. 93 No. 10, ss. 1455-1465

MORKOÇ, Umut (2016). “Bilim Felsefesi Olarak Bilim Tarihi: Kuhn ve Koyré”, *MSKU Eğitim Fakültesi Dergisi*, Cilt. 3 Sayı. 1, ss. 28-35

NAGY, Judit, OLAH, Judit, ERDEI, Edina, MÁTÉ, Domicián, POPP, József (2018). “The Role and Impact of Industry 4 . 0 and the Internet of Things on the Business Strategy of the Value Chain-The Case of Hungary”, *Sustainability Journal*, Vol. 10, No. 3491, ss. 1-25

ÖNAL, Adem. SUBASAR, F. Dilara (2012). “Kırmızı Lahana’dan (Brassica Oleracea Var.Capitata F.Rubra) Elde Edilen Doğal Boya İle Yün, Pamuk Ve Keten Kumaşların Boyanması, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, Sayı. 1, ss. 35–41

Öztürk, Nazmiye (2015). “Form Bulma Kuramı ve “Doğal Üzerinden Yapayın Keşfi” Çalışmayı” . *Sanat ve Tasarım Dergisi*, Cilt. 1, Sayı. 12, ss. 83–101

PAKOLPAKÇIL, Ayben, KARACA, Esra, BECERİR, Behçet (2019). “Halokromik Akıllı Tekstil Yüzeyleri ve Tıbbi Amaçlı Kullanım Olanakları”, *Tekstil ve Mühendis*, Cilt. 25, Sayı. 111, ss. 214–224

RAO Ramachandra P. (2003). “Biomimetics” . *Sadhana*, Vol. 28 No. 3, ss. 657–676

SABRY AZİZ, Moheb, EL SHERİF, Amr Y. (2016). “Biomimicry As An Approach For Bio-Inspired Structure With The Aid Of Computation”, *Alexandria Engineering Journal*, No. 55, ss. 707–714

SANE, Sanjay P. (2016). “Bioinspiration and Biomimicry: What Can Engineers Learn from Biologists?”, *Journal Of Applied Science and Engineering*, Vol. 19, No. 1, ss. 1-6

SANTULLI, Carlo, LANGELLA, Carla (2011). “Introducing Students To Bio-Inspiration And Biomimetic Design: A Workshop Experience”, *International Journal of Technology and Design Education*, Vol. 21, No. 4, ss. 471–485

SARAVANAN, D. (2007). “Uv Protection Textile Materials”, *AUTEX Research Journal* Vol. 7, No. 1 ss. 53-62

SARTON, George (2012). “Leonardo Da Vinci”, *Dört Öge Dergisi*, Cilt. 1 Sayı. 2, ss. 11-36

SELÇUK ARSLAN, Semra, SORGUÇ Arzu Gönen, (2007). “Mimarlık Tasarımı Paradigmasında Biomimesis’in Etkisi”, *Gazi Üniversitesi Mimarlık, Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt. 22, Sayı. 2 ss. 451-459

SPORRLE, Matthias, STICH, Jennifer (2010). “Sleeping in Safe Places: An Experimental Investigation of Human Sleeping Place Preferences from an Evolutionary Perspective”, *Evolutionary Psychology* www.epjournal.net, Vol. 8, No: 3, ss. 405-419

STEGMAIER, Thomas, LINKE, Michael, LINKE, PLANCK Heinrich (2009). “Bionics in textiles: flexible and translucent thermal insulations for solar thermal applications”, *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, No: 367, ss. 1749-1758

TAKEDA, Kosaku (2006). “Blue Metal Complex Pigments Involved in Blue Flower Color”, *Proc. Jpn. Acad., Ser. B*, Vol. 82, No. 4, ss. 142-154

TAVŞAN Cengiz, TAVŞAN, Filiz (2015). “Biomimicry in Architectural Design Education”, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, No. 182, ss. 489–496

UNAT Yavuz (2012). “Bir Rönesans Mühendisi: Leonardo da Vinci”. *Dört Öge*, Cilt. 1, Sayı. 2, ss. 52-66

VIJAY Kumar. (2010).” 50 Years of Robotics”, *Digital Object Identifier*, Vol. 10, No. 1109, ss. 145-161

WAHL, D. C. (2006). “Design and Nature III: Comparing Design in”, *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, No. 87, ss. 289

YOSHIDA, Kumi, KATO, Yuki, Toyama, KAMEDA, Kiyoshi (2003a). “Sepal Color

Variation of Hydrangea macrophylla and Vacuolar pH Measured with a Proton-Selective Microelectrode”, *Plant and Cell Physiology*, Vol. 44, No. 3, ss. 262-268.

TURAN, Bülent, Onur (2011). “21. Yüzyıl Tasarım Ortamında Süreç, Biçim ve Temsil İlişkisi”, *Megaron*, Cilt.6, Sayı. 3, ss. 162-170

TÜLAY, Gümüşer (2017). “Biyolojik Yapılardan İlham Alan Biyomimetik Biliminin Tekstil Ve Giysi Tasarımındaki Görünürlüğü” *Yıldız Journal Of Art And Design*, Cilt. 4, Sayı. 2, ss. 128-142

YURAN, Ahmet, Fatih, TAŞGETİREN, Süleyman (2010). Doğadan Esinlenerek Tasarım”, *BiyoTeknoloji Elektronik Dergisi*, Cilt. 1, Sayı. 2, ss. 23-30

Kitap İçi Bölüm

ELLISON, Micheal S. (2013). “Biomimetic Textiles”, *Biomimicry Engineering*, (ed. Lakhtakia Akhlesh, Martín-Palma Raúl J.), USA: Elsevier, ss. 247-263

HANKS, Timothy W., SWIEGERS, Gerhard F. (2012). “The Concept of Biomimicry and Bioinspiration in Chemistry”, *Bioinspiration and Biomimicry in Chemistry*, (ed. Swiegers Gerhard F.), Canada: John Wiley & Sons, Inc., Publication, ss. 1015

KAPSALI, V. (2015). “Biomimetic Approach to the design of textiles for sportswear applications”, In *Textiles for Sportswear*, (ed. Shishoo Roshan), USA: Elsevier, ss. 77-92

VINCENT, Julian F. V. (2001). “Stealing Ideas From Nature Julian”, *Deployable Structures*, (ed. Pellegrino S.), New York: Springer-Verlag Wien, ss. 52-58

ÇEBİ, Ece (2012). Hazır Giyim Sektöründe Markalaşmayı Etkileyen Faktörler: İstanbul'daki Hazır Giyim Sektöründe Marka Oluşturmada Karşılaşılan Engeller Üzerine Bir Uygulama, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, dan. Yard. Dç. Dr. Zeynep Özarslan. Beykent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İletişim ve Tasarım Anasanat Dalı, İletişim Sanatları ve Tasarım Sanat Dalı, İstanbul.

Basılmamış Kaynaklar

ADIGÜZEL, Aslıhan (2018). Bazı Ortanca Çeşitlerinde Polen Biyolojisi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, dan. Prof. Dr. Fatma Yıldırım, Prof. Dr. Soner Kazaz. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Isparta

ALDEMİR Behiç Can. (2014). Bina Kabuğunun Biçimlenmesinde Doğal Süreçlere Dayalı Üretken Yaklaşımlar, Yüksek Lisans Tezi, dan. Prof. Dr. Sinan Mert Şener, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Anabilim Dalı, İstanbul

GERTİK Ayşe (2012). Biyomimesis Anlayışı Ve Bu Bağlamda Günümüz Kuzey Kıbrıs Mimarisi'ne Eleştirel Bir Bakış, Yüksek Lisans Tezi, dan. Dr. Havva Arslangazi, Yakın Doğu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, Lefkoşa

AZADEH Rabbani Rankouhi (2012). Naturally Inspired Design Investigation Into The Application Of Biomimicry In Architectural Design, Master Thesis, dan. Prof. Darla Lindberg, The Pennsylvania State University The Graduate School Department of Architecture, Pensilvanya

BAKIROĞLU Yekta (2012). Biomimicry For Sustainability: An Educational Project In Sustainable Product Design, Yüksek Lisans Tezi, dan. Assist. Prof. Dr. Çağla Doğan, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Doğal ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü, Endüstriyel Tasarım Anabilim Dalı, Ankara

BOĞA Miray (2013). Tasarımda Doğal Analoji: Endüstri Ürünleri Tasarımı Öğrencilerinin Yaklaşımı Üzerine Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, dan. Doç. Dr. Şebnem Timur Ögüt, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalı, İstanbul

ÁSGEIRSDÓTTIR Sigíður Anna (2013). “Biomimicry in Iceland: Present Status and Future Significance”, Master Thesis, dan. Sigurður Brynjólfsson Brynhildur

Davíðsdóttir, Faculty of Industrial Engineering, Mechanical Engineering and Computer Science University of Iceland, Iceland

BELLETTIRE, Steve (2005). “A Sustainable Future, Naturally Biomimicry”, *Innovation Summer 2005*, ss. 25-28

ÇELEBİ, Aysun, BULUT, Arzu, ORDUERİ, Mustafa, “Renk Veren Doğal İndikatörlerin Asit ve Baz Belirlenmesinde Kullanımı”, *Yıbo Öğretmenleri(Fen Ve Teknoloji-Fizik,Kimya,Biyoloji-Ve Matematik)Proje Danışmanlığı Eğitimi Çalıştayı Kimya Gup Proje Raporu*

CHAMBERS, Meredith, Anne (2011). “Design of a visually enhanced searchable database for exploration and application of biomimicry in interior design”, Master Thesis, dan. Doç. Dr. Bruce Bassler, Iowa State University, Major: Art and Design (Interior Design), Iowa

CİĞİZOĞLU Mert. (2011). “Biyomimetik Tepkisel Yüzey Örtüsü Tasarımı İçin Bir Model Önerisi”, Yüksek Lisans Tezi, dan. Öğr. Gör. Dr. Hakan Tong, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Bilişim Anabilim Dalı Progamı, Mimari Tasarımda Bilişim, İstanbul

ÇİMEN Emrah. (2013). “Kırmızı Gül Yapraklarından Farklı Ekstraksiyon Yöntemleri ile Doğal Boyar madde Eldesi ve Tekstil Alanında Uygulanabilirliği”, Yüksek Lisans Tezi, dan. Prof. Dr. Mahmure Üstün Özgür, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Anorganik Kimya Progamı, İstanbul

EDZIAK, Patrick James (2015). “The Effects of Slow-Release Aluminum Sulfate on Bloom Color of Hydrangea macrophylla”, California Polytechnic State University, Horticulture and Crops Science Department, San Luis Obispo

GÖK Mustafa Oğuz, GÜRCÜM Banu Hatice (2014). Biomimetic In Textile Design And New Trends, *International Art and Design Congress Article*, ss. 1-5

GÜMRÜKÇÜ, Gülşah (2003) “Kırmızı Soğan Kabuğundan Ekstrat Edilen Antosiyanin

İle Yünlü kumaşların Boyanması” Yüksek Lisans Tezi, dan. Doç. Dr. Mahmure Üstün Özgür, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, FBE Kimya Anabilim Dalı Anorganik Kimya Programı, İstanbul

GENÇ Melda. (2013). “Doğa, Sanat ve Biyomimetik Bilim”, Sanatta Yeterlik Eseri Çalışması Raporu, Hacettepe Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Seramik Anasanat Dalı, Ankara

Kapsali, Veronika (2009). “Metropolitan Comfort: Biomimetic interpretation of hygroscopic botanical mechanisms into a smart textile for the management of physiological discomfort during urban travel”, University of Bath, Department of Mechanical Engineering, United Kingdom

KIN, Rengin, Ege (2007). “Tasarımda Doku Kavramı Ve İşlevselliği”, Yüksek Lisans Tezi, dan. Doç.Dr. Seçil Şatır, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Endüstri Ürünleri Tasarımı, İstanbul

KIRCA, Ayşegül (2004). “Siyah Havuç Antosiyaninlerinin Bazı Meyve Ürünlerinde Isıl Stabilitesi”, Doktora Tezi, dan. Prof. Dr. Bekir Cemeroğlu, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara

KLINGENBERG, Cristina, Orsolin (2017). “Industry 4 .0: what makes it a revolution?”, *Paper presented in EurOMA 2017*

KORECKİ, Steven, A. (2008). “Design: Using Interdisciplinarity And Biomimicry For Software Innovation”, Master Thesis, dan. Prof. Paul Jorgensen, Gand Valley State University, Computer Information Systems, ABD

KUDAY, Irmak (2009). “Tasarım Sürecini Destekleyici Faktör Olarak Biyomimikri Kavramının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, dan. Prof. Dr. Cemil Toka, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalı, İstanbul

KUSMIN, Kadri-Liis (2012). “Industry 4.0. *IFI8101 - Information Society Approaches*

and ICT Processes, ss. 1–12.

LAKHTAKIA, Akhlesh (2015). “From bioinspired multifunctionality to mimumes”, The Pennsylvania State University, Department of Engineering Science and Mechanics, USD

MAGLIC, Michael, J. (2014). “Biomimicry : Using Nature as a Model for Design”, *Master Thesis*, dan. Prof. Kathleen Lugosch, School of the University of Massachusetts Amherst, Architecture Design Program, ABD

MANSOUR, Heba (2010). *Biomimicry: A 21 St Century Design Strategy Integating With Nature In A Sustainable Way*, University of Dammam, Collage of Design, Interior Design department, Dammam

ÖZDEMİR, Şelale (2014).”Sanayi Devriminin Bilim Tarihi Üzerindeki Etkisi”, *Üretim Ekonomisi Kongresi*, ss. 1-11

ÖZGÜR, Mahmure (2002). “Yün Kumaşların, Antosiyaninin Çeşitli Geçiş Metalleriyle Renkli Kompleksler Vererek Boyanması”, *XVI. Ulusal Kimya Kongresi, Konya* ss. 912

PAKOLPAKÇIL, Ayben (2013). “Akıllı tekstillerde Kullanılmak Üzere Holokromik Boyalarla Boyanmış Poliamd 6,6 Kumaşın Yaş Haslıklarının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, dan. Yrd. Doç. Dr. Aslıhan Delituna, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ

ZARI, Maibritt, Pedersen . “Biomimetic Approaches To Architectural Design For Increased Sustainability”, *School of Architecture, Victoria University, New Zealand*

PHILLIP, David, Gonzales (2011). “The Evolution of Ideas in Biomimicry”, Yüksek Lisans Tez Raporu, dan. Proff. James H. Williams Jr., Bachelor of Science in Mechanical Engineering at the Massachusetts Institute of Technology, Cambridge

RIFQI Muhammad Hariri, NUGAHANINGSIH, BALQIS (2013). “Study of Anthocyanin Pigment in Three Different Sepal Colour of Hortensia (*Hydrangea macrophylla*)”, *4th International Conference on Global Resource Conservation & 10th*

Indonesian Society for Plant Taxonomy Congress, Brawijaya University,

TAHA Emin, TOKUR İzzet, AKAR, Hasan (2017). “Endüstri 4.0 ve Geleceğin Lojistiği”, 2017 *Lojistik Sektör Raporu*, İstanbul

TARKAN, Tunç (2018). “Örgütsel Yenilikçilik Ve Belirleyicileri”, *Ömer Halisdemir Üniversitesi*, ss. 559-567

UNAT, Yavuz (n.d.). “Artuklular Dönemi’nde Bir Türk Mühendis; Cezerî”, Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Felsefe Bölümü, Bilim Tarihi Anabilim Dalı, ss. 1-23

YILDIRIM, Nur (2014). “Nature Inspired Design Paradigsm For Design Idetion: A Study On Packaging Design”, Yüksek Lisans Tezi, dan. Dr. Hakan Gürsu, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Endüstriyel Tasarım Anabilim Dalı, Ankara

YILDIZ, H (2012). “Endüstri Ürünleri Tasarımı Kapsamında Biyomimetik Tasarımın Yeri Ve Metodolojisi”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalı, İstanbul

YILMAZ, Betül, Bay, PEKMEZ, Hatice, TÜRKER, Nüzhet (2019). “Anthocyanin Enigma”, *Science Stays True Here" Biological and Chemical Research*, No. 6, ss. 107

YILMAZ, Fevzi (2018). “Robotlar Hayatımızda” *İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, Sayı. 12, ss. 109-120

VOLSTAD, Nina, Louise, BOKS, Casper (2008). “Biomimicry - A Useful Tool For The Industrial Designer”, *Proceedings of Nord Design 2008 Conference*, 275-284

ZARI, Maibritt, Pedersen (2007). “Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability”, School of Architecture, Victoria University, New Zealand

İnternet Kaynakları

Dondio, Karla (2018), “Biomimicry”, <http://karladondio.com.au/technology-features/biomimicry/> (22.12.2018)

WebEcoist (2019), Brilliant Bio-Design: 14 Animal-Inspired Inventions, <https://www.momtastic.com/webecoist/2011/01/14/brilliant-bio-design-14-animal-inspired-inventions/> (07-06-2019)

Devarayan, Kesevan, KIM, Byoung, Shunk. (2015). “Reversible and universal pH sensing cellulose nanofibers for health monitor”, <https://doi.org/10.1016/J.SNB.2014.11.120> 05-06-2019)

<https://www.asit.gen.tr/dogal-indikatorler.html> (04-06-2019)

<https://www.lucarobotics.com/blog/first-humanoid-robot> (08-06-2019)

<https://www.rudolf.de/en/technology/gecko-finish-rudolfr/> (20-04-2019)

Baumann, Création, <https://www.creationbaumann.com/en/GECKO-I-ADHESIVE-TEXTILES-3745.html> (20-04-2019)

Haeckel Ernst. (1899). *Kunstformen der Natur. Philosophia Naturalis* (Vol. 23). <http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/haeckel/kunstformen/natur.html> (20-04-2019)

<https://history-computer.com/Dreamers/Elektro.html> (08-06-2019)

<https://www.espoma.com/learn-gow/gardening-projects/hydrangeas-true-blue-or-tickled-pink/> (04-06-2019)

<https://www.nekolik.com/mavi-cicekler-gercekten-mavi-mi/> (04-06-2019)

<https://patents.justia.com/patent/9855364> (04-06-2019)

Kerstiens, Holly (2019) “Tiny microstructures create color through light scattering, instead of with traditional pigments”, <https://asknature.org/strategy/microstructures-create-color/#.XLNC6OgzbIU> (14-04-2019)

<http://arsiv.mugekny.com/wp-content/uploads/2014/04/morpho.jpg> (15-04-2019)

<https://www.momtastic.com/webecoist/2011/01/14/brilliant-bio-design-14-animal-inspired-inventions/> (04-15-2019)

Çetinkaya, Murat (2013). “Doğadan Bilime Yeni Bir İlham: Örümcek Ağları” – *Açık Bilim*, <http://www.acikbilim.com/2013/05/dosyalar/dogadan-bilime-yeni-bir-ilham-orumcek-aglari.html> (05-08-2019)

<https://asknature.org/idea/purebond-technology/#.XLMx-OgzbiU> (05-08-2019)

http://www.robotiksistem.com/robotics_history.html (08-06-2019)

Sağır, Fatma, Seren (2018). Perlitte Ortanca Tarımı, *Plant Dergisi*, <http://www.plantdergisi.com/aras-gor-fatma-seren-sagir/perlitte-ortanca-tarimi-i-bolum.html> (02-06-2019)

<http://turkish.geenherbbt.com/sale-10714035-lowering-cholesterol-black-soybean-hull-natural-anthocyanin-extract-powder-anti-aging-effect.html> (05-06-2019)

Sır, Ali, Sabri (2017). “Endüstriyel Devrim Ve Süreçleri Nedir?”, <https://www.kreatifbiri.com/endustriyel-devrimler/> (06-06-2019)

<https://dusuneninsanlaricin.com/tavus-kusunun-kuyrugundaki-gizli-sinyal-hakkinda-bilmeniz-gereken-20-sey/> (20-04-2019)

<https://asknature.org/strategy/skin-changes-color-2/> (23-04-2019)

<https://asknature.org/idea/the-land-institute-permaculture/#.XHLzi4gzbIX> (24.02.2019)

<https://magaza.hammaddeler.com/Tito-Sodyum-Aljinat-Gida-Tipi-100-g,PR-31738.html> (06-06-2019)

<https://medium.com/t%C3%BCrkiye> (06-06-2019)

<https://www.autotrader.ca/newsfeatures/20160309/10-cars-that-look-like-animals> (10-06-2019)

<https://wol.jw.org/tr/wol/d/r22/lp-tk/102016211> (14-04-2019) (14-04-2019)

<http://makinemuhendisimiz.blogspot.com/2010/07/solar-panelli-fotosentez->

yapanotomobil.html) (14-04-2019)

<https://dusuneninsanlaricin.com/namib-bocegi-stenocara-hakkinda-bilmeniz-gereken-7-sey/> (20-04-2019)

<http://revizyonanaliz.com/1-0dan-4-0a-endustrinin-evrimi/> (22-04-2019)

PIÇAKLAR M. Orhan (2012), Rönesan ve Reform Hareketleri ve Kiliseye Etkileri, http://www.incilturk.com/Calvinizim/ronesans_ve_reform_kiliseye.htm Erişim Tarihi: (20-04-2019)

Genel Başvuru Kaynaklar

Merriam-Webster Dictionary (1828). from [https://www.merriam-webster.com/dictionary/artificial intelligence](https://www.merriam-webster.com/dictionary/artificial%20intelligence)

Oxford Dictionary <https://en.oxforddictionaries.com/definition/function>

Merriam-Webster Dictionary (1828). <https://www.merriam-webster.com/dictionary/robot>

Merriam-Webster Dictionary (1828). <https://www.merriam-webster.com/dictionary/biomorphic>

