T.C. İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKSTİL TASARIMINDA BİYOMİMETİK YAKLAŞIMLAR

Elif TATARİ

Danışman
Doç. Dr. Irmak BAYBURTLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL VE MODA TASARIMI ANABİLİM DALI
İSTANBUL- 2022

KABUL VE ONAY SAYFASI

Elif TATARİ tarafından hazırlanan **"Tekstil Tasarımında Biyomimetik Yaklaşımlar"** adlı tez çalışması 26/12/2022 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde başarı ile savunularak, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Tekstil ve Moda Tasarımı Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	**Doç. Dr. Irmak BAYBURTLU** İstanbul Ticaret Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	**Prof. Dr. Nigâr MERDAN** İstanbul Ticaret Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	**Dr. Öğr. Üyesi Başak ÖZKENDİRCİ** Doğuş Üniversitesi	.....

Onay Tarihi : 28.12.2022

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsünün 28.12.2022 tarih ve 2022/370 numaralı Yönetim Kurulu Kararının 1. maddesi gereğince, ders yüklerini ve tez yükümlülüğünü yerine getirdiği belirlenen "Elif TATARİ" adlı öğrencinin mezun olmasına oy birliği ile karar verilmiştir.

Prof. Dr. Doğan KAYA
Enstitü Müdürü

AKADEMİK VE ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

28.12.2022

Elif TATARİ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	3
3. TEKSTİL TASARIMI	5
3.1. Geçmişten Günümüze Tekstil	7
3.2. Tekstil (Temel Yapı) Oluşturma Yöntemleri	9
3.2.1. Dokuma	9
3.2.2. Örme	13
3.2.3. Dokunmamış kumaşlar (dokusuz yüzeyler, nonwoven)	16
4. BİYOMİMETİK	18
4.1. Nanoteknoloji	22
4.2. TEM/SEM Mikroskopları	25
4.3. Biyomimetik Uygulamaların Kullanıldığı Alanlar ve Örnek Alınan Türler	27
4.4. Biyomimetikte Örnek Alınan Türlerin Sınıflandırılması	27
4.4.1. Formun taklit edilmesi	28
4.4.2. Hareketin taklit edilmesi	32
5. TEKSTİL TASARIMINDA BİYOMİMETİK	35
5.1. Tekstil/Giyim ve İnovasyon İlişkisi	37
5.2. Tekstil Tasarımında Doğadan İlham Alınan Türler	38
5.2.1. Bitki	39
5.2.1.1. Dulavrat otu	40
5.2.1.2. Nilüfer yaprağı	44
5.2.1.3. Kozalak	56
5.2.2. Hayvan	61
5.2.2.1. Köpek balığı	62
5.2.2.2. Örümcek	70
5.2.2.3. Kelebek	77
5.2.2.4. Kutup ayısı	85
5.2.2.5. Geko kertenkelesi	93
5.2.2.6. Tavus kuşu	99
5.2.2.7. Stenocara böceği	105
6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	111
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	114
KAYNAKLAR	116
ÖZGEÇMİŞ	129

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TEKSTİL TASARIMINDA BİYOMİMETİK YAKLAŞIMLAR

Elif TATARİ

İstanbul Ticaret Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tekstil ve Moda Tasarımı Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Irmak BAYBURTLU

2022, 129 sayfa

Günümüzde teknoloji, her gün değişmekte-gelişmektedir ve bu gelişmede artan nüfusun etkisi büyüktür. Bu doğrultuda ihtiyaçlar fazlalaşmakta ve değişmektedir. Nüfusun çoğalması, çevreye atılan atıkların artmasına neden olmaktadır. Tekstil Endüstrisi'nin Dünya'yı kirleten ikinci büyük sektör olması nedeniyle araştırmacılar, doğadaki nesnelerin kendi yaşam sistemlerinin incelenmesine yönelmişlerdir. Doğadaki varlıklar yaşamları boyunca kendilerini çeşitli olumlu-olumsuz durumlara karşı koruma yetisi kazanmışlardır ve kendi ihtiyaçlarını karşılarken yeterli miktarda kullanım sağlayarak yaşamlarını sürdürmektedirler. Bu varlıkların dış görünüşü, hareketleri ve gösterdikleri tepkilerden ilham alınmıştır. Örnek alınan bazı ilhamlar sonucunda çevreye atılan atıklar ve su tüketimi gibi önemli etkenlerin minimuma indiği görülmüştür.

Çalışmada; teknolojinin gelişmesiyle birlikte, doğadaki varlıklardan ilham alınan 10 nesneye yer verilmiştir. Ayrıca yine doğadan alınan bir ilham örneği ile giyim alanında tasarım önerisi ilgili tez çalışmasında sunulmuştur.

Tez çalışmamda amaç; doğadan alınan örneklemlerin tekstil veya giyim ürünlerinde tercih edilmesindeki nedenlerin materyalin işlevsel veya görsel etkilerinin araştırılmasıdır. Bu doğrultuda tasarımcılara ve bu alana ilgi duyan araştırmacılara ürün tasarımlarında katkı sağlayarak yol gösterici olması amaçlanmaktadır.

Bu bağlamda yapılan araştırmada, yerli-yabancı kitaplardan, akademik makale ve tez çalışmalarından biyomimetik alanında yapılan yayınlar irdelenerek, tasarımlarda materyalin yansıttığı görselliğin ön planda olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyomimetik, doğa, giyim, görsellik, işlev, materyal, tekstil.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

BIOMIMETIC APPROACHES IN TEXTILE DESIGN

Elif TATARİ

İstanbul Commerce University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Textile and Fashion Design

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Irmak BAYBURTLU

2022, 129 pages

Today, technology is changing and developing every day, and the influence of the growing population on this development is great. In this way, the needs are increasing and changing. The proliferation of the population leads to an increase in waste thrown into the environment. Due to the fact that the Textile Industry is the second largest sector polluting the Earth, researchers have turned to the study of the own living systems of objects in nature. Beings in nature have gained the ability to protect themselves against various positive and negative situations throughout their lives and maintain their lives by providing sufficient use while meeting their own needs. The external appearance of these beings, their movements and their reactions were inspiring. As a result of some inspirations taken as an example, it has been seen that important factors such as water consumption and waste thrown into the environment have been reduced to a minimum.

In the study, 10 objects inspired by nature with the developpement of technology are included. In addition, a design proposal in the area of clothing with an example of inspiration taken from nature is presented in the related thesis.

The aim of my thesis is to investigate the reasons why samples taken from nature are preferred in textile or clothing products, that is, the functional or visual effects of the material. In this way, it is intended to be a guide for designers and researchers who are interested in this area by contributing to their product designs.

In this context, the research conducted examined the publications made in the area of biomimetics from domestic and foreign books, academic articles and dissertations, and concluded that the visuals reflected by the material are at the forefront of the designs.

Keywords: Biomimetic, nature, clothing, visuality, function, material, textile.

TEŞEKKÜR

Çalışmamda beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Irmak BAYBURTLU' ya teşekkürlerimi sunarım. Lisans eğitim hayatımdan lisansüstü eğitimime kadar her zaman bilgi ve deneyimlerini paylaşan değerli hocam Prof. Dr. Nigâr MERDAN' a teşekkür ederim. İstanbul Ticaret Üniversitesi Tekstil ve Moda Tasarımı Bölümü'ndeki bütün hocalarıma teşekkür ederim.

Prosedürler ile ilgili her sorumu güler yüzlü bir şekilde cevaplayan; İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür Yardımcısı Dr. Öğr. Üyesi Muhammet CEYLAN' a, Uzman Göksel KIBIŞ' a ve Kader Şimşir Acar'a teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında ve hayatım boyunca beni yalnız bırakmayan, her daim beni destekleyen, yanımda olan, güvenlerini ve sevgilerini hiç eksik etmeyen babam Haluk Tatari, annem Menal Tatari ve abim Emir Tatari' ye sonsuz sevgi, saygı ve teşekkürlerimle...

Elif TATARİ
İSTANBUL, 2022

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 3.1. Mısır'da dokuma yapan kadınların tasviri 10
Şekil 3.2. Mısır, Wadi Sagra'da bulunan 25 cm x 33 cm dokuma parçası 11
Şekil 3.3. Mısır döneminden bir dokuma parçası 12
Şekil 3.4. 1700 yıllık örme çorap 15
Şekil 4.1. Biyomimetik anlam şeması..... 18
Şekil 4.2. Shinkansen Bullet treni ve yalı çapkını 30
Şekil 4.3. Uyluk kemiğinden ilham alınarak inşa edilen Eyfel Kulesi 30
Şekil 4.4. Leonardo Da Vinci'nin eskizlerinde yer alan ejderha sineği 32
Şekil 4.5. Leonardo'nun Kuşkanadı Çalışması Tüy-Kemik İlişkisi ve Uçma Makinesi Sketch Çalışması 33
Şekil 4.6. Doğadan alınan ilhamın dağcı çapasına yansıması 34
Şekil 5.1. Cırt bantın mucidi, George de Mestral 40
Şekil 5.2. Dulavrat otunun yakından görünümü 41
Şekil 5.3. Taramalı elektron mikroskobu ile Velcro kanca-halkalarının 370 mikron görünümü 41
Şekil 5.4. George de Mestral'in icat ettiği cihaz şeması 42
Şekil 5.5. Dulavrat otundan esinlenerek üretilen Velcro (cırt) bant yakından görünüm 43
Şekil 5.6. Nilüfer (Lotus) çiçeği ve yapraklarının görünümü 44
Şekil 5.7. Lotus yaprağının üzerinde su damlalarının hidrofobik duruşu 45
Şekil 5.8. Taramalı Elektron Mikroskobu (TEM) ile lotus yaprağının görünümü 46
Şekil 5.9. Barthlott'un "bal kaşığı" 47
Şekil 5.10. Hidrofobik ve hidrofililik yüzeylerde temas açısının karşılaştırılması..... 49
Şekil 5.11. Lotustan ilham alınarak üretilen hidrofobik tişört..... 50
Şekil 5.12. 'Self cleaning' (kendi kendini temizleme) yapan tekstiller için kalite etiketi. 52
Şekil 5.13. Nanospher® tekstilinin sahip olduğu özellikler 53
Şekil 5.14. Gül genel görünüm 55
Şekil 5.15. Kozalağın açık ve kapalı olarak genel görünümü 57
Şekil 5.16. Kozalaktan ilham alınarak üretilen tekstilin hava kanalları 59
Şekil 5.17. Nike markasının aldığı patentte işlevin şeması 60
Şekil 5.18. Kozalaktan alınan ilhamın spor kıyafetlerinde kullanılması 61
Şekil 5.19. Köpek balığı genel görünüm 63
Şekil 5.20. Köpek balığı derisindeki dişli yapının görünümü..... 64
Şekil 5.21. Köpek balığından ilham alınarak üretilen "Speedo" marka mayo 65
Şekil 5.22. 93 Sydney Olimpiyatlarında köpek balığı özellikli mayo ile Ian Thorpe 66
Şekil 5.23. Michael Phelps, 2008 Pekin Olimpiyatları'nda 67
Şekil 5.24. Speedo's, Fastskin II 68
Şekil 5.25. Speedo mayonun su altında görünümü 69
Şekil 5.26. Örümcek ağı genel görünüm 70
Şekil 5.27. Ecriballate Örümceğinin yakalama ipeğinin büyütülmesi 71
Şekil 5.28. Bolt Threads'in MicroSilk™ ile satışa sunduğu kravat 72

Şekil 5.29. MicroSilk' in üretim aşamaları 73
Şekil 5.30. BoltThreads ve Stella McCartney iş birliği ile üretilen elbise 74
Şekil 5.31. Kevlar genel görünüm 75
Şekil 5.32. Balistik yelek görünümü 76
Şekil 5.33. Morfo kelebeği genel görünümü 77
Şekil 5.34. Çam ağacına benzeyen kelebek yapısına, ışığın gelmesiyle yansıyan renklerin oluşumu 79
Şekil 5.35. Morpho didius ve SEM görüntüleri 80
Şekil 5.36. 'Morfoteks' kumaşı 81
Şekil 5.37. Morphotex kumaşına ışığın yansımasıyla ortaya çıkan renk oluşumları 82
Şekil 5.38. Donna Sgro'nun Morfoteks kumaşını kullandığı tasarımı 83
Şekil 5.39. Donna Sgro'nun Morfoteks kumaşını kullandığı başka bir tasarımı 84
Şekil 5.40. Kutup ayısı genel görünüm 86
Şekil 5.41. Kutup ayısının kürkü ve siyah derisinin görünümü 86
Şekil 5.42. Kutup ayısı kıllarının ısı yalıtım mekanizması ve biyo-ilhamlı tekstil 88
Şekil 5.43. Thermolite® soğuk işlem eldivenleri 90
Şekil 5.44. Thermolite ® EcoMade mont 91
Şekil 5.45. Kutup ayısından ilham alınarak üretilen Thermolite mont 91
Şekil 5.46. Patagonia R2 Regulator Fleece Ceket 92
Şekil 5.47. Geko kertenkelesi genel görünüm 94
Şekil 5.48. Kertenkelenin ayak yapısının yakından görünümü 94
Şekil 5.49. Geko ayak kıllarının SEM görüntüsü 95
Şekil 5.50. Geko'dan esinlenerek üretilen dağcı ayakkabısı 96
Şekil 5.51. Geko'dan esinlenerek üretilen pencere perdesi 97
Şekil 5.52. Tavus kuşu tüyü genel görüntüsü 99
Şekil 5.53. Tavus kuşu kanadını oluşturan tüy yapısının mikroskop görüntüsü 100
Şekil 5.54. Tavus kuşu tek tüy yapısının sınıflandırılması 101
Şekil 5.55. Leitz stereo optik mikroskop kullanılarak barbulların yakından görünümü 102
Şekil 5.56. Tavus kuşu tüy yapısının detaylı görünümü 103
Şekil 5.57. Tavus kuşundan ilham alınarak üretilen çanta ve ayakkabı 104
Şekil 5.58. Tavus kuşundan ilham alınarak üretilen pigment kullanılmayan yastıklar 105
Şekil 5.59. Namibya (Stenocara) böceği görünümü ve su toplama sistemini taklit eden endüstriyel tasarım 105
Şekil 5.60. İlham alınarak tasarlanan portatif su depolama ünitesi 107
Şekil 5.61. Stenocara böceğinin sahip olduğu özelliği yansıtan sırt yüzeyi . 108
Şekil 5.62. Stenocara böceğinin sırt yapısı taklit edilerek şapkaya uyarlanması 108
Şekil 5.63. Şapkada suyun birikmesi için eklenen bölüm 109
Şekil 5.64. Stenocara'dan alınan ilham ile oluşturulan inovatif tasarım 110
Şekil 5.65. Tekstil ve Giyim Tasarımında Kullanılan Biyomimetik Örneklemlerin Yansıttığı Görselliklerin Karşılaştırılması 113

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bkz.	Bakınız
cm	Santimetre
İ.Ö.	İslamiyet'ten Önce
km	Kilometre
m	Metre
M.Ö.	Milattan Önce
M.S.	Milattan Sonra
Nm	Nanometre
NNI	Ulusal Nanoteknoloji Girişimi
Örn.	Örneğin
s	Saat
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TDK	Türk Dil Kurumu
TEM	Geçirimli Elektron Mikroskobu
UV	Ultra Viyole
vb.	ve benzeri, ve bunun gibi, ve başkası
vd.	ve diğerleri
µm	Mikrometre
™	Ticari Marka
®	Tescilli Ticari Marka
%	yüzde işareti

1. GİRİŞ

Gün geçtikçe hızla değişen ve gelişen teknoloji karşısında artan nüfusun etkisi fazladır. Nüfusun artmasıyla beraber ihtiyaçlar değişmekte ve artmaktadır. Bununla birlikte doğal kaynakların yetersiz kalması, atıkların artması ve çevreye karşı olumsuz etkiler yaşandığından doğal kaynakların incelenmesine ihtiyaç duyulmuştur.

Hayvanlar ve bitkiler yaşamları boyunca ihtiyaçlarını yeteri kadar kullanmaları uzmanlar tarafından dikkat çekmiştir Tasarım ürününe, doğadan alınan nesneleri taklit ederek işlevsel avantaj sağlanmaktadır. İlham kaynağı olan varlıklar, zamanla doğadaki olumlu-olumsuz durumlara karşı (hava koşulları, kendilerini yırtıcılara karşı koruma vb.) uyum sağlayarak gelişmiştir. Doğanın zamanla kendi kendini geliştirme yolları, birçok endüstriyel alanda kullanılmaktadır ve aynı zamanda tekstil materyallerinde kullanılmasında; hayatta kalma becerileri tasarımlara dayanıklılık, yenilik sağlayarak ilham kaynağı olmuştur.

Tekstil geçmişten günümüze gelen bir materyaldir. Doğal kaynaklara yönelme yeni bir fikir değil, ilkel çağlardan başlamaktadır. İlkel zamanlarda, insanların kendilerini dış etkenlerden, soğuktan-sıcaktan korumak ve örtünme ihtiyacı duyulmasına karşı yönelmesiyle, hayvan postlarından veya çeşitli bitki, ağaç yaprakları kullanılarak örtünmeye çalıştıkları bilinmektedir. İlerleyen zamanlarda keçe gibi dokunmamış yüzeylerin, dokuma ve örmenin kullanılmaya başlanmasıyla tekstil endüstrisi yeni bir boyut kazanmıştır. Bununla birlikte artan talep ve bunun neden olduğu kirlilik, insanoğlunu yeni arayışlara itmiştir.

Nüfusun ve dolayısıyla ihtiyaçların artmasıyla doğaya dönülmesinde yeni teknolojik arayışların etkisi büyüktür. Çünkü doğa kendi kendini onarma, yaşamlarını sürdürebilme özelliklerine sahiptir. Doğadan ilham alma anlamına gelen “Biyomimetik” ile, nesnelerin formu, çevreye karşı gösterdikleri uyum

incelenmiştir ve teknoloji kullanılarak yeni inovatif ürünler tasarlanmasında yol gösterici olmuştur.

Günümüzde halen daha bilim adamları tarafından doğadan ilham alma ile nesnelerin araştırılması devam etmektedir. Devam eden araştırmalara bakıldığında, biyomimetik kullanılarak üretilen ürünler sadece giyimde kullanım amacıyla değil, tekstil materyallerine uygulandığında ev tekstilinde, otomotivlerde, dış giyimde, başka endüstriyel alanlarda (örneğin savunma sanayiinde) kullanılabilecek ürünlerde de kullanılabilmektedir.

Doğadan ilham alınarak üretilen ürünlerin tamamı sürdürülebilir veya çevreye zararı yok denemez. Bunun nedeni, ilham alınan nesnenin özelliğinin doğada ayrışmayan, örneğin tekstilde sentetik ürünlere uygulandığında çevresel etkiler doğurabilmektedir. Ancak bu bütün biyomimetik ilhamlarda gerçekleştiği anlamına gelmemekle birlikte bazı örneklerde olduğu gibi su tasarrufu veya kimyasal uygulamaların en aza indirilmesi, boyar madde kullanılmasına gerek duyulmaması gibi olumlu çevresel etkiler de mevcuttur. Bunun sonucunda doğa, bize sayısız örnek sunmaktadır ve tekstil alanında yapılan araştırmalar halen devam etmektedir. Devam eden aştırmalarda, birçok işlevsel özeliklere sahip inovatif ürünlerin ortaya çıkmasına olanak sağlar. Tasarımlarda hem estetik görünüm hem de görsel işlevsellik önemlidir. Estetik görünümlerde desen, renk yönleri etkilidir. Çalışmada estetik görünüm değil, işlevselliğin oluşturduğu görsellik incelenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Çalışmada; doğadaki nesnelerden ilham alınarak ve nano teknoloji kullanılarak üretilen tekstil materyallerinin sektörlere göre kullanım alanları, tekstilin giyime uyarlanması ve devam eden araştırmaların uygulanması sonucunda ileride kullanılabilecek tekstil-giyim örneklerine yer verilmiştir. Tez konusu bağlamında; yeni ürünler oluşturulması konusunda inovasyon kavramı, tekstile bağlı olarak da giyim kavramı beraber ele alınmıştır.

Benyus (1997), Ghosh ve Eadie (2011), Kapsali (2009), Singh, vd. (2009)'nin araştırmaları incelenmiştir ve biyomimetik ile ilgili bilgilerinden yararlanılmıştır. Cui vd. (2018), Burgess vd. (2006), Choi (2013), Dushkina ve Lakhtakia (2013)' nın akademik yayınlarından biyomimetikten ilham alınarak özellikleri belirlenmiş örneklemler incelenmiştir. AskNature (2022) kaynağından, doğada var olan birçok nesnenin sahip olduğu özellikler incelenmiştir. Forbes (2008)'in yayınlarından nilüfer etkisinin kendi kendini temizleme özelliğinin biyomimetikteki avantajları incelenmiştir. Brown ve Stevens (2007)'ın araştırma bulgularından nano liflerin ve nano teknolojinin tekstil materyallerine uygulanması incelenerek nanoteknoloji uygulamaların biyomimetik bağlamında etkileri belirtilmiştir.

Unat (2012), Lu ve Dai (2012)'nin çalışmalarında yer alan, Leonardo Da Vinci'nin 1480'li yıllarda, doğadan esinlenerek uçma mekanizma fikrini tasarladığı eskizleri incelenmiştir. Bu inceleme ile biyomimetik kavramının henüz oluşmadığı geçmiş dönemlerde canlıların dış görünüşünden ilham alınarak oluşturulan, o zamanın düşüncesini yansıtan araştırma bulgularına varılmıştır.

Alpan (1984) ve Tuğay (1989)'ın tekstil tasarımında ürün oluşturulmasında kullanıcının işleve veya estetik görünüme karşı ifadeleri incelenmiştir. Alpay (1989), Dölen (1992), Ergür (1989) ve Redmore (2011)'un araştırmalarında tekstil ve tasarım olguları incelenmiştir. Dandul (1984), Gürsoy (2010)'un

araştırmalarında tekstilin yapı oluşturma yöntemleri, tekstil ve giyimin bilim ile ilgisi irdelenmiştir.

Tez çalışma kapsamında; doğadaki varlıkların görünümleri, yaşamları boyunca edindiği hareket özellikleri ve çevrelerine karşı gösterdikleri davranış biçimlerinden ilham alınması işlevsel, inovatif ürünlerin tasarlanmasına öncülük etmiştir. Çalışmada alınan örneklerin, tekstil ve giyim materyallerine bağlı olarak üretilen, tasarlanan veya ilhamın belirlenerek tasarlanması planlanan giyim ve ev tekstilinde kullanılan biyomimetik örneklere yer verilmiştir. Verilen örneklerin tekstil ve giyim alanında uygulanmalarına göre tasarlanan ürünün işlevsel ve görsel yönleri irdelenmiş, ileride bu alanda yapılacak olan tasarım araştırmalarında tasarımcılara öncülük etmesi amaçlanmıştır. Biyomimetik olarak araştırmaları devam eden stenocara böceğinden ilham alınarak, giyim materyali tasarım örneği verilmiştir.

Çalışmada; doğada bulunan örneklemler arasından dulavrat otu, nilüfer, kozalak, köpek balığı, örümcek, kelebek, kutup ayısı, kertenkele, tavus kuşu ve stenocara böceği çeşitli kaynaklardan araştırılarak incelenmiştir. Velcro®, BoltThreads, Inotek™, Polartec®, Schoeller®, Morphotex® vb. markaların bu canlılardan ilham alınarak üretilen veya üretilmesi planlanan tasarımların, tekstil-giyim materyallerinde yansıtılan işlevsel ve görsel etkileri ön plana çıkartılmıştır.

Araştırma yöntemi olarak; çeşitli yerli ve yabancı kitaplar, elektronik dergiler, akademik makale ve tezlerden literatür taraması yapılmıştır. Kütüphane ve internet yayın kaynaklarından biyomimetik, nanoteknoloji ve tekstil alanlarıyla ilgili yapılmış yayınlar incelenmiştir.

3. TEKSTİL TASARIMI

Türk Dil Kurumu sözlüğünde tasarım “bir sanat eserinin, yapının veya teknik ürünün ilk taslağı, tasar çizim, dizayn” olarak ifade edilmektedir (TDK, 2021). Dilimize “Tasarım” olarak ifade edilen sözcük Latince “de+ignare” kökünden gelmekte ve işaretlemek, belirtmek, planlamak, resmetmek, bir model veya şekil olarak kurmak anlamlarını taşımaktadır (Sezgin ve Önlü, 1992).

'Tekstil' terimi ise, ‘dokuma' anlamına gelen Latince ‘texere’ kelimesinden türetilmiştir (Ghosh ve Eadie, 2011). Tekstil; insan yaşamının başlangıcından sonuna dek, varlığını koruyan bir olgudur (Dandul, 1984). İnsanlar ilk çağlardan beri tekstili hem örtünme ihtiyacından hem de çeşitli doğa olaylarından korunmaya karşı kullanmış oldukları bilinmektedir. Tercihlerini; çevreden, hayvan derilerinden, postlarından, çeşitli ağaç ve bitkilerden sağlamışlardır. Kendilerini koruma ihtiyaçları arasında, yırtıcı hayvanlar veya iklimsel nedenler yer almaktadır.

Yaşam boyunca her dönem, kişi-tekstil ile ilişki kurmaya, bütünleşmeye, ihtiyaç duymuştur. Tekstil materyali çoğu zaman, kullanıcısına; salt işlevsel gereklerin ötesinde, mutluluk, sevinç, kendine güven gibi duyumları kazandırmıştır. Kişinin; seçme beğenme, karar verme gibi kişilik oluşum değerleri gelişiminde, tekstil ürünleri, önemli rol oynamaktadır (Dandul, 1984). Tekstil gün geçtikçe değişmeye ve gelişmeye devam etmektedir. Hava durumu, yaşam koşulları, teknolojinin gelişmesine bağlı yenilikler ve düşünce yapıları da etkili olabilmektedir.

Bahsedildiği gibi örtünme ihtiyacı çeşitli nedenlerden meydana gelmiştir. Bu ihtiyaçlar işlevselliğe-ihtiyacı karşılamaya bağlı olarak gelişirken bazı durumlarda estetik kaygısına bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Öyle ki, kişinin işlevsellikten uzaklaşarak, ürünü estetik yönüne bağlı olarak tercih etmesine neden olmuştur.

Alpan'a göre; eğer tasarladığımız şeyin kendine uygun etkinliğini tam olarak analiz edersek ve analizimiz gerekli olan tüm verileri sağlıyorsa, mantıklı olarak, tasarım işlevden çıkartılır veya form işlevin sonucudur denilebilir (Alpan, 1984). Tuğay'ın ifadesine göre ise, insanın davranış biçimlerinin şekillenmesi ve değişmesi sürecinde, amaca, ihtiyaca uygun araç yapımına yönelim vardır (Tuğay, 1989).

Çevremizde bulunan her şey aslında sistemin bir parçasıdır ve buradan yola çıkarak bir ürünün hangi sistemin bir ögesi olduğu göz önünde bulundurulmadan, doğrudan onun işlevini düşünmek olayı karıştırır. Tasarımcı, tasarlanacak ürünü ayrı düşünmek ve tasarlamak durumundadır. Ancak, tasarımcının göz ardı edemeyeceği şey yalnızca bir ögeyi tasarlıyor olsa bile, sistemin tümü ile ilişki kurmaktır (Saldıray, 1989).

Sanat yapıtlarının tümü için vazgeçilmez olan özgün olma koşulu yanı sıra, işlevsel olma zorunluluğu, tekstil tasarımının ana koşullarındandır. İşlevsel olmayan tekstil ürünlerine serbest sanat yapıtı gözüyle bakmak ve tekstil tasarımı kavramı dışında tutmak daha doğru olacaktır. Kullanım amacıyla seri olarak üretilmedikten sonra söz konusu yapıt, malzemesi tekstil olan estetik değerlerle bezeli özgün bir sanat objesidir (Ergür, 1989).

Genel olarak tasarım oluşturulurken sorunun ne olduğunu analiz etmek ve bu doğrultuda çözüm üretmek amaçlanmaktadır. Bunun için öncelikle hedefe veya soruna bağlı fikir bulmak, bir fikir bulmak için de bilgi elde etmek ve yaratıcı düşünce gerekmektedir. Belirli düşünce kalıplarından uzaklaşıp çok yönlü düşünülmesi, yeni fikirler ortaya konulması gerekmektedir.

İşlevin kullanılmasında, bir fonksiyon analizi yapmadan ve bundan çıkarılacak mantıklı aşamaları kullanmadan tamamen işlevsel bir tasarım yapabilmek çok zordur. Fonksiyon analizi yaparken, tasarlanacak şeye uygun etkinliğin ne olduğu, analiz sonucunda çıkacak verilerin tasarıma egemen olup onun kurgusunu mu belirleyeceği yoksa yalnızca bir yol gösterici mi olacağı saptanmalıdır (Alpan, 1984). Tasarımda problemin ne olduğu belirlenirse,

ileride gerekli olmayan, kafa karıştıran veya konudan uzaklaşılmasına neden olacak araştırma sonuçlarına varılmasını önlemeyi sağlamaktadır. Bu bağlamda da tekstil tasarımında inovatif tasarımların oluşması meydana gelmektedir. Bunun için önce anlaşılması gereken tekstilin hangi tarihte, koşullarda ve yöntemlerde oluştuğunun bilinmesidir.

3.1. Geçmişten Günümüze Tekstil

Tekstil tasarımının tarihi net olarak bilinmemekle birlikte çeşitli bölgelerden yazılı kaynaklar günümüze ulaşmıştır ve Gürsoy'un ifadesine göre; geçmişe bakıldığında, insanların hava koşullarından korunmak için giyindikleri sonucuna varılmıştır (Gürsoy, 2010). Eskiden insanlar avladıkları, öldürdükleri hayvanların kürkleriyle, postlarıyla kendilerini örterek, iklim şartlarına karşı kendilerini korumaya çalışmışlardır (Gürsoy, 2004).

Asıl dokuma işlemi keşfedilmeden önce bile, koruma için çitler, barınaklar ve sepetler oluşturmak üzere dalları birbirine bağlamak için dokumanın temel prensibi uygulanmıştır. 20.000- 30.000 yıl önce insanoğlu, bitki liflerini birbirine bükerek ilk ipi geliştirdi. Taş Devri İnsanının ip ve iplikle yaptığı ilk deneyler, ilk dokuma tekstillere yol açmaktadır (Rozentals, 2022).

Tekstilin öyküsü elyafın (liflerin) elde edilmesiyle başlamaktadır. Tekstil materyalinin oluşumunda en önemli iki unsur elyaf ve ipliktir. Elyafın tekil hali olan lif, belirli bir inceliğe, mukavemete, uzunluğa sahip, bükülebilen yapıdır. Dolayısıyla tekstil yapı olarak; elyaftan (liflerden), filamentlerden, ipliklerden oluşmaktadır. Tekstil üretimi, liflerden başlayıp istenilen özelliklere sahip ürün haline gelme sürecidir. Elyaftan elde edilen iplik, bir kumaş dokusunun oluşturulabilmesi için en önemli unsurdur. Doğal elyafın çeşitleri olarak bitkisel (pamuk, keten vb.) ve hayvansal (yün, ipek vb.) olarak ikiye ayrılmaktadır.

Doğal lifler, sadece kesitleri düzensiz değil, yüzeyleri kimyasal ve fiziksel olarak heterojen olduğu için zorluklar sunmaktadır. Bununla beraber doğal elyafın yüzeyini kontrol etme yeteneğine sahip olmak, doğal elyaflar yenilenebilir ve

biyolojik olarak parçalanabilir kaynaklar olduğundan ekonominin çok ötesine geçen büyük fırsatlar sunmaktadır (Brown ve Stevens, 2007).

Tekstil önceleri sadece doğal kaynaklardan elde edilmekteydi bu hususa bağlı olarak, doğada en çabuk çözünebilen yapılardandır. Yıllar geçtikçe, nüfus artışı olmuştur ve bu doğrultuda kullanılan kaynak tüketimlerinde ihtiyaç artmıştır bunun sonucunda da doğal liflerin yanında sentetik liflerinde kullanılmasına başlanmıştır. Dölen'in ifadesine göre;

Dokuma ürünlerinin tüketiminde ortaya çıkan büyük artış sonucunda doğal bitkisel ve hayvansal lif kaynakları zamanla yetersiz kalmaya başlamıştır. Eğer dokuma alanında yalnız doğal kaynaklara bağlı olsaydık günümüzde beslenme sorunu yanında büyük bir giyim sorunu ile de karşı karşıya kalacaktık. Tekstil endüstrisinde yapay liflerin kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmakta ve bunların toplam elyaf tüketimi içindeki oranı da gitgide artmaktadır (Dölen, 1992).

Doğal veya yapay polimer maddelerin elyaf biçimine dönüştürülmesi sonucu elde edilen tekstil hammaddelerine genel olarak yapay elyaf veya kimyasal elyaf adı verilir.

Yapay lifler ise suni (rejenere) ve sentetik lifler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Yapımında başlangıç maddesi olarak doğal hammadde (selüloz veya protein) kullanılan, kimyasal işlemlerle esas molekül yapısı bozulmadan elde edilen liflere rejenere lif denir. Rejenere lifler, doğal polimerlerden kimyasal ve fiziksel işlemlerle yeniden şekillendirilerek bir lif çekim yöntemiyle filament hâlinde üretilirler (MEB, 2018).

Sentetik olarak elde edilen polimerlerin benzer işlemlerden geçirilmesi sonucu elde edilen liflere sentetik elyaf adı verilir. Yapay elyaf doğal elyafa oranla daha düzenli özelliklere sahiptir, iklim koşullarından etkilenmez ve iş verimi daha yüksektir (Dölen, 1992).

Dünyada gelişen teknolojinin ürünü olarak ortaya çıkmış olan rejenere lifler, selülozik ya da protein kaynaklı doğal maddelerden kimyasal yöntemlerle elde edilmektedirler. Üretim genelinde işlem adımları olarak; lifi oluşturacak hammaddelerin çeşitli kimyasal işlemlerden geçirilerek çözelti haline getirilmesi ve sonrasında düzelerden çekilerek filament halinde life dönüştürülmesinden meydana gelmektedir (Güler, 2008). Yukarıda bahsedilen liflerin oluşmasıyla, tekstil temel yapı oluşum teknikleri (dokuma, örme veya dokunmamış yüzeyler) meydana gelmektedir.

3.2. Tekstil (Temel Yapı) Oluşturma Yöntemleri

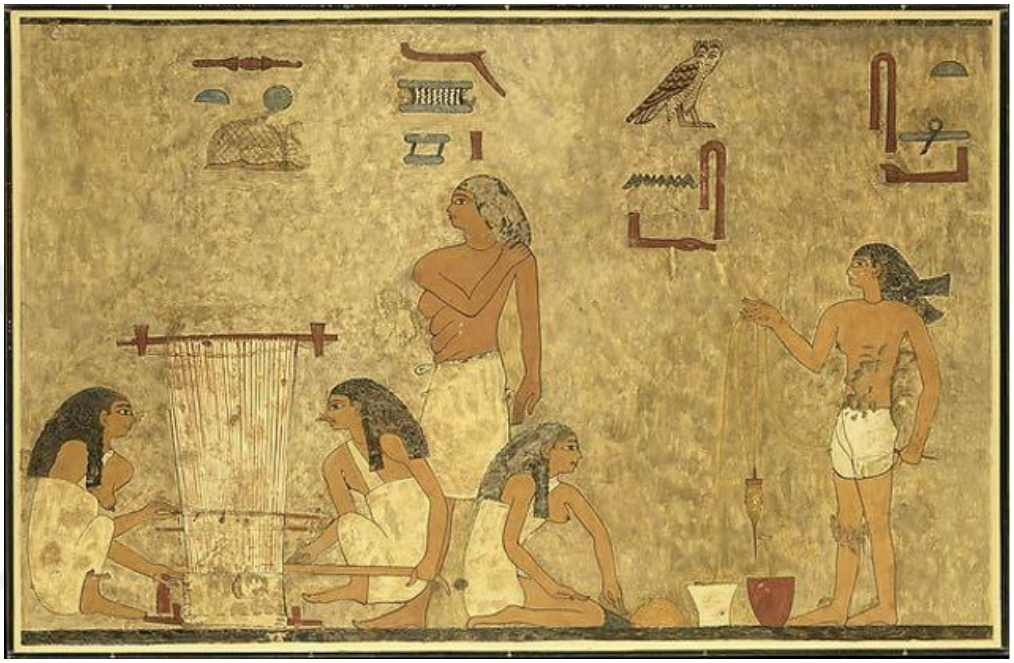
Tekstil temel yapı oluşturma yöntemleri arasında dokuma, örme ve dokunmamış yüzeyler yer almaktadır. Tekstil yapılarını kategorilere ayırmak gerekirse; ilk kategori, dokunmamış kumaşlar ve keçelerin oluşturulması için doğrudan lif veya filament ağlarından bağlama, eritme veya birbirine geçme yoluyla üretilen tekstilleri içermektedir. İkinci kategori olarak, ipliğin mekanik yönlendirme yoluyla oluşturulan ve böylece dokuma bir kumaş üreten tekstilleri içerir (Baron, vd., 2005). Üçüncü kategori olarak da ipliğin iğne ve yardımcı elemanlar kullanarak ilmekler haline getirilmesi ile oluşturulan örme yapılarını kapsamaktadır. İnsanoğlu göçebe hayatını bırakıp yerleşik düzene geçmesiyle birlikte önce dokuma daha sonra örmenin ortaya çıktığı bilinmektedir.

3.2.1. Dokuma

Dokuma geçmişten günümüze ulaşan tekstil yapı oluşturma tekniklerinden biridir. Geçmişte el dokuma tezgahlarının kullanıldığı bilinmektedir. Endüstri devrimi ve buna bağlı olarak teknolojinin günden güne gelişmesiyle, günümüzde otomatik dokuma tezgâhları kullanılmaktadır. Dokuma tarihini varoluş ve gelişim süreçlerini ifade etmemiz gerekirse;

M.Ö. 8-12000 yıllarında bilinen anlamda dokuma yoktur (Gürsoy, 2004). İlk çağlardan bu yana bilinen dokumaya ilişkin ilk kayıtlara Antik Yunan

Medeniyetinde rastlanılmıştır. Bu medeniyetten günümüze ulaşan birçok rölyef, vazo veya antik heykellerde, dokuma yapıldığı hatta iplik eğrildiğini gösteren çok çeşitli kabartmalar ve işaretler vardır (Gürsoy, 2010). Bunun dışında, Mısır'dan da elde edilen örneklerde dokuma yapan insanların tasvirleri olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 3.1.). Mısırdan bazı dokuma örnekleri görsellerle belirtilmiştir (Şekil 3.2. ve Şekil 3.3.).



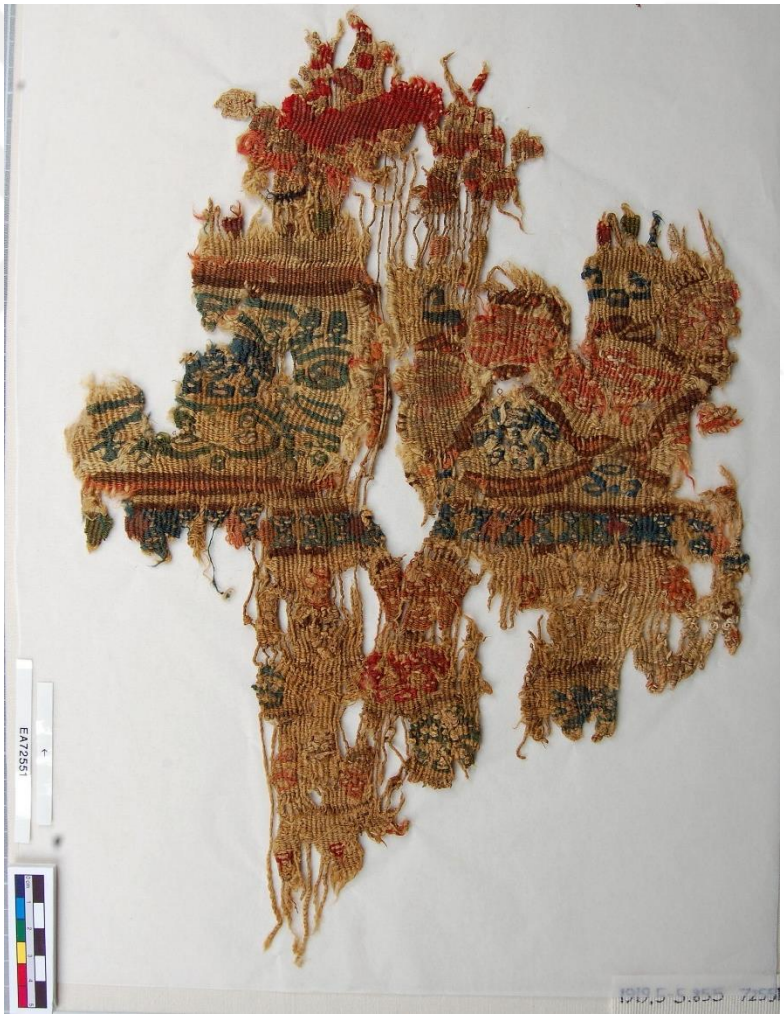
Şekil 3.1. Mısır'da dokuma yapan kadınların tasviri (Jacome, 2022).

Dokunmuş kumaşların İslamiyet'ten önce (İ.Ö.) 6000 yıllarında kullanıldığına dair arkeolojik buluntuların varlığı, birbirine dik iki iplik sistemi ile tekstil yüzeyi oluşturma yöntemi olan dokumacılığın günümüzden en az 8000 yıl öncesinde bilindiğini göstermektedir (Dölen, 1992).

Kumaşın dokunduğuna dair başka buluntular, Mezopotamya ve Türkiye'de M.Ö. 7000 ile 8000 yılları arasında ifade edilebilmektedir ancak tekstil ürünlerinin zamanla bozulabilen doğası nedeniyle kesin bir tarih ifade etmek mümkün değildir. Medeniyet geliştikçe, kraliyet ve kilisedeki figürler, karmaşık şekilde dokunmuş süslü kumaşların kullanılmasıyla çeşitliliği göstermeye başladı (Redmore, 2011). Örneğin, Neolotik döneme ilişkin olan ve karbonlaşmış

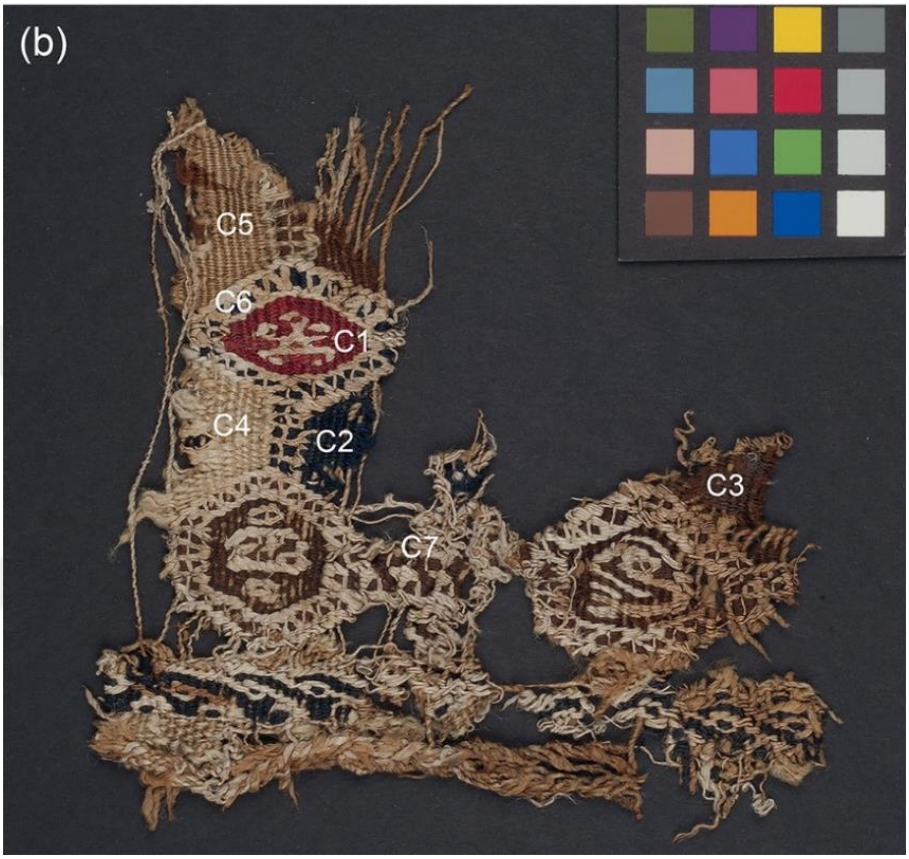
biçimde bulunan en eski dokuma kumaş kalıntılarına ülkemizde yapılan kazılarda rastlanılmıştır (Dölen, 1992).

Dokumaların çeşitleri coğrafi konuma göre de değişim göstermektedir. Amerikalılar özellikle soğuk mevsimlerde dokuma pamuk, kenevir kumaş ve alpaka yününü tercih ederken, çok daha sıcak bölgelerde keten, ipek ve pamuk gibi malzemeler daha hafif giysiler sağlamak için dokuduğu bildirilmektedir (Jacome, 2022). Buna başka örnek olarak, Anadolu da bulunan kalıntılarda yün dokumalar ağırlıklıyken, iklimi daha sıcak olan Mısır da keten dokumaların tercih edildiği anlaşılmaktadır.



Şekil 3.2. Mısır, Wadi Sagra'da bulunan 25 cm x 33 cm dokuma parçası (British Museum).

Eski buluntulara örnek olarak; Hintliler çok ilkel dikey bir dokuma tezgâhı kullanarak bitki liflerine keçi kılından yapılmış ince iplikler katarak dokuma yapmışlardır. Hindistan'da bulunan yaklaşık 5000 yıl öncesine ilişkin gümüş vazoların içinde pamuklu dokuma parçaları bulunmuştur. Mısır'da İ.Ö. 1346 olarak tarihlenen Tutankamon' un mezarında 2 m x 7 m boyutunda keten kumaş bulunmuştur (Dölen, 1992).



Şekil 3.3. Mısır döneminden bir dokuma parçası (Dyer, vd., 2018).

Dokuma kumaş, birbirine geçen iki veya daha fazla iplik setinden oluşmaktadır ve bu kumaşlar genellikle atkı-çözgü olarak birbirlerine dik kesişmektedir. Dokumada önceden ne istenildiğine karar verilmesi, önceden hazırlık yapılması gerekmektedir. Çözgü iplikleri tezgâhta sabit, kumaşın boyunu oluştururken, atkı iplikleri ise mekik yardımı ile kumaş enini oluşturmaktadır. Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle, eskiden kullanılan ilkel tezgahların yerini ileri teknoloji tezgahlar kullanılmaktadır.

Kumaş dokumacılığı, Sanayi Devrimi (1760 – 1815) sırasında buhar ve suyla çalışan tezgahların gelişmesiyle mekanize bir endüstri haline gelmiştir. Bunun sonucunda, dokumacının atkı ipliğini elle çözgü içine yerleştirmesi ihtiyacını ortadan kaldırmıştır. (Rozentals, 2022).

Dokuma kumaşlarda atkı geçme kuralı binlerce yıl aynı kalırken, kullanılan yöntemler ve dokuma makinelerinin devreye alınma şekli kontrol edilerek değiştirilmiştir. 20. yüzyılın son yıllarına doğru, değişim oranı sürekli artmıştır. Önceleri emek isteyen ve yoğun bir sektör olan dokuma, günümüzde en modern teknolojiyi kullanarak hızla ilerlemektedir (Sondhelm, 2000).

Dokuma kumaşlar günümüzde, giysilik kumaşlarda, ev tekstillerinde-döşemeliklerde, endüstriyel ve teknik kumaşlarda kullanılmaktadır. Giysilik kumaşlarda; aralarında takım elbiselerde, pantolon, gömlek, palto veya spor giyimi gibi çeşitleri olan kumaşların üretimi için kullanılmaktadır. Ev tekstilleri ve döşemeliklerin kullanım alanı olarak; perde, masa örtüsü, yatak takımları, havlu, mobilya döşemeleri ilk akla gelen örneklerden birkaçıdır. Endüstriyel ve teknik kumaşlar arasında; yelken bezi, çuval bezi, araçlardaki emniyet kemerleri ve hava yastıkları kullanılan örneklerden bazılarıdır.

Dokuma teknik tekstillerinde, malzemenin esnekliği, inceliği, mukavemeti, gözenekli yapısı kullanılan dokumaya, iplik sıklığına yani her bir iplik adetine bağlı olarak değiştirilebilmektedir. Yapılar ayrıca geniş çapta kumaşlar üretmek için çeşitlendirilebilir (Sondhelm, 2000). Böylece, dokumanın sadece giyim alanında değil aynı zamanda günümüzde birçok endüstriyel alanda da yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir.

3.2.2. Örme

Örmeyi kısaca tanımlayacak olursak; ipliğin iğne ve yardımcı elemanlar vasıtasıyla ilmekler haline getirilmesi ve bunlar arasında da yan yana ve üst üste bağlantılar oluşturulmasıyla yüzey elde etmeleridir. Atkılı örgüler ve çözgülü örgüler olarak ikiye ayrılır.

İpliğin eğrilmesi, dokuma vb. çalışmalar M.Ö. 5000–6000 yıllarından beri var olmasına rağmen el örmeciliği M.S. 600'lü yıllarda Mısır'da keşfedilmiştir. İlk örme çalışmaları, 1589 yılına kadar bugün hâlâ kullanılmakta olan basit şiş, mil, tığ ile gerçekleştirilmiştir (MEB, 2011). Yapı, birbirinin içinden geçerek bağlanan ilmeklerle oluşmaktadır. Atkılı örme ve çözgülü örme olarak iki farklı yapı oluşturma yöntemi bulunmaktadır. Örme yapılarda rahatlıkla ilmek arttırma ve eksiltme yapılabilmektedir (Tokatlı ve Erzurumlu, 2016).

El örgüsü oluşumu olarak, ilk yazılı kaynaklar 12. yüzyılda batı Avrupa'da yer alan dini evlerin envanterlerinde yer almaktadır. Örme tozluklar veya eldivenler gibi çok temel ev eşyalarına atıfta bulunmaktadırlar (Redmore, 2011). Bir süre daha el ile örgü devam etmiştir ama daha sonrasında örme makineleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Örme makinelerinin varlığı el örmeciliğini olumsuz etkileyip sonlandırmamıştır aksine günümüzde halen daha el örmeciliği devam etmektedir.

3. veya 4. yüzyıl zamanlarından kaldığı düşünülen (Wu, 2018), ayak başparmağı ile diğer dört ayak parmağı arasında ayrımı olan, bir çocuğun sol ayağı için kullandığı görseldeki (Şekil 3.4.) çizgili çorap (O'Connell, vd. 2014), Mısır şehri Antinooupolis'in 1913-1914 kazılarında (Wu, 2018) İngiliz bilim adamı John Johnson bu çorapları ilk bulan kişiydi (British Museum). Bir çöplükten çıkarıldığı bilinmektedir ve günümüzde Londra'daki British Museum'un koleksiyonlarında yer almaktadır (Wu, 2018). Çoraplar üzerinde yapılan araştırmalarda, nasıl yapıldığını ve hangi renkleri kaç sıra örüldüğünü ortaya çıkarmıştır. Ürün üzerinde çizgili bir desen oluşturmak için yedi farklı renk kullanıldığı görülmektedir. Çorabın o zamanki örme aşamalarında ise;

Tek bir iğne ilmek tekniğinde 6 veya 7 renk yün ipliğinde (birkaç S-bükülmüş iplik, Z-katlı) çalışıldığı gözlemlenmiştir. Kullanılan renkler, ayak parmaklarından başlayarak her ayak parmağı koyu yeşil yünden (10 sıra) yapılır. İki ayak parmağı daha sonra birleştirilir ve şeritler halinde işlenir: Somon pembesi (4 sıra), mor (4 sıra), mavimsi-yeşil (4 sıra), koyu kırmızı (6 sıra), yeşil (2 sıra). Daha sonra topuğun tabanı işlenir. Topuk kısmı somon

pembesi (3 sıra), mor (3 sıra), lacivert (2 kahverengi), somon pembesi (8 kahverengi), mor (4 sıra), sarı (4 sıra) şeritler halinde işlenmiştir. İlmeklerin turda işlendiği basamak işaretleri boyunca bir şerit. Üst kenar süreklidir ve kıvrılır; gevşek bir kırmızı yün ipliği, orta cephede bir kravat veya püskülün bir parçasını oluşturmaktadır (O'Connell, vd. 2014).



Şekil 3.4. 1700 yıllık örme çorap (British Museum).

İlk atkı örme makinesi 1589 yılında William Lee tarafından yapılmıştır. İlk çözgülü örme makinesi ise, 200 yıl sonra İngiliz bir adam olan Crane tarafından icat edilmiştir (Anand, 2000). Makinenin çalışması dokuma tezgahıyla karşılaştırıldığında çok daha karmaşık olan bu makine, pedal ve kasnakla çalışmakta ve dakikada 600 ilmek atarak hızla örülmekteydi (Dölen, 1992). Esnek uçlu örme iğnelerinin kullanıldığı bu düzenek, aynı anda 16 ilmek yapabilmektedir (MEB, 2011). Makinenin her bir ilmek için ayrı bir iğnesi vardı ve başlangıçta yalnız düz yüzeyler örülebilmekteydi. Örülen yüzeylerin kenarlarının dikilmesiyle çorap elde ediliyordu. İngiltere'de Nottingham yakınlarında Culveton köyünün papazı olan Lee, zamanla belirli biçimlerde parçaların örülebilmesine olanak sağlayan bir sistem geliştirmiştir. Örme işleminin belirli bir basamağında tezgahtaki belirli kancalar çekilerek işlem dışı bırakılıyordu (Dölen, 1992). 1758 yılında Jedediah Strutt, yatay durumda olan

iğne yatağına, dikey durumda bir iğne yatağı daha ekleyerek ilk çift iğne yataklı örme makinesini yapmıştır. 1789 yılında Fransız Decroix Wise, dairesel bir yatak üzerine iğneleri dizerek ilk yuvarlak örme makinesini yapmıştır (MEB, 2011).

Dokuma ve örme kumaşlar arasındaki farkları saymak gerekirse; örme kumaşlar istenilen her yöne esneyebilmektedir bu özellik kullanıcıya rahatlık sağlamaktadır. Dokuma kumaşlar sadece dokuma yönüne esnemektedirler. Örme kumaşlar ilmekli ve yumuşak bir dokuya sahipken dokuma kumaşlar ise atkı ve çözgü ipliklerinden oluşarak sıkı ve sert bir dokuda olmaktadırlar. Dokuma oluştururken; çözgü ve atkı olarak iki iplik sistemiyle oluşmaktadır. Örme yapıları ise tek iplik ile oluşmaktadır.

Dokumadan sonra keşfedildiği bilinen örme de yüzyıllar içinde gelişirken, keçe, şimdiki zamanda eski yaygınlığını kaybedip sadece zanaat işlerinde ve bazı sanatsal çalışmalarda varlığını sürdürmektedir.

3.2.3. Dokunmamış Kumaşlar (Dokusuz yüzeyler, nonwovens)

Dokuma, örme dışında kalan tekstil yüzeyi üretme yöntemleri çok çeşitlidir ve genel olarak “non-woven” veya “dokusuz yüzeyler” terimleri ile ifade edilmektedirler. Bu tekniklerden her birinin kendine özgü desenleme tarzının olmasının yanında, kullanılan malzeme ve üretilen tekstil yüzeyinin özellikleri, nihai kullanım amaçları dikkate alınarak belirlenebilmektedir (Alpay, 1989).

Harrocks ve Anand’ın ifadesine göre dokunmamış kumaş, mekanik, kimyasal, termal veya çözücü araçlar ve bunların kombinasyonları ile gerçekleştirilen, liflerin bağlanması veya birbirine kenetlenmesi veya her ikisi ile üretilen tekstil yapısıdır (Smith, 2000). Başka ifade ile; iplik haline getirilmemiş elyafın farklı yöntemlerle birbirlerine tutturularak meydana getirilen özel dokuya ya da yüzeye verilen dokunmamış ürün ismi, kullanım şekillerinden dolayı dokusuz yüzey malzemeleri olarak ifade edilebilmektedir (Anonim, 2022).

Dokunmamış kumaşlar arasında çoğunlukla görülen avantajlardan biri, genellikle doğrudan hammaddeden, bitmiş kumaşa kadar sürekli tek işlemde oluşmasıdır. Bu süreç, üretimin işçilik maliyetinin düşük olmasını sağlamaktadır.

Nonwoven üretiminde hem sentetik hem de doğal olmak üzere geniş bir elyaf yelpazesi kullanılmaktadır. Ağırlıklı olarak kullanılan elyaflar polipropilen, polyester ve rayondur (Anonim, 2022). Dokunmamış kumaşlar; yalıtım için müsait, hacim olarak %2-3 lif içeren vatkalardan ve lif içeriğinden %80'den fazla olabilen sert takviye tekstillerine kadar geniş tekstil özellikleri yelpazesi üretimi sağlayabilir (Smith, 2000). Dokunmamış kumaşlardan örnek olarak ham maddesi yün olan keçeden bahsetmek gerekirse;

Ovacık ve Gümüşer'in ifadesine göre; birçok ürünün yapımında keçe kullanılmaktadır. Örneğin; çadır, giyim, halı, eğer bezi vb. gibi. Koyun günü yanı sıra, deve, keçi ve alpaka günleri de kullanılmaktadır. Keçe, ısıyı koruyan, hava aldıran, yanmayan, organik liften yapıldığı için iklimsel koşullara dayanıklı, toprakta çürümeyen, sıkıştırılmış kılcal yapısından dolayı darbelere dayanıklı ve uzun ömürlü bir tekstil malzemedir (Ovacık ve Gümüşer, 2016). Endüstri devriminden sonra unutulmaya yüz tutan ve sadece zanaatlar tarafından kullanılan keçe, günümüzde artan talep sayesinde eski önemine kavuşmaktadır.

Islak ve kuru yöntemlerle, yün liflerinin pulcuksu yapısının birbirine tutunması ve sıkıştırılması ile keçeleşme sağlanmaktadır. Keçeleşmenin kolaylaşmasında, ıslak yöntem ile yapıldığında sabun-su gibi maddelerin kullanılmasıyla sağlanmaktadır. Kuru yöntem kullanılarak keçe elde edilmesinde, elyaf ile iğneleme yöntemiyle birbirine tutunması sağlanır. Keçenin dokuma ve örme yapılarından farkı, keçeleşme aşamasında şiş, tezgâh, tığ vb. bir araca gerek duyulmamasıdır. Keçeleşme esnasında elyaf toplanmakta ve boyutta çekme olmaktadır. Bu nedenle keçe yapılırken elyafın çekmesi iyi hesaplanmalıdır. Keçe yapımında malzemeye hâkim olmak gerektiğinden ustalık gerekmektedir (Tokatlı ve Erzurumlu, 2016).

4. BİYOMİMETİK

Biyomimetik; doğadaki varlıkların çeşitli özelliklerinden elde edilen verilerle, yeni mühendislik sistemleri ve modern teknolojiden faydalanarak doğanın taklit edilmesi olarak ifade edilebilir. Biyomimetik; biyomimesis, biyotaklit, biyoilham, biyomimetri, biyomimikri olan diğer kullanım adlarıyla da ifade edilebilmektedir.



Şekil 4.1. Biyomimetik anlam şeması (Demir, 2021).

Doğada bulunan; bitki hayvan gibi canlı veya cansız varlıklar, içinde bulundukları koşullara uyum sağlarlar ve bu durum onlara yatkınlık, dayanıklılık gibi özellikler sağlamaktadır. Günümüzde doğal kaynakların tükenmesine karşı sorunlara cevap arayan uzmanlar çözüm yolu için doğayı incelemeye başlamışlardır. Az enerji-az madde kullanımı birçok endüstriyel alanda olduğu gibi tekstil alanında da önem taşımaktadır.

1930'larda, Otto Schmitt, doktorasında biyomimetik terimini, tezinde çalışmak üzere tasarladığı sinir ağlarına benzer elektronik geri besleme devresini tanımlamak için kullanmıştır. Biyomimetik, Yunanca kökenli birleşik bir kelimedir (Şekil 4.1.). “Biyo” yaşam anlamına, “mimesis” ise kopyalamak, taklit etmek anlamlarına gelmektedir (Kapsali, 2009). İnsanoğlunun tam olarak hangi tarihlerde doğadan ilham almaya başladıkları belli değildir. Biyomimetik kavramı bilinmediği zamanlarda bile insanlar doğaya bakıp, örnek alarak yaşamlarına devam ettikleri yazılı kaynaklardan anlaşılmaktadır.

Doğa zengin bir bilgi havuzudur. Biyolojik yapılar milyarlarca sene kendi kendilerine gelişme aşamasındadır. Doğada var olan tasarımların en uygun duruma gelmesinde (optimizasyonunda) ürünün ve süreçlerin geliştirilmesi,

yeryüzünde sürekli değişen koşullara karşı uyum sağlamaları birçok farklı soruna yönelik problemler çözülmüştür (Nychka ve Chen, 2012). Tasarımda yarar sağlayacak çözümlere ulaşmak doğadaki canlıların incelenmesine, araştırılmasına, sahip oldukları özelliklerin keşfedilmesiyle ürünlerde işlevsel özellikler geliştirilmektedir. Günümüzde, doğadan ilham alınmasıyla ürün tasarımlarında yenilikçi-fonksiyonel çözümlerin oluşmasına yol açmıştır.

Biyomimetik yaklaşımlara ihtiyaç duyulmasının sebebi, çözüm aranan ihtiyaçların en doğru ve pratik bir şekilde karşılanmasının doğa tarafından karşılanabileceği düşüncesidir. Çünkü doğada var olan nesneler/ canlılar yaşamları boyunca çevr eye, dış etkenlere karşı koruma (yırtıcı hayvanlara karşı vb.), iklim koşullarına, uyum sağlamışlardır.

Biyomimetik ile yaşamın her alanında insanların var etmek için uğraştığı ama şu ana kadar sonuç alamadığı, 'az madde az enerji ile maksimum yarar sağlama' olayında yol açacağı düşünülmektedir. Çok fonksiyonlu yapılara günden güne ihtiyaç artmaktadır.

Janine Benyus 1997 yılında yayınladığı kitabında biyomimetiği üç şekilde değerlendirmektedir;

1. Model olarak doğa: Biyomimetik, doğanın modellerini inceleyen ve daha sonra insan problemlerini çözmek için süreç ve tasarımlardan ilham alan yeni bir bilimdir. Örnek olarak; yapraktan esinlenen bir güneş pili.

2. Ölçü olarak doğa. Biyomimetik, yeniliklerimizin "doğruluğunu" belirlemek için ekolojik bir standart kullanır. 3,8 milyar yıllık evrim sonrasında doğanın öğrendiği; Ne ile çalışıyor? Uygun olan nedir? Ne şekilde sürece devam eder?

3. Akıl hocası olarak doğa. Biyomimetik, doğayı görmenin, incelemenin ve değerlendirmenin yeni bir yoludur. Bu düşünce, doğal dünyadan ne

çıkarabileceğimize değil, ondan ne öğrenebileceğimize dayanan bir temeli ifade etmektedir (Benyus, 1997).

Biyomimetik sayesinde, doğada birçok örnekten ilham alınabilmektedir. Nanoteknoloji ile ilham alınan örneklerin yapıları, özellikleri, işlevsellikleri incelenerek, materyale fonksiyonellik vb. gibi özellikler kazandırılabilmektedir. İncelenen özelliklerin ortaya çıkmasında, nesneye yöneltilen sorular çok önemlidir. Doğada fark edilen, ilgi çeken bir özelliğin keşfedilmesiyle bir ihtiyaca yönelik cevap bulmak için ne işe yarayacağı veya nerede kullanılacağı gibi soruların sorulması gerekmektedir. Örneğin, dulavrat otunun yürüyüş esnasında yapışması sonucunda 'nesne ne katkı sağlayabilir?' sorusunu sorarak çözüm bulunması sağlanabilmektedir.

Doğadaki birçok malzeme, karmaşık çok işlevli biyolojik sistemlerde entegrasyon ve kullanım sağlayan ikincil özelliklerle birleştirilen mukavemet veya sertlik gibi mükemmel birincil malzeme özellikleri sergiler ve yüksek esneklik, hata toleransı, adaptasyon, modülerlik ve çoklu işlevsellik gibi farklı özellikleri bir araya getirir (Yıldırım, 2020). Doğa; 3,8 milyar yıllık evrimin ardından, ondan öğrenilen: Ne işe yarar? Ne uygun? Ne sürer? (Benyus, 1997). Bu maddeler aslında doğadan alınan ilhamın ne kadar yeterli olduğunu öğreten tasarım bilgisidir.

Gelişen teknolojinin kullanılması ve doğada var olan nesnelerden ilham alınarak üretilen inovatif tasarımlar fonksiyonel ürün meydana gelmesini sağlamaktadır. Endüstri Devriminden sonra teknolojik ürünlerde yaşanan gelişmeler olumlu sonuçlara katkı sağlayabildiği gibi olumsuz sonuçlarda doğurabilmektedir. Bu duruma örnek olarak kelebek kanatlarındaki etkinin (pigment kullanılmadan renk alaşımlarının olması) kullanılması kumaşın boyama sonrasında göreceği kimyasal işlemler ve giderilmesi için kullanılması gereken yıkama su miktarının minimuma indirilmesiyle tasarruf edilmesi sağlanırken, bu etki sentetik kumaşlara uygulandığında çevreye karşı zararı olabilmektedir.

Sosyal ve kültürel çevre gibi doğal çevre de yaratma serüveniyle yakından ilgili başka bir etkendir. Atom ve minerallerin yapısından uzayın derinliklerine uzanan bir boyut içinde, sayısız bitki ve hayvan türlerinin birbirinden farklı zenginlikte, form, renk, doku görüntülerinden oluşan görkemli bir sergidir doğa. Estetik yaratı gibi bilimsel yaratıcılık için de doğa eşi bulunmaz bir kaynaktır.

Benyus, kitabında doğayı şu şekilde ifade etmiştir;
Doğa güneş ışığında çalışır.
Doğa sadece ihtiyaç duyduğu enerjiyi kullanır.
Doğa, biçimle işleve uyar.
Doğa her şeyi geri dönüştürür.
Doğa iş birliğini ödüllendirir.
Doğa çeşitliliğe güvenir.
Doğa yerel uzmanlık gerektirir.
Doğa aşırılıkları içeriden engeller.
Doğa, sınırların gücünden yararlanır (Benyus, 1997).

Doğal sistemlerin temel tasarım ilkelerini anlamak, bilim insanlarının, insan yapımı sistemler tasarlamalarına yardımcı olacaktır. Doğa, milyarlarca yıl deneme yanılma yolu ile bitkiler, kuşlar gibi sayısız doğal sistem üretmiştir. Doğanın deneyimi ya da zekâsı, doğada var olan sistemlerde gizlidir. Bu evrim sürecinde doğa, insanın doğal yasalar olarak adlandırdığı bazı ilkeleri (doğanın kendisi kendi ilkelerine aykırı olamaz) kullanmıştır. Bunları yapma süreci doğanın teknolojisi ve tecrübesidir (Sheeparamatti, vd., 2007).

İnovatif tasarımların oluşmasında, doğadan alınan örneklerin, ilham alınan özelliklerine göre sınıflandırılması mevcuttur. Doğadaki nesnelerin çevreye verdiği tepkiler, vücut hareketleri ve görünümleri kategorize edilebilir. Kısaca, doğa aslında bize 'model kurulumu' nu göstermektedir.

Biyomimetik ve nanoteknoloji ilişkisinde biyomimetik uygulamalarda, doğadan örnek alınan nesnenin yapısının veya nesnenin sahip olduğu özelliklerin incelenmesinde nanoteknolojiye ihtiyaç duyulmaktadır. Nanoteknoloji

sayesinde nesnenin yapısı incelenerek araştırmaya başlanır. Elde edilen bulgular, yeni inovatif ürünler oluşmasında öncülük etmektedir.

4.1. Nanoteknoloji

Nano Yunanca 'da cüce anlamına gelmektedir (Sözlük, 2022). Nano ile belirtilen anlatımlarda her malzemenin kendine özgü özellikleri (renk, yapı vb.) vardır ve bunlar malzeme nanometre düzeyinde küçültüldüğünde değişmektedir. Bu değişim sayesinde malzeme, daha farklı alanlarda ve şekillerde kullanılabilmektedir. Nano teknolojinin biyomimetik uygulamalarda kullanılmasının nedeni, araştırılan yapının özelliklerinin incelenmesidir.

"Teknoloji" kelimesi TDK sözlük anlamına göre, "Bir sanayi dalı ile ilgili yapım yöntemlerini, kullanılan araç, gereç ve aletleri, bunların kullanım biçimlerini kapsayan uygulama bilgisi, uygulayım bilim" olarak ifade edilmektedir (TDK, 2022). Nanoteknolojiyi genel olarak tanımlamamız gerekirse; çok küçük yapıların oluşumu, araştırılması ve kullanımı ile ilgilidir. 1-100 nm arasındaki ölçülere sahip yapılar nanoteknoloji alanında işlenmektedir. 1 nanometre= 1 metrenin milyarda biri olarak ifade edilmektedir (Sheeparamatti, vd., 2007).

Brown ve Stevens (2007), Nanoteknoloji teriminin kullanımı için boyutsal aralığın açıkça tanımlanmadığını, genellikle 'nanoteknolojiyi' tanımlayan birkaç nanometreden 50 ve 100 nanometreye kadar yapısal bir aralık olarak ifade etmektedir.

Teknoloji, kademeli olarak daha küçük işlevsel birimlere dönüştürülen ve daha sonradan bir araya getirilen büyük hacimli hammaddelerle başlama eğilimindedir. Ancak doğa bu denklemin tersi şeklinde işlemektedir. Genetik bilgi ve çevresel etkiler, en küçük birimler olan moleküller ve atomlarla başlayan ve daha büyük yapılar oluşturan büyüme süreçlerini kontrol etmektedir. Bu durum özellikle malzeme ve enerji tüketimi açısından teknik ürünlerden çok daha fazlasını aşan işlevsellik ve verimliliğe sahip çok karmaşık sistemlerle sonuçlanabilmektedir (Stegmaier, vd., 2008).

Nanopartiküller ve yapılar bazı olağandışı ve yeni özellikler kazanır ve nanoteknoloji de bu özelliklerin incelenmesi ve analizi ile ilgilenir. Bir malzemenin özellikleri, atomlarının ve moleküllerinin nasıl düzenlendiğine bağlıdır (Sheeparamatti, vd., 2007).

Tekstil uygulamalarında kullanılan nanoteknolojinin konvansiyonel tekstillerden en önemli farkı, tamamen fonksiyonel giysilere dönük olarak kullanılmasıdır (Gürsoy, 2010). Nanoteknoloji uygulamalarının malzemeye kazandırdığı özellikler olarak, tekstil ürünlerinde performans arttırması vb. yeni işlevsel yönlerin kazandırılması sağlanmaktadır.

NNI (Ulusal Nanoteknoloji Girişimi), şu şekilde tanımlanmaktadır: Nanoteknoloji, moleküler ölçekli yapıları ve bileşenleri yeni ve önemli ölçüde geliştirilmiş fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleriyle ilgilenmektedir (Sawhney, vd., 2008). Bu yapılar insan kullanımı için daha büyük tasarımlar, yapılar oluşturmak üzere birleştirilebilir (Singh, 2007). Gelecek nesil iyileştirilmiş malzeme, cihaz, yapı ve sistemlerin geliştirilmesini sağlayacak malzemeler (tek atomlar, moleküller ve yığın madde) tasarlanabilir, sentezlenebilir veya değiştirilebilir. Nanoteknolojide moleküler seviye, yüksek çekme mukavemeti, dayanıklılık, su iticilik, yangın geciktirici, antimikrobiyal özellikler vb. gibi istenen tekstil özelliklerini geliştirmek için kullanılabilir (Sawhney, vd., 2008).

21. yüzyılın başında, nanobilim ve nanoteknoloji alanlarına ilgi artmıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde, Feynman'ın maddeyi atom düzeyinde manipüle etme kavramı, ulusal bilim önceliklerini şekillendirmede önemli bir rol oynamıştır. Başkan Bill Clinton, 21 Ocak 2000 tarihinde “California Institute of Technology”de yaptığı konuşmasında nanoteknoloji alanındaki araştırmaların finanse edilmesi gerektiğini savunmuştur ve bundan üç yıl sonra, Başkan George W. Bush 21. yüzyıl Nanoteknoloji Araştırma ve Geliştirme Yasası'nı imzalamıştır. Mevzuat nanoteknoloji araştırmalarını ulusal bir öncelik haline getirmiş ve bunun sonucunda Ulusal Teknoloji Girişimi'ni (NNI) oluşturmuştur (Bayda, vd., 2020). Nano teknoloji alanında araştırmaların ve ilginin bu şekilde

artması ile tekstil endüstrisi açısından birçok yenilik sunarak fırsatların oluşmasını sağlamıştır.

Yapıların nano ölçekte incelenmesi ve kontrolü, gelişmiş malzemelerin veya yapısal bileşenlerin ve çok işlevli uygulamaların geliştirilmesi için kilit faktörler olarak kabul edilmektedir. Nanoteknolojinin mevcut ürünlerin fiziksel özelliklerinin (elektriksel iletkenlik, manyetik duyarlılık, ışıkla etkileşim, fotonik, korozyona karşı koruma, sürtünme kontrolü, aşınma direnci, su ve yağ iticiliği, toprak salınımı, biyouyumluluk) sayısını, çeşitliliğini ve etkinliğini arttırdığı ve bu nedenle yeni ürünler için yenilikçi bir temel oluşturduğu düşünülmektedir (Brown ve Stevens, 2007). Bu gibi belirtilen özelliklerin belirlenmesiyle tekstil materyallerine uygulanması birçok inovatif ürünün oluşmasını sağlamaktadır.

Tekstilde gelişme klasik elyaflardan başlayarak mikro elyaflara, günümüzde de nano elyaflara gelinmiştir. Nano teknoloji hem elyafta hem de kumaş yüzeyinde birlikte sistematik olarak düzenlenmiş ve kalıcı olmalıdır. Nano teknolojik partiküllerin elyaflar ile karıştırılmış olması veya yüzeyde düzensiz olarak bulunmaları yeterli değildir. Yüzeyde son derece ince, gözle görülmeyecek bir film tabakası meydana getirmektedir (Gürsoy, 2010).

Nanoteknoloji, birçok alanda uygulandığı ve yukarıda belirtildiği gibi tekstil endüstrisinde de uygulanmaktadır. Su iticilik, UV koruma, nefes alabilen su geçirmez materyal, sağlamlık, kir itici giysiler, anti mikrobiyal koruma vb. birçok uygulama nanoteknolojinin tekstildeki yansımalarıdır. Nanoteknolojinin önemi, insanlığın çoğu ürünü daha hafif, daha güçlü, daha sağlam, daha ucuz, daha temiz, daha hassas ve daha akıllı hale getirmesine yardımcı olmaktır.

Nanoteknoloji ile tasarımların uygulanmasında ilham alınacak nesnelerin incelenmesinde mikroskoplar asıl faktördür ve önemli rol oynamaktadır. Çalışmamda yer verdiğim canlı-cansız örneklemlerin yapılarının incelenmesinde TEM ve SEM mikroskopları yer almaktadır.

4.2. TEM/ SEM Mikroskopları

Biyomimetik uygulamaların tekstil materyallerinde uygulanmasında mikroskoplar önemli rol oynamaktadır. Bunun nedeni iham alınan nesnenin materyale aktarılması için öncelikle taklit edilecek yapının incelenmesi ve karakterizasyonunun belirlenmesi gerekmektedir. Başlıkta belirtilen mikroskoplar kullanılarak nesnenin yapısı incelenir ve bu doğrultuda materyale kazandırılacak işlevsel ve görsel etkilerin belirlenmesi sağlanmaktadır.

Elektron mikroskopları, yüksek oranlarda (yaklaşık iki milyon kata kadar) büyütme yapabilmektedir. Böylece küçük boyuttaki nesnelerin detaylı görüntülenmesine olanak sağlamaktadır. Görselleştirme için elektronları ve bir numunenin görüntüsünü odaklamak için elektromıknatısları kullanmaktadır (Grdanovska, 2015). "SEM" (Scanning Electron Microscope) Türkçe anlam olarak 'Taramalı Elektron Mikroskobu' anlamına gelmektedir. SEM ile incelendiğinde, dijital görüntülenmiş ve sentez yoluyla üretilen tortunun doğasını belirlemek ve malzeme kalitesi hakkında kaba bir fikir edinmek için kullanılır (Brown ve Stevens, 2007).

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), bir numune yüzeyinin yüksek çözünürlüklü görüntülerini üretmek için kullanılan bir elektron mikroskobu tekniğidir. Görüntüleri karakteristik üç boyutlu bir görünüme sahiptir (Ma, vd., 2006).

Geleneksel optik mikroskopta elde edilebilecek en yüksek yararlı büyütme yaklaşık olarak 1000x'dir. Büyütmenin ve aynı doğrultuda çözünürlüğün arttırılması için görüntüleme radyasyonunun dalga boyu azaltılması gerekmektedir. SEM, görüntüleri, kristalin yapısı, kimyasal bileşimi ve numunenin elektriksel davranışı hakkında bilgi sağlayabilmektedir (Bogner, vd., 2007).

Taramalı elektron mikroskobunda (SEM), Bir görüntü oluşturmak veya numune yüzeyini analiz etmek için toplanan olay elektronlarının etkisinin bir sonucu olarak çeşitli sinyaller üretilir (Bogner, vd., 2007).

SEM' in optik mikroskoba göre bir başka avantaj ise;

- SEM' in uygulamalarında geniş bir alan derinliğinden yararlanarak incelenecek nesne yüzeyinin geniş kısmı aynı anda odak halindedir. Yüksek manyetizasyonda çalışan optik mikro kapsamlar çok küçük bir alan derinliğine sahiptir, bu nedenle görüntü kalitesi yüzeyde çok pürüzsüzdür.

- 1nm'lik çözünürlükle çok daha yüksek büyütmeler elde edilebilir (1.000.000x'e kadar). Optik mikroskopta en iyi büyütme en fazla 1000x civarındadır (Parry, 2000).

TEM (Transmission Electron Microscope), Türkçe kelime anlamı olarak "Geçirimli (Transmisyon) Elektron Mikroskobu" anlamına gelmektedir. TEM ile hücre ultra yapısının analizi de dahil olmak üzere birçok deneysel teknolojinin çok yönlü ve yaratıcı kullanımı elde edilecektir (Wright, 2000). SEM' in TEM'den sonra tercih edilmesinin nedeni olarak araştırılan nesnenin yapısının üç boyutlu gösterimi olması ve daha fazla ayrıntı elde etme söylenebilir.

SEM'in TEM'e göre avantajları aşağıdaki gibidir:

- Büyük numuneler (200 mm, hatta daha büyük özel olarak uyarlanmış SEM'ler), TEM için çap olarak sadece 2.3 mm veya 3 mm'ye kıyasla. SEM, numunenin tahribatsız değerlendirilmesine izin verir (TEM, gerekli özel hazırlık nedeniyle etkili bir şekilde yıkıcı bir tekniktir).

- Numune bir "saplamaya" (numune tutucu) bağlanırken çok kısa numune hazırlama süresi (belki sadece birkaç saniye). TEM numunesinin hazırlanması daha karmaşık ve zaman alıcıdır (Parry, 2000).

4.3. Biyomimetik Uygulamaların Kullanıldığı Alanlar ve Örnek Alınan Türler

İlk dönemlerde sadece canlıların dış görünüşlerini inceleyen biyomimetik, bilimsel gelişmeler katkısıyla doğadaki en ince yapıları analiz etme imkânı bulmuştur. Bu sayede tasarımcılar veya ürün geliştiriciler fonksiyonel özellikleri, doğanın uyguladığı yöntemlerden ilham alarak (biyolojik ilham) yeni işlevsel özellikler ortaya koymuşlardır. Elde edilen ürünler, çevre dostu, sürdürülebilir, verimli, etkili ve geliştirilmeye müsait olmalıdır bunu da en iyi doğa sağlar. Bu ilham sadece doğanın formundan veya ekosistemden öteye doğal süreci taklit edilmesiyle de hayata geçirilmiştir.

Biyomimetik ve teknolojinin bir arada incelenmesinde alınan ilhamlarda üç husus ön plana çıkmaktadır. Bunlar; taklit, organizma, davranış ve ekosistemi kapsamaktadır. İlk olarak organizma; bitki veya hayvan organizmanın bir bölümünü veya tamamını taklit etmeyi içerebilir. İkinci seviye olarak canlının davranışın taklit edilmesidir. Üçüncü seviyede ise, tüm ekosistemlerin taklit edilmesidir. Belirtilen bu üç madde, tasarlanacak veya üretilmesi planlanan ürünlerin başarılı bir şekilde işlev görmelerini sağlamaktadır (Zari, 2007).

Biyomimetik, canlıların şeklini, yasam tarzını inceleyip kopyalayarak bilgi toplar bu bilgilerde birçok endüstri alanında kullanılır. Tıp, mühendislik gibi bölümlerde yenilik sağlayan ürünler kullanmak istenir. Yapılan araştırmalara ve literatür geneline bakıldığında, ilk yıllarda nesnelerin sadece görünümü dikkate alındığı gözlemlenmiştir. Teknolojinin gelişmesi ve elektron mikroskoplarının kullanılmasıyla nesnelerin hücresel yapıları, fark edilebilecek vb. özelliklerin belirlenip ortaya çıkması ile inovatif tasarımların oluşmasını sağlamaktadır.

4.4. Biyomimetikte Örnek Alınan Türlerin Sınıflandırılması

Araştırmacılar tarafından yapılan keşifler, çevreden ilham alarak etkili tasarım aracı oluşturma üzerine zorlayıcı olsa da halen gelişerek devam etmektedir. En büyük zorluk, doğada bulunan sayısız sistemden filtreleyerek ve daha sonra

stratejilerini ve mekanizmalarını soyutlayarak "başarılı" doğal sistemleri (organizmalar, hayvanlar, bitkiler, yuvalar ve ekosistemler dahil) tanımlayabilen sistematik bir seçici tasarım metodolojisinin olmamasıdır (Badarnah ve Kadri, 2015).

Hayvanlardan birçok ilham alınabilecek özellik vardır. Bunlardan birkaçına örnek olarak; kuşların kanat çırpmasından uçma mekanizması ilhamı veya başka bir kuş türünün tüy yapısındaki renk alaşımları taklit edilerek pigment elde edilmesi, kürklü hayvanların vücutlarının sıcak tutması, sürüngen canlıların yapışma kabiliyetleri gibi özellikler biyomimetik uygulamalarda yer almaktadır. Bitkilerde ise, hidrofobik özelikleri veya sıcaklığa-neme karşı gösterdikleri tepkiler araştırmacıların dikkatini çekmektedir.

İlham alma yöntemleri olarak birden fazla yöntem uygulanabilmektedir. Örneğin nesnenin formu, hareketi veya çevreye karşı gösterdiği tepki taklit edilebilir. İlham alınan nesnelerin gösterdiği başka avantaj ise, esinlenen örnekler arasında tek bir özelliğe bağlı kalmak yanlıştır çünkü örneklemlerde sadece tek bir yöntem uygulanmazken bir örnekten iki yöntem ile uygulanan inovatif özellikler de olabilmektedir. Bu duruma örnek olarak, kutup ayısının kendini sıcak tutma özelliği baskındır ancak tüy yapısından gelen hidrofobik özelliği de mevcuttur.

Önceden bahsedildiği gibi doğadan alınan ilhamlar birçok endüstride yer almaktadır ve bu örnekler formun taklit edilmesi veya hareketin taklit edilmesi olarak kendi aralarında ayrılmaktadır.

4.4.1. Formun Taklit Edilmesi

Doğadaki canlıların dış görünüşünün, formunun taklit edilmesi ilk ilham alma biçimidir. İnsanlar problemlerine aradıkları çözümleri doğadan bulmuşlardır. Birçok endüstriyel alanda ilham kaynağı olmuştur. Örneğin hızlı trenin burun kısmında yapılan çalışmalar olumsuz sonuçlanmıştır. Doğadaki yapıların incelenmesiyle, adı 'Yalıçapkını' olan kuşun gagasının formundan ilham

alınmıştır. Mühendisler, bu formu hızlı trenlerde uygulamışlardır. Böylece hızlı trenin ilk vagonunun şeklinde bir kuş gagasının formundan esinlenilmiştir.

Biyomimetik tasarımda önemli olan işlevin taklit edilmesidir. Form işlevin neticesi olarak benzerlik gösterebilmektedir. Dolayısıyla doğadan alınan nesnenin işleyiş şeklini anlamak gerekmektedir. İşlevin önemli olduğu örneklerden birisi de Japonya trenlerinin tasarımında doğadan ilham alınmasıdır.

Japon trenleri, hızı ve verimliliği ile ünlüdür. Bununla birlikte, 300 km / s hızla tünelden çıkan hızlı trenler güçlü bir ses problemine neden olmaktaydı. Hava basıncındaki değişimin neden olduğu bu ses kirliliğinin olumsuz sonucu, yerel halk için çok endişe verici hale gelmiştir. Bu soruna karşı mühendisler, çözülmesi için çeşitli araştırmalar yapmıştır (Mahmudova, 2019).

Yalıçapkını kuşu hem havada hem de suda çok yüksek irtifada seyahat edebilen canlılardır (Mahmudova, 2019). Japonya'nın en hızlı trenlerini işleten şirketin baş mühendisi Eiji Nakatsu, yalıçapkını kuşunun gagasının, trenlerin tünellerden veya bariyerleri geçerken oluşan gürültüyü azaltacağı yönünde bir model olarak kullanılıp kullanılamayacağını üzerine çalışma başlatmıştır. Doğadan ilham alınan yalıçapkını kuşunun gaga formunun geometrisinden esinlenilmiştir (Şekil 4.2.). Bu esinlenme sonucunda daha sessiz ve enerji bakımından da daha verimli duruma gelmiştir çünkü diğer trenlere göre hem %15 daha az enerji tüketimine ihtiyaç duymaktadır (AskNature, 2022). Bu özellikler, var olan trenlerle karşılaştırıldığında, normal trenlere göre %10 daha hızlı hareket etmektedir (Mahmudova, 2019).

Doğadan alınan fikir ile işlevsellik ön plana çıkmaktadır. Gaga yapısı sayesinde rüzgâra karşı daha hızlı ilerleyebilmesini sağlamaktadır. Böylece trenin ilerlemesi için hem harcanılan enerjiden tasarruf edilir hem de trenin daha hızlı gitmesi sağlar. Bu örnekte olduğu gibi tekstil haricinde de birçok doğadan ilham alma örneği vardır. Bunlardan birkaçı da aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 4.2. Shinkansen Bullet treni ve yalı çapkını (Yılmaz, 2019).

Formun taklit edilmesinde yine tekstil harici bir başka örnek olarak; vücudun temel yapısını oluşturan kemik kullanılmıştır. Kemiklerden, bu zamana kadar birçok farklı alanda esinlenilmiştir. Bir mimari yapıya örnek vermek gerekirse, Eyfel kulesinin kemiğin iç yapısından baz alınarak inşa edildiği bilinmektedir (Şekil 4.3.). Böylelikle sadece hayvanlardan veya bitkilerden değil insan yapısından da esinlenilebildiğini söyleyebilmekteyiz.



Şekil 4.3. Uyluk kemiğinden ilham alınarak inşa edilen Eyfel Kulesi (Anonim, 2022).

Mimari alandan Eyfel kulesinden alınan biyomimetik ilham ile inşa edilmesi veya tekstil alanında kullanılan Velcro bantının arasında hiçbir ortak yan yoktur fakat her iki alanda da doğadan form biçimi veya yalıçapkını kuşunda olduğu gibi işlevsel yönü ile ilham alınarak tasarımlara uygulama yapılmıştır. Yine uçan bir canlıdan alınan başka biyomimetik örneğin oluşum aşaması ise;

Osmanlı döneminde Hezarfen'in uçma çalışmaları, Rönesans döneminde ise Leonardo Da Vinci'nin çizimleri biyo taklidin başlıca gelen örneği olarak kabul edilebilmektedir.

Öncelikle ülkemizden örnek vermek gerekirse; kuş uçuşundan ve kanat görünümünden alınan ilham ile, efsane olarak anlatılan Hezarfen Ahmed Çelebi'nin Galata Kulesi'nden Üsküdar'a uçma deneyiminde kullanmış olduğu yapay kanatlarda aslında biyomimetiğin bir örneği olarak kabul edilebilir.

Tuna'nın belirttiğine göre, Osmanlı döneminde ortaya çıkan bir iki girişimci araştırmacı tarafından yürütülen çalışmalar sonunda Hezarfen Ahmed Çelebi uçmaya yönelik tutkuyu gerçek kılmıştır. Evliya Çelebi'nin naklettiğine göre, Hezarfen Ahmet Çelebi, kartal tüylerinden yaptığı kanatlarla Galata Kulesi'nden Üsküdar'daki Doğancılar Meydanı'na kadar uzanan 1200 metrelik mesafeyi uçarak katetmiştir. Ancak, o devrin bağnaz görüşlerinin etkisiyle, Hezarfen Çelebi'nin yaptıklarından korkan Sultan IV. Murat (1623-1640), bilim adamını bir kese altın akçeyle ödüllendirip sonrasında, İstanbul'dan uzaklaştırıp Cezayir'e sürmüştür (Tuna, 1999).

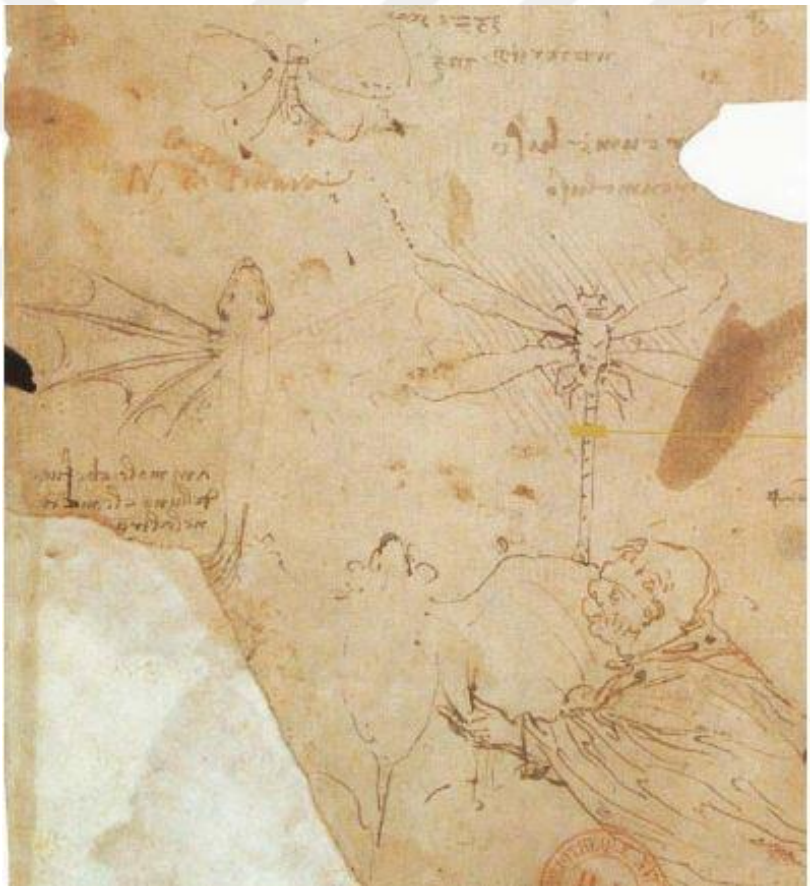
Sandıkçı'nın ifadesine göre; Hezarfen'in, 1632 yılında kendi yaptığı kanatlarla yaklaşık 3 km süzülerek uçtuğu ve olayın yalnızca bir kaynakta geçmesi, bilimsel olarak bazı tutarsızlıklarının olması nedeniyle efsane olduğu söylenmektedir (Sandıkçı, 2020).

Kaynaklarda da belirtilen örneklerden anlaşılacağı üzere, ilk yıllarda sadece formun taklidinden ilham alınmaktaydı ancak teknolojinin de gelişmesiyle

birlikte formun taklidinden farklı olarak doğadaki nesnenin hareketinden de ilham alınan çeşitli örnekler oluşmaya başlanmıştır.

4.4.2. Hareketin Taklit Edilmesi

Hareketin taklidinin kullanımı teknolojinin gelişmesiyle önemli etki sağlamıştır. Uçma mekanizmalarının araştırma ve geliştirme sürecinde doğa incelenerek kuşlardan ilham alınmıştır. Biyomimetik kavramı henüz kelime olarak tanımlanmadan bile doğadan esinlenme olduğu varsayılmaktadır. Bunun en büyük örneklerinden biri de Leonardo da Vinci' nin kuş uçuşlarını gözlemleyerek oluşturduğu eskizlerdir.



Şekil 4.4. Leonardo Da Vinci'nin eskizlerinde yer alan ejderha sineği (Unat, 2012).

Vinci'nin (1452-1519) uçma ile alakalı çalıştığı ilk örnekler, 1480'li yıllarda başlamıştır. Eskizlerinde çeşitli kanat parçalarının mekanik hareketi içinde karşılıklı veya döngüsel hareket dönüşümü için mekanizmalar tasarlamıştır.

1487 yılında yazmış olduğu bir notta ilk tasarımını planlamıştır (Şekil 4.4.). Burada bir ejderha sineğini inceleyerek uçuş makinesi geliştirmiştir (Unat, 2012).

İtalyan Rönesans insanı Leonardo da Vinci, kuş ve yarasadan ilham alarak, uçan makinelerin detaylı eskizlerini yaratmıştır (Kennedy, 2017). 1487-89 yılları arasında, yaklaşık 90 kilogram ağırlığındaki bir nesneyi kaldırabilen hareketli bir kanat tasarlar (Şekil 4.5.). 1489'da modern helikopterin öncüsü olarak kabul edilen, burgu hareketiyle dönerek havalanan bir makine tasarlar ve bunun devamında kanatlı bir uçuş makinesinin ayrıntılarını verir (Unat, 2012).



Şekil 4.5. Leonardo'nun Kuşkanadı Çalışması Tüy-Kemik İlişkisi ve Uçma Makinesi Sketch Çalışması (Lu ve Dai, 2012).

Uçmak ile ilgili başka bir biyomimetik örnek ise; Wright kardeşlerdir. Onlar, akbabaların uçuş konusundaki yeteneklerinin ince ayrıntılarını öğrenmek için onları izlemişlerdir (Benyus, 1997). Uçmadan alınan ilhamların haricinde uçan bir başka canlıdan alınan örnekte ise aşağıda belirtilen dağcı çapasıdır.



4.6. Doğadan alınan ilhamın dağcı çapasına yansıması (Eti, 2017).

Ağaç kakanların gaga yapısı ve ağacı gagalama hareketlerinin taklit edilmesi dağcı çapasının oluşumuna kaynak olmuştur (Şekil 4.6.). Bu fonksiyonel ürün tasarımı, tekstil haricinde başka bir endüstriyel alanda yaşanan inovatif tasarıma örnektir.

Böylelikle söyleyebiliriz ki; hareket etme yeteneği, hayvanlar aleminin en belirgin özelliklerinden biridir ve çeşitli mekanizmalarla üç fiziksel ortamın hepsinde (havada, suda veya karada) elde edilebilmektedir (Lurie-Luke, 2014).

Bunun sonucunda belirtilen ortamlardan birçok biyomimetik örneklem elde edilebilmektedir. Bu belirtilen örnekler haricinde Tekstil Endüstrisi'nde birçok doğadan ilham alma örnekleri ve tekstile uygulanması mevcuttur. Bu uygulamalara örnek olarak; lotus çiçeğinden ilham alınarak hem boya endüstrisinde dış cephe duvar boyalarında yüzeyin temiz tutulması için hem de tekstil alanında kullanılan materyallerin üzerinde kir, leke bırakmayan, yüzeyin temiz tutulması sağlanabilmektedir. Böylece doğadan alınan ilhamın birçok endüstride uygulanabildiğini söyleyebiliriz.

5. TEKSTİL TASARIMINDA BİYOMİMETİK

Tekstil ve dolayısıyla giyim, insanlar için örtünme ihtiyacıyla, sıcak-soğuk iklim değişikliklerine bağlı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Hava durumlarının yanı sıra çeşitli çevre koşullarından da koruma sağlanmıştır. Zaman geçtikçe giyim bir ihtiyaçtan çok sosyal sınıfların ifade edilmesinde etken olmuştur. İlk zamanlarda insanlar kendilerini korumak amacıyla doğadaki çeşitli nesneleri kullanmışlardır. Örneğin; hayvan kürkleri, yapraklar, tüyler vb. Doğadaki canlıların neredeyse hepsinde bir çeşit koruma sağlayan etken mevcuttur. Bunlar çoğu zaman dış etkenlerden ve başka canlılardan korunmak içindir.

Endüstri Devrimiyle birlikte birçok alanda değişimler meydana gelmiştir. Hava durumu, bulundukları bölgenin yaşam koşullarına veya inanış şekillerine göre giyim, örtünme şekli değişiklik göstermiştir. Devrim'in getirdikleri ile teknoloji ve bilim alanında yapılan yenilikler şehirlerin tercih edilmesine ve orada nüfusun artmasına sebep olmuştur. Bu artış ile, şehirde kaynak ihtiyacın artarak doğal yaşamın harap edilmeye başlanmasına neden olmuştur. Dolayısıyla teknolojinin gelişmesi ve inovatif ürünlerin ortaya çıkmasında çevresel etkiler de çok önemlidir.

Tekstil üretiminde materyale kazandırılmak istenen özellikler için kimyasallar ve boyalar gibi işlemler uygulanmaktadır. Belirtilen işlemler sonucunda ise uygulamaların giderilmesi için büyük ölçüde su tüketimi gerçekleşmektedir. Atık suların arıtılmadan doğaya salınımı sonucunda çevre kirliliği oluşmaktadır bu da bitkilere ve hayvanlara karşı sorun oluşturmaktadır. Fabrika vb. işletmeler kaynakların hızla ve kontrolsüz tükenmesine neden olurken doğaya bıraktığı kirli atıklarla olumsuz etki etmişlerdir. Bunun için doğa incelenmeye başlamaktadır. Doğadan alınan ilham ile olumsuz çevresel etkilerin azaltılması sağlanabilir.

Doğa bize sayısız kaynak sunmaktadır ve bu kaynaklar yaşamın getirdiği sorunlara karşı sürecin devam edebilmesi için temel bir kaynaktır. Doğaya yönelmedeki sorunlardan bazıları; canlıların kendi kendilerini onarması,

ihtiyacı olanı yeteri kadar kullanması ve ihtiyaçlarını yine çevreden karşılamaları gibi sahip oldukları özellikler araştırmacıların ilgisini çekmiştir

Biyomimetik tasarımlar oluşturulurken öncelik olarak ürüne ait fonksiyonellik ilk sırada gelmektedir. Sonrasında işlevselliğe bağlı estetik bir görünüm irdelenebilir. Tekstil ürününün fonksiyonel olması, bir amaca yönelik olması günümüzde estetik ihtiyaçtan daha çok tercih edilmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle teknikler ve kullanılan malzemeler de değişmekte ve gelişmektedir. Böylece yeni tasarımların oluşmasında büyük rol oynadıklarını söyleyebiliriz.

Tekstilde kullanımında; kendini temiz tutma, fonksiyonel yüzeyler, pigment kullanılmadan tekstil materyalinde oluşan renkler vb. gibi örnekler mevcuttur. Doğadan alınan ilhamlar ile tekstilde bu özelliklere sahip inovatif tasarımlar oluşturulmaktadır.

Giyimde biyomimetik, malzemelerin ve yapıların kullanımı yolu ile yenilikçi-inovatif tasarımların oluşmasında ilham kaynağı olmuştur. Biyomimetik inovasyonun çerçevesi; estetiğe göre değil aksine giysinin işlevsel özelliğine odaklanmaktadır. Gelecek çalışmalarda tasarımcıların, tüketicilerin giyim ürünlerinden talep edecekleri ek fonksiyonel özellikleri de dikkate almaları gerekmektedir (Kapsali ve Dunamore, 2008). Günümüzde işlevsel yararlılığı öne çıkan inovatif giyimde birbirinden farklı birçok yöntem ve teknoloji uygulanmaktadır. Sürdürülebilir tekstil, akıllı tekstil, teknik tekstil gibi çeşitli inovatif uygulama alanları vardır.

Bilim adamları, tekstillere su itici, leke tutmaz, termo-yalıtkan ve antimikrobiyal olmak gibi birçok işlevsellik kazandırmak için biyolojik yapılar hakkındaki bilgileri başarıyla birleştirmektedirler. Bununla birlikte, yeniden üretilen lifler ve kumaşlar, doğanın kavramlarının kopyalarından biraz daha fazlasıdır ve çevresel etki üzerinde hala daha devam eden bilinmezlik söz konusudur (Dissanayake ve Perera, 2016)

Gün geçtikçe, günlük hayatta, endüstriyel veya savunma sanayii gibi alanlarda ihtiyaçlar ve talepler değişmektedir. Dolayısıyla yenilikçi, inovatif ürün oluşturma/geliştirme arayışına girilmiştir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, doğadaki nesnelerden alınan ilhamların tekstil tasarımında uygulanması birçok inovatif ürünün ortaya çıkmasında öncülük etmiştir.

5.1. Tekstil/Giyim ve İnovasyon İlişkisi

Giyim-kuşamın ilk olarak örtünme ve iklime bağlı olarak soğuktan-sıcaktan korunma amacıyla kullanılmaya başladığı bilinmektedir. İlkel çağlardaki insanlar hayvan postlarından yararlanırken, ileri zamanlarda keçenin, dokumanın, örmenin keşfedilmesiyle birçok farklı işlev ve görsellikte giyim elde etmişlerdir.

Giyim tarihine ait ilk veriler M.Ö. 3000'li yıllara ve Antik Mısır Uygarlığı' na ait. Bugünlere kadar gelen giyim kültürünün o tarihlerden itibaren Mısır Uygarlığı ile başladığı kabul edilir (Gürsoy, 2004). İleri zamanlarda giyim bir gereksinim olmaktan öteye geçerek, kültürel ve simgesel kodların taşındığı görsel yönü öne çıkan bir alan haline gelmiştir. Ek işlevsel gereksinimler, yeni ve gelişmekte olan teknolojilerin etkinleştirdiği giysilerden gelecekteki olası talepleri temsil eder (Kapsali ve Dunamore, 2008).

'İnovasyon', sözlükte 'yenileşim', 'inovatif' ise 'yenileşimci' anlamlarına gelmektedir. (TDK, 2022). Gürsoy'un ifadesiyle; inovasyon gelecek demektir ve geleceği doğru tahmin etmenin yolu, onun için bugünden çalışmaya başlamaktır (Gürsoy, 2010).

Geçmişten günümüze yaşanılan devirlerden kiminde kişisel zevkten ötürü statüyü belirtmek üzere giyimi tercih etmektedirler veya Dönem zamanlarında halkın neler giyeceğine karar veren düzenlemeler mevcuttur. Başka bir giyim örneği olarak batı kültüründe beğenilmek için örtünüldüğüne örnek verebilmekteyiz.

Tekstil, giyime uyarlandığında sadece estetik yönüyle kalmaz aynı zamanda kişinin ruh haline de etki edebilmektedir. Kişinin kendini daha özgüvenli hissetmesi, giyimin içinde kendini daha mutlu hissetmesi veya her iki durumdan da farklı olarak huzursuz hissetmesi vb. gibi etkenler barındırmaktadır. Günümüzde rahatlık, giyim ürünlerinin satın alınmasında etkili rol oynamaktadır.

Giyim ürünün performansında; günlük yaşam hareketlerini engellemekten kaçınmak için ergonomik gerekleri karşılamalıdır. Kullanımının kolay olması, kullanıcının hareketlerini kısıtlamaması çok önemlidir.

Tekstil tasarımlarında alınan biyomimetik ilhamlarda hayvan ve bitkilerden esinlenen birçok örnek vardır. Çalışmada bitki örnekleri olarak; dulavrat otu, nilüfer yaprağı ve kozalak belirtilmiştir. İham alınan hayvan örnekleri olarak ise; köpek balığı, örümcek, kelebek, kutup ayısı, kertenkele, tavus kuşu ve stenocara böceği örneklemleri işlev ve tasarım yönleri belirtilerek incelenmiştir.

5.2. Tekstil Tasarımında Doğadan İlham Alınan Türler

Canlılar, asırlar boyunca hayatta kalma yetilerini geliştirmişlerdir ve doğada yaşanan olumsuzluklara karşı dayanıklılardır. İnsanlar yaşadıkları problemlerin çözülmesinde doğanın dayanıklı ve sürdürülebilir olmasından dolayı doğadan fikir almaya yönelmiştir. Çünkü doğadaki canlılar, yaşamlarını sürdürürken ihtiyaçlarından fazlasını tüketmeye gerek duymazlar yeteri kadar tüketim sağlamaktadırlar.

Doğadan ilham alınan bazı canlı örneklerinde (bkz. Morfo kelebeği ve tavus kuşu) tekstil materyalini renklendirmek ve sonrasında uygulanan aşamalarda kullanılan kimyasallara gerek kalınmamıştır. Böylece kimyasalların ve boyar maddelerin giderilmesi için kullanılan su miktarı minimuma indirilmiştir.

Biyologlar ve mühendisler, yaklaşık sekiz yıldır ITV Denkendorf'ta biyonik araştırma ve geliştirme faaliyetleri yürütmektedir ve bu araştırma alanlarının içeriği aşağıda belirtilmiştir;

- Lotus yaprağından örnek alınarak, havayı tutan ve sudaki sürtünmeyi azaltan, kendi kendini temizleme özelliğine sahip yüzeyler;

- Çevre teknolojisi ile enerji gerektirmeden, bağımsız sıvı toplanması için potansiyel modeller olarak kendi kendini sisteme uyarlayan filtreleme sistemlerini incelemek;

- Kutup ayılarının kürkünün özelliklerinden ilham alan, bunu taklit eden yeni güneş-termal malzemelerin gelişmesini sağlayan enerji teknolojisi;

- Uyarlanabilir ve nefes alabilen membranların kullanımı yolu ile iklim kontrolünün sağlanmasıdır (Stegmaier, vd., 2008). Bunun sonucunda söyleyebiliriz ki, örnek alınan canlının sahip olduğu özellik belirlendikten sonra da özellik üzerindeki araştırmalar devam etmektedir.

5.2.1. Bitki

Bitkilerin yapıları ve doğadaki olumlu-olumsuz yaşanan olaylara karşı uyumu birden çok inovatif tasarıma öncülük etmiştir. Biyomimetik sayesinde bitkilerin formundan ilham alınarak veya nanoteknoloji kullanılarak canlıların yapısı taklit edilebilmiştir. Bu taklitler sonucunda tekstile uyarlandığında işlevsel ve inovatif tasarımlar oluşmuştur. Çalışmamda bitki türleri arasında çiçeği olan yapraktan, dulavrat otundan ve ağaçtan gelen kozalaktan ilhamlara örnek verilmiştir.

Biyomimetiğin tarihi daha öncelere dayanmaktadır. Tekstil tasarımında biyomimetik olarak bilinen ilk örnek dulavrat otundan ilham alınarak üretilen inovatif tasarım fikri olan cırt bantlardır. Bu inovatif ve fonksiyonel ürünün buluşu ile tekstil alanında birçok yenilikçi ürünün oluşmasına öncülük etmiştir.

5.2.1.1. Dulavrat Otu

Tekstilde ilk biyomimetik tasarım fikri, velcro bantları olarak geçen, günümüzde cırt bant olarak adlandırdığımız fonksiyonel üründür. Dulavrat otu, tekstil tasarımında biyomimetik örneklerinden ilki olarak George de Mestral tarafından meydana çıktığı bilinmektedir (Şekil 5.1.). Bu fikrin ortaya çıkmasında, ağaçlık alanda dolanırken üzerindeki giysiye ve köpeğinin tüylerine takılan 'dulavrat otu' nun yapısının incelenmesiyle başlamaktadır.



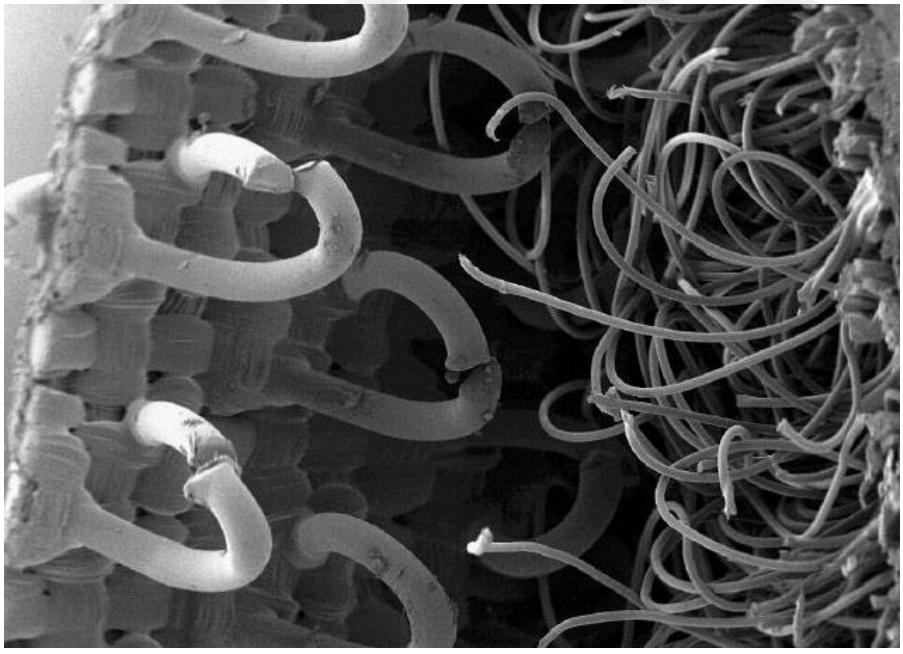
Şekil 5.1. Cırt bantın mucidi, George de Mestral (Velcro, 2018).

Cırt bantın iki yüzeyi birbirinden farklıdır. Bir yüzeyi sert, naylon kancalarla kaplıdır ve bir diğer yüzeyi ise yumuşak, uyarlanabilir yüzeye sahiptir. Bu iki yüzeyin birbirinden farklı yapıda olmaları onların sağlam bir şekilde birleşmelerinin sağlamaktadır. Birbirlerine bağlanmaları için iki farklı yapının bastırılarak iyice teması yeterlidir (Singh, vd., 2009). Cırt bantın bağlanan yapıların birbirinden ayrılması için kuvvet gereklidir böylece dulavrat otunun yapısına benzer kanca yapısı (Şekil 5.2.) temas halindeki diğer yapıdan uzaklaşır. Bu bantlar tek kullanımlık değil, sürekli kullanımda bu döngü devam etmektedir.



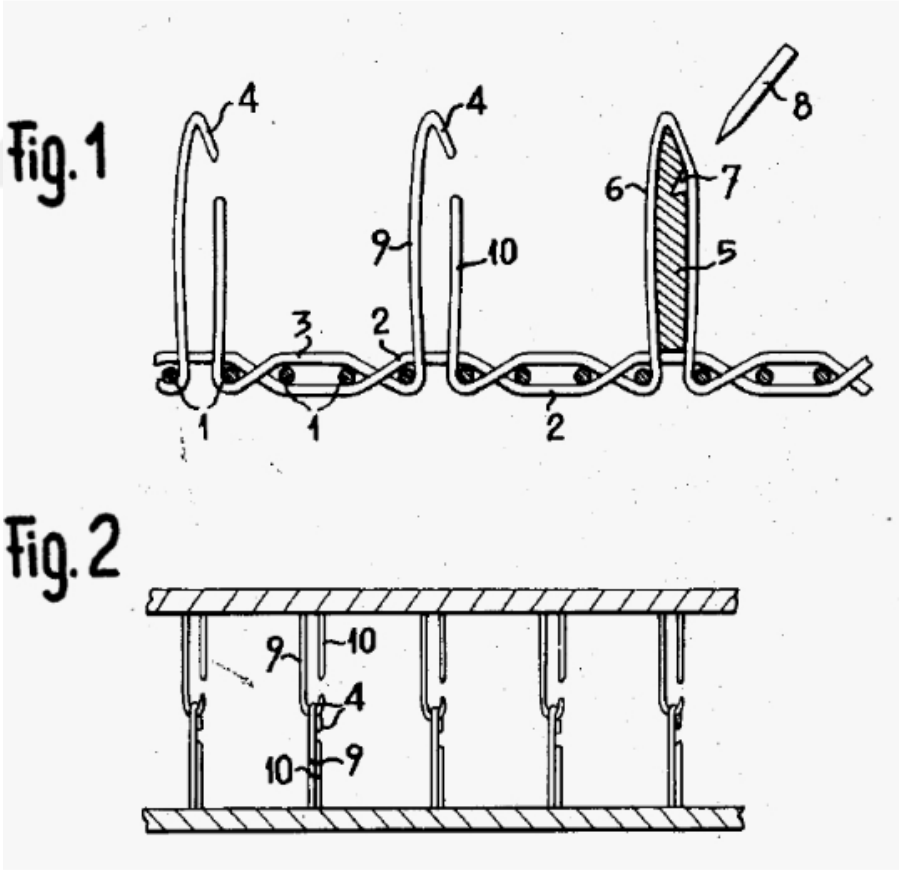
Şekil 5.2. Dulavrat otunun yakından görünümü (Anonim, 2020).

Aşağıdaki görselde görünen mikroskobik yansımada gözüktüğü üzere, cırt bantın solda taraftaki görünümü kanca şeklinde iken sağ tarafta görünen yüzeyi kancaların tutunabileceği yüzeyden oluşmaktadır (Şekil 5.3.).



Şekil 5.3. Taramalı elektron mikroskobu ile Velcro kanca-halkalarının 370 mikron görünümü (Hargroves ve Smith, 2006).

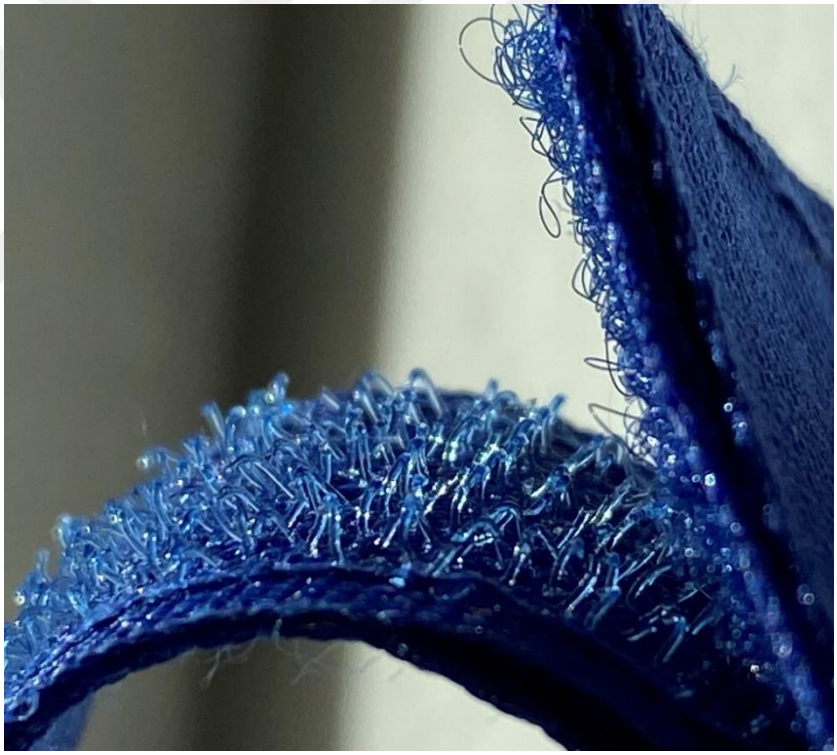
1941 yılında İsviçreli mühendis ve mucit George de Mestral, köpeğiyle ormanlık alanda yürürken köpeğinin tüylerine takılan otları fark etmiştir. Otun yapısını inceleyerek üzerindeki yüzlerce mikroskobik "kancanın" sabitleme özelliklerinin potansiyelini fark ederek, dulavrat otu çapaklarının tutturmasını tekstile dönüştürme fikrini ortaya koymuştur. Şimdiki zamanlarda 'cırt cırt' diye tabir ettiğimiz malzemeyi üretmek için kanca şeklinde uzantıları kopyalayan bir kumaş geliştirmeye çalışmıştır. Kolay olmayan bu süreçte; Fransa, Lyon'da çeşitli tekstil malzemeleriyle yaptığı deneyler sırasında bir poliamid ipe rastladı. Poliamid, tutturucusu için ihtiyaç duyulan güçlü ve dayanıklı bağı sağlamak için dayanıklılık özelliğine sahiptir. Kancalı tekstil yapımı kolay değildir fakat Mestral, yapımı kolay halkaları verimli bir şekilde keserek onları kancaya dönüştürebilen, berber makaslarına dayalı bir cihaz icat etmiştir (Velcro, 2022) (Şekil 5.4.).



Şekil 5.4. George de Mestral'in icat ettiği cihaz şeması (Velcro).

Velcro şirketinin isim açılımı, sistemin isminden almaktadır yani fransızca ‘kadife’ (Velour) ve yine fransızca ‘kanca’ (Crochet) kelimelerinin ilk üç harflerinin birleşiminden oluşmaktadır. Böylece Velcro Companies şirketinin adı belirlenmiş oldu (Velcro, 2022).

Bu buluşun ardından fermuar veya düğme olmadan sadece cırt bant ekleyerek kullanıcıya pratiklik sağlanmıştır. Tekstil tasarımında; şapkalarda kafa boyuna göre ayarlanması, ayakkabı bağcıklarında, ceketlerde, spor çanta ve eldivenlerinde, şemsiye bağlamada vb. tekstil ürünlerinde kullanılmaktadır. Düğme veya bağlama teknikleriyle kıyaslandığında istenildiği kadar bollaştırıp, gevşetebiliriz böylelikle bize günlük hayatımızda kolaylık sağlamaktadır.



Şekil 5.5. Dulavrat otundan esinlenerek üretilen Velcro (cırt) bant yakından görünüm.

Görselde de anlaşıldığı gibi, kancalı yüzeyin diğer yüzeye tutunabilmesi için düz yüzey oluşturulmuştur. Böylece yüzeye daha iyi tutunma, kavrama sağlanabilmektedir (Şekil 5.5). Burada söz konusu üründe hem materyale özgü bir doku oluşmuş hem de kancalı-düz yüzeyler yapılarak, ürünün formu bu

işlevle oluşturulmuştur. Bunun sonucunda, dulavrat otunun yapısının taklit edilmesiyle birbirine yapışma sağlayan, işlevsel bantlar tasarlanmıştır.

Buluşun devamında, doğada var olan çeşitli formlar ile birçok yenilikçi tasarım ortaya çıkmasında öncülük etmiştir. Çalışmamın devamında bitki ve hayvanlardan ilham alınarak üretilen veya üretilmesi planlanan çalışmalar belirtilmiştir.

5.2.1.2. Nilüfer Yaprağı

Nilüfer yaprağı, diğer adıyla Lotus; yağmur ormanlarında, Çin ve Hindistan'da yetişmekte olan bir bitkidir (Şekil 5.6.). Kırmızı, pembe, beyaz, mor gibi birçok farklı renklerde çiçekleri bulunmaktadır. Bataklıklarda, çamur içinde yetişmesine rağmen daima temiz kalmayı sürdürmektedir. Bunun nedeninin anlaşılması için yaprağın yüzey yapısı bilim insanları tarafından incelenmiştir.



Şekil 5.6. Nilüfer (Lotus) çiçeği ve yapraklarının görünümü (Vikipedi, 2022).

İncelenen yüzey yapısında, lotus yapraklarının alışılmadık derecede suyu sevmiyor olması ve bundan dolayı yüzeylerinin daima temiz kalması sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 5.7.). Çünkü suyu sevmeyen hidrofobik bir madde ile

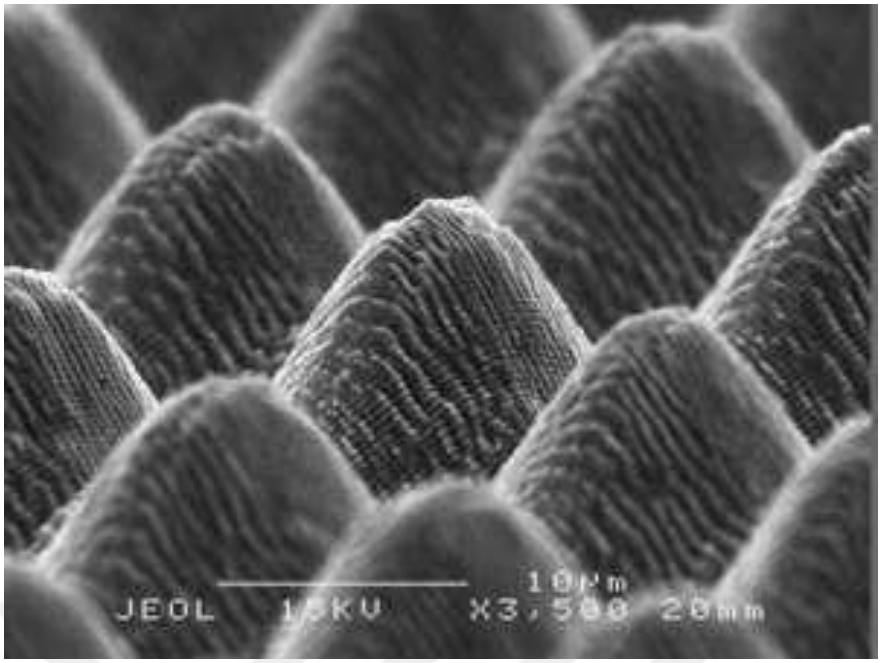
kaplanmış sayısız minyatür çıkıntı yaprak yüzeyini kaplamaktadır. Yaprak üzerinde var olan mikron ile nano boyuttaki çukur ve girintili çıkıntılı yapılar nedeniyle çiçeğin yaprağı asla su tutmamaktadır (Brown ve Stevens, 2007) (Şekil 5.8.). 'Lotus Efekti' kirlenen alanın temizlenmesi için insanın herhangi bir çabasını gerektirmeyen etki olarak ifade edilmektedir (Karahanlar, 2014). Su taneleri yaprak yüzeyindeki kiri ve çamuru beraberine alarak yuvarlanır böylece yüzey temiz kalmaktadır. Bundan dolayı çamurlu sularda yetişmesine rağmen yaprakları çok temizdir.



Şekil 5.7. Lotus yaprağının üzerinde su damlalarının hidrofobik duruşu (Gündüz, 2022).

1970 yılında üniversitede doktora öğrencisi olan Wilhelm Barthlott, Alman Botanik Enstitüsü'nde Heidelberg'in ilk tarama elektronlarından birini alarak botanikte mikroskoplar ile yapraklar, çiçekler, tohumlar, polen taneleri vb. gibi mikro ve nano yapıları yoğun bir şekilde çalışmaya başlamıştır (Neinhuis, 2017).

Barthlott ilk olarak lotus yapraklarında küçük girinti ve çıkıntıların nasıl kir-leke tutmaması üzerine gözlemlerinde, ticari olasılıklar görmemiştir. 1980'lerde pürüzlü, mumsu yüzeylerin kopyalanabilmesi gerçekleşirse yapay olarak lotus etkisinin birçok alanda uygulanabileceği sonucuna varmıştır (Forbes, 2008).



Şekil 5.8. Taramalı Elektron Mikroskobu (TEM) ile lotus yaprağının görünümü (KLM, 2022).

1982 yılında Abzamson, bir lotus yaprağının yüzeyini ve hidrofobik özelliklerini tarif etmiştir ancak kendini temizleme davranışının nedenini ortaya koyamamıştır (Bağçeci, 2010).

Lotus etkisinin kullanılarak süperhidrofobik özelliğinin bir nesne üzerinde ifade edilmesi kolay değildir çünkü hidrofobik nesnenin doğası itmektir. Tutma eğilimi olmayan, itici özelliği olan bu yapının kullanılması için yapının özeliğinin aksine, kullanılacak nesneye yapışması gerekmektedir. Çünkü gelen kiri, tozu itebilmesi gerekmektedir. 1990'lı yılların başında Barthlott "bal kaşığı" nı üretmiştir (Şekil 5.9.). Bu kaşık, balın yuvarlanmasına izin veren ve geride hiçbir şey bırakmayan ev yapımı mikroskobik olarak pürüzlü bir silikon yüzeye sahip bir kaşıktır. Bu ürünün tasarlanması sonrasında, büyük kimya şirketleri artık bu tekniğin uygulanabilir olduğuna inanmışlardır (Forbes, 2008).



Şekil 5.9. Barthlott'un "bal kaşığı" (Issempa, 2019).

Yaprak yüzeyinin gizemi 1990'lı yılların sonlarına doğru bilim etkisiyle çözülmüştür. Bonn Üniversitesi'nden Barthlott ve Christoph Neinhuis, tarayıcı elektron mikroskop kullanarak yaprakların yüksek çözünürlüğe sahip görüntülerini incelemeye başlamışlardır. İncelemelerinin sonucunda lotus yapraklarının sadece makro ölçekte değil aynı zamanda mikro ve nano ölçekte de pürüzlü bir yapıya sahip olduklarını gözlemlemişlerdir (Bhushan, 2013). Yağmur ile tamamen temizlenen mikro ve nano yapılı süper hidrofobik yüzeylerin özelliklerine dayanmaktadır. Su ve kir tanelerinin temas alanı çift yapılı yüzey tarafından büyük oranda minimuma indirilmiştir. Bu durumda hidrofobik kimya ile birleştiğinde su damlacıklarının az bir eğimde bile yuvarlanmasına izin veren, temas açısı yüksek olmasıyla sonuçlanır. Bunun sonucunda ise, yüzeyde bulunan yapışan parçacıkları alır ve yüzeyden uzaklaştırılmasını sağlar ve böylece temiz ve kuru bir yüzey geride bırakmış olur (Stegmainer, vd., 2008).

Wilhelm Barthlott tarafından yaprak yüzeyinin etkisinin iki özelliğin birleşiminden kaynaklandığı sonucuna varmıştır. Bunlar; balmumu ve onu kaplayan (birkaç mikron büyüklüğünde) mikroskobik özelliklerden oluşmaktadır. Balmumu yüzeye sahip yaprakların, hidrofobik ya da sudan nefret ettirmesi gerektiği bilinmektedir. Bu özelliğe sahip malzemelerin temas

alanlarının minimuma indirilmesi için su damlacıkları tepeciklerde oturmaktadır. Hidrofilik bir yüzey için, temas açısı (damlacığın yüzeyinin malzemeyle buluştuğu yer) 30 dereceden azdır; hidrofobik bir yüzey 90 dereceden daha büyük bir temas açısına sahiptir (Forbes, 2008).

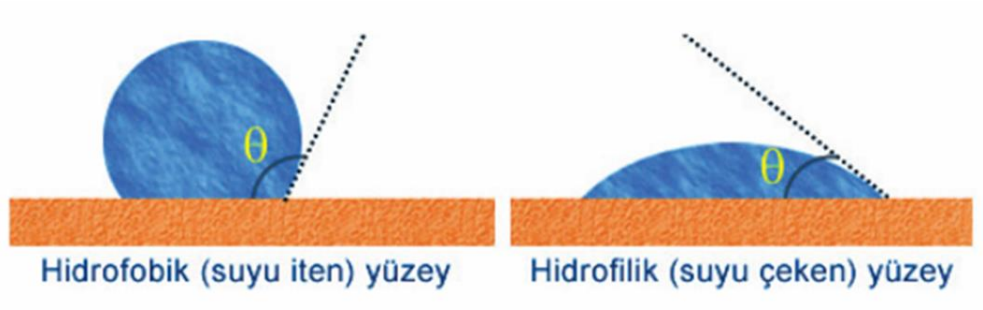
Almanya Botanik Enstitüsünde; Wilhelm Barthlott ile Christoph Neinhuis, kendini temizleme (Self- cleaning) işlevini ifade eden 'Lotus Efekti' ifadesinin patentini almışlardır (Forbes, 2008). 'Temizlenmesi kolay' tabiri hidrofob ve pürüzsüz bir yüzeye ait olduğu anlamına gelmektedir.

Su iticilik, leke tutmama, kayganlık ve yapışmama özelliği kazanmış kumaşlara nano ster kumaşlar denmektedir. Dünyada bu teknolojiyi ilk kullananlardan biri de İsviçre Schöller Tekstil AG firmasıdır (Gürsoy, 2010).

Yaprak yüzey yapısı mikroskobik olarak incelendiğinde; tek hücreye sahip yumru biçiminde gözükmektedir ve nano ölçekli balmumu kristallerinden oluşmaktadır. Çift katmanlı yapının balmumu hidrofobik özellikleri üzerinde damlacıklar birikerek suyun yüzeyi oluşturmasına neden olmaktadır. Yüzeyde yer alan damlacıkların 140 dereceyi aşan temas açısı ve 10'dan küçük derece yuvarlanma açılarına sahip yüzeylerdir. Bu yüzey özelliklerine ise süperhidrofobik yüzeyler adı verilmektedir (Leighton, 2007). Yuvarlanan su damlaları kirleri toplamaktadır böylelikle de yaprak yüzeyi daima temiz kalmaktadır.

Yaprak yüzeyinin kendi kendini temizleme özelliği, düşük yüzey enerjisine ve nano-mikro ölçekli yüzey yapıları ile yapıştırma maddelerine yapışma alanının minimuma indirilmesine dayanmaktadır. SEM görüntülerinde bu organizma hücrelerinin üst üste bindirilmiş çift yapısını göstermektedir. Bu durum sonucunda, su damlalarıyla temas eden, küçük eğimde dahi yuvarlanarak yapışan kirleri, tozları gideren yüksek temas açılarına sahiptir (Brown ve Stevens, 2007).

Süper hidrofililik oranının ölçülmesi, Almanya'da yer alan Ludwigshafen eyaletinde Dr. Keller BASF tarafından ortaya konan itici gücün belirlenmesiyle, dinamik yuvarlanma açısının belirlenmesiyle sağlanmaktadır (Brown ve Stevens, 2007). Bu ifadeden yola çıkarak aşağıdaki şekilde göründüğü gibi su damlacıklarının yaprak yüzeyinde duruş açıları hidrofobik veya hidrofililik durumlarının anlaşılmasını sağlamaktadır (Şekil 5.10.).



Şekil 5.10. Hidrofobik ve hidrofililik yüzeylerde temas açısının karşılaştırılması (Bağçeci, 2010).

"Lotus etkisiyle" ilgili çeşitli araştırmalar vardır. Bu araştırmaların sonucu elde edilen bilgiler tekstil endüstrisinde leke tutmaz kumaşlara ilham vermiştir. Kir, leke, su tutmayan tekstiller sadece günlük kullanımda değil, birçok alanda fayda sağlamaktadır.

Nanobilim alanında çalışan insanlar, lotus yaprağının yukarıda bahsedilen girintili çıkıntılı yapısını incelemişlerdir ve yapının bu özelliğini taklit etmektedirler. Bu doğrultuda su-kir tutmayan özellik sayesinde kumaş dahil birçok yüzeyin kendini temizlemesi ve kuru kalması bakımından yeni araştırmalar yapılmasına öncülük etmiştir.

Bahsedilen yaprak özellikleri taklit edilerek yüksek teknoloji kumaşlar üretilmesi sağlanmıştır. Bir kumaş yüzeyindeki mikro ve nano ölçekli yüzey özelliklerini değiştirerek, daha fazla ıslatma davranışının kontrolü elde edilebilir. Kumaş özellikleri "Lotus Efekti" sergileme yeteneğine sahiptir. Doğal hidrofobik davranışını gösteren yaprak yüzeyi bir tür yüzey mühendisliği

sayesinde hidrofobik davranışı taklit edebilen, su veya leke tutmaz özellikli kumaşlarda etkili olmuştur (Sawhney, vd., 2008).

Tekstillerde kaplamalarda kullanıldığında kir vb. maddelerin bulaşması ve kumaş yüzeyinde kalıcılığı önlenerek giderilmesi sağlanmaktadır (Şekil 5.11.). Bu özellik sayesinde yaşanan olumsuz hava koşullarına karşı (yağmur, kar) kullanılan tekstil materyallerine (çanta, giyim, çadır vb.) zarar görmemesini sağlamaktadır. Bunun sonucunda tüketimin fazla olduğu bu dönemde, tekstil materyaline uygulanan bu özellik sayesinde ürüne sürdürülebilirlik açısından fayda sağladığını söyleyebiliriz.



Şekil 5.11. Lotustan ilham alınarak üretilen hidrofobik tişört (Sönmez, 2016).

Lotus efektinin tekstiller üzerine uygulanması temizleme ve bakım kolaylığı, çevreye olumsuz bir etkisinin olmaması, zamandan, materyal, enerji tasarrufu, bazı kimyasal maddelerin yerine ikame edebildiği için sağlık ve çevre açısından daha güvenilir olması gibi avantajları sağlamaktadır (Seventekin, vd., 2006).

Tekstilde biyomimetiğin kullanılabileceği bir başka meslek dalı da sağlık sektörüdür. Bilindiği üzere yılda birçok kişi enfeksiyondan, mikrop kapılmasından hayatını kaybetmektedir. Hayatımız için önemli olan bu sektörde hijyen, temiz olma, anti-bakteriyellik çok önemlidir. Ameliyathanelerde, hasta yataklarında, çarşaflarda vb. kullanılan tekstil materyallerinde biyomimetik örneklerinden biri olan lotus etkisiyle kir tutmama özelliği kullanılmasının yaygınlaşmasıyla, yüzeyde biriken kir, mikrop vb. bakteriler tekstil yüzeyine tutunamaz ve silindiğinde kolayca giderilmesi sağlanabilir. Böylece birçok hastalığın, enfeksiyona bağlı rahatsızlıkların azalmasında etkili olabilir. Lotustan ilham alınarak üretilen materyale ait özel bir görsel etki bulunmamakla birlikte giysi formunu da etkileyen bir durum söz konusu değildir.

ITV çalışmasında, tekstil materyalinin yapısında süper hidrofobiklik ve kendi kendine temizleme üzerindeki etkileri araştırılmıştır. İlk olarak, son derece kendi kendini temizleyen tekstil ürünlerinin geliştirilmesinin genel yapılabilirlik özelliklerini analiz etmek için yapı parametrelerinin filament iplikten yapılan dokuma kumaşlar üzerindeki etkileri araştırılmıştır (Brown ve Stevens, 2007). Bu etkinin kabiliyetini nicel olarak ölçmek için Denkendorf Tekstil Teknolojisi ve Proses Mühendisliği (ITV) Enstitüsü'nde tekrarlanabilir ve standartlaştırılmış bir yöntem mevcuttur (Stegmainer, vd., 2008).

Diğer tekstil test standartlarından bilinen ve farklı bileşenlerin karışımlarından veya karbon siyahı gibi tek bir bileşenden oluşan kirlerin kullanıldığı test yöntemleriyle ölçülür. Test için kullanılan kir karışımları, silika, mineral yağ, zeytinyağı ve karbon siyahı gibi bileşenleri içerir. Uygulanan test yönteminde, darbeyi simüle etmek için kir, mekanik olarak tekstillerin yüzeyine sürülür ve tekstil yüzeyine bulaşmalardan sonra numuneye su püskürtülür (Stegmainer, vd., 2008).

Açık iplik yapısına sahip dokuma kumaşlar için özellikle düşük ıslanabilirlik ölçülür. Bu kumaşlar farklı mikro yapılı yüzeylere sahiptir ve süper hidrofobiklik gösterir. Yüksek filament inceliği, eğer iplik düşük kompaktlıkla yapılmış ise, daha kalın filamentli ipliklere kıyasla hidrofobikliği destekler,

böylece filamentler aralarında yeterli bir mesafe olacak şekilde yan yana uzanmaktadır (Brown ve Stevens, 2007).



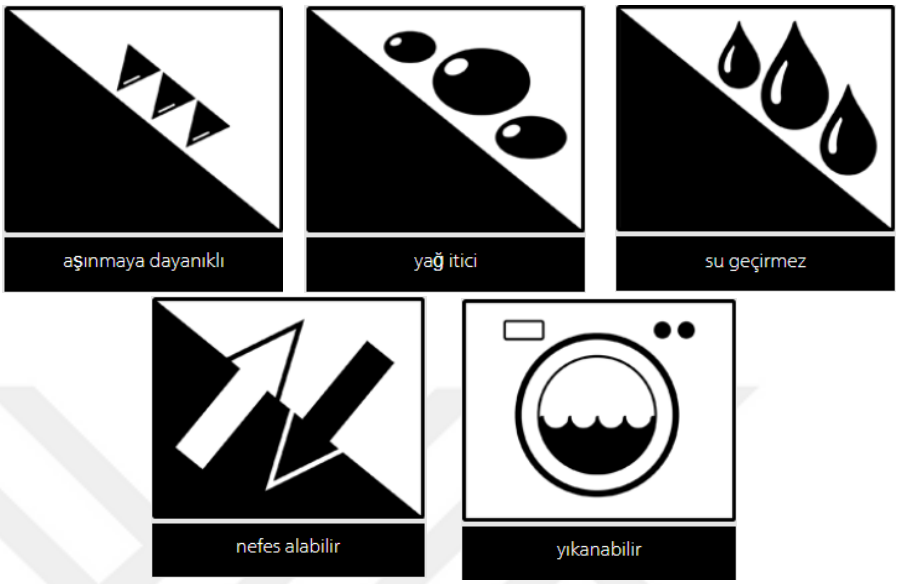
Şekil 5.12. 'Self cleaning' (kendi kendini temizleme) yapan tekstiller için kalite etiketi (ITV Denkendorf, 2022).

Tekstil materyallerinin süperhidrofobik ve kendi kendini temizleme özelliğinin kanıtlanması için ITV, "kendi kendini temizleyen-doğadan ilham alan" görselde belirtilen kalite işaretini vermektedir (Şekil 5.12.). Bu onay işaretinin test prosedüründe, elyafın filament yüzeyi, yüzey yapılarını ifade etmek için SEM ile incelenir ve kendi kendini temizleme etkisi için nano boyuttaki yapıların ön koşulunun altını çizmektedir (Brown ve Stevens, 2007).

Belirtilen lotus etkisinin tekstilde kullanılan birçok teknoloji örneği vardır ve sadece giyim olarak değil aynı zamanda ev tekstilinde de kullanılmaktadır. Giyim alanında kullanılan örneklerden biri;

NanoSphere® tekstil terbiye teknolojisi kullanılarak bu teknoloji tekstil materyaline kalıcı olarak aktarılabilir. NanoSphere® yüzey alanında nanopartiküller ince bir yapı oluşturmaktadır. Normal yüzeylerde daha fazla temas alanı daha iyi yapışma sağladığından su, yağ, kir kumaş tarafından hapsedilir. Hapsedilen yağ, kir ve su bu nano yapıların tepelerinde kalır ve böylece temas alanı azalmaktadır. Bu durum sonucunda yapışmada önemli

oranda azalma gerçekleşir ve yüzey tepeciklerinde bulunana damlalar kolayca yuvarlanabilir veya suyla kolayca giderilebilmesi sağlanabilir (Schoeller®, 2022).



5.13. Nanospher® tekstilinin sahip olduğu özellikler (Schoeller®, 2022).

NanoSphere ® ile işlenmiş kumaşın özelikleri maddeler halinde aşağıda belirtilmiştir (Şekil 5.13.);

1. NanoSphere ® tekstillerin optimum emilmesini sağlamaktadır. Ürün üzerinde su yalıtımı iyidir bu yüzden ketçap, kahve gibi diğer birçok madde nano yapılı yüzeyde durmadan uzaklaşmaktadır. Eğer eğim yeterli değilse ve kir orada dursa da oraya yerleşmiş, emilme olmuş anlamına gelmez aksine su altında kolayca durulanması yapılarak giderilebilir.

2. NanoSphere ® tekstillerin çevreye olumlu etkisi vardır çünkü enerjiden, su tüketiminden, yıkamada kullanılacak kimyasallardan tasarruf sağlamaktadır. Tekstil materyalleri daha az sıklıkla ve daha az sıcaklıkla yıkanabilmektedir.

3. NanoSphere ® tekstillerinin başka bir özelliği ise, ürünü aşınmaya karşı dayanıklı, sağlam ve uzun ömürlü hale getirmesidir.

Yıkama kalıcılığı geleneksel yöntemlere göre olduğundan çok daha yüksektir. NanoSphere ® basınç ve sürtünmeye karşı dayanıklıdır. Görünüm, aşınma, hissiyat, nefes alabilirlik veya elastikiyet konforu üzerinde hiçbir etkisi yoktur.

4. NanoSphere ® tekstiller giysi haricinde de birçok alanda kullanıma uygundur (Maity, vd., 2013). NanoSphere ® dışında lotusun kir tutmama özelliğinden ilham alınarak üretilen bir başka tekstil materyali de;

Nano-Care, mucit ve girişimci olan David Soane tarafından geliştirilen ve günümüzde şirketi Nano-Tex tarafından üretilen kumaşlara uygulanan bir kaplamadır (Forbes, 2008). Doğadan alınan ilham ile tekstil materyali üzerinde yapraktaki etki kaplama yapılarak taklit edilmiştir. Bu özelliklere sahip tekstil materyallerinin kullanım alanları olarak;

Kendi kendini temizleme özelliklerine sahip olan elyaf bazlı yüzeyler için çeşitli uygulamalar mevcuttur. Bunların kullanım alanları olarak, havaalanları, spor stadyumları için tekstil çatılar ve dış mekân uygulamaları, güneş koruyucu tekstiller ve su ile temas eden malzemeler (örn. duş perdeleri) gibi su bazlı çözümler için iç mekân uygulamalarını içermektedir (Stegmainer, vd., 2008). Bu maddelerden yola çıkarak sadece giyim alanında değil ev tekstilinde veya hastanelerde kullanılabilecek ürünler oluşturulması sağlanabilir.

Kendi kendini temizleme etkisinin günlük hayatta kullanılması ile ürün ömrü uzar ve ürünün temizliği için gereken çaba azalır. Lotustan alınan kir tutmama ilhamının farklı endüstriyel alanlarda da uygulandığı görülmüştür. Örneğin şeffaf bir kaplama yapılarak cam yüzeylere uygulanabilmektedir. Bu özellik sayesinde ileride, bir kullanım örneği olarak araba kullanırken silecek kullanılmasına gerek kalmaz veya çok yüksek katlı binalarda yaşayan insanlar için temizlik sorununun ortadan kaldırılması sağlanabilir.

Doğada var olan nano yapılı süper hidrofobik yüzeylerin asıl işlevi, bakteri gibi bulaşmalara karşı korumadır. Bunlar düzenli olarak yağmurla yapraklardan uzaklaştırılır (Stegmainer, vd., 2008).

Nilüfer yapraklarında bulunan süperhidrofobik özelliği, gül yapraklarında da bulunmaktadır (Şekil 5.14.). Nilüfer çiçeğinde olduğu gibi pürüzlü yüzeylerin ıslatılması ve suya karşı davranışları, bilim adamları tarafından günümüzde devam eden bir araştırma konusudur. Temas açısı, katı bir yüzeyin hidrofobikliğini karakterize etmek için kullanılan geleneksel bir parametredir. Bununla birlikte, son zamanlarda, 'gül yaprağı etkisi' söz konusu olduğunda, yüksek grafiklerin su ile katı bir yüzey arasında güçlü bir yapışma ile bir arada bulunabileceği bulunmuştur (Bhushan ve Nosonovsky, 2010).



Şekil 5.14. Gül genel görünüm.

Bu araştırmaların sonucu elde edilen bilgiler tekstil endüstrisinde kir tutmaz kumaşlara ilham vermiştir. Lotus (Nilüfer) ve gül yapraklarının kir tutmama özelliğinden alınan ilham ile üretilen materyale ait özel bir görsel etki bulunmamakla birlikte giysi formunu da etkileyen bir durum bulunmamaktadır.

5.2.1.3. Kozalak

Tekstil materyalleri bütün spor dallarında kullanılmaktadır. Aktif kas hareketi ile yorucu egzersizde insanlarda yüksek oranda terleme meydana gelmektedir ve bu durum sporda kimi zaman rahatsız edici bir durum haline gelebilmektedir.

Nem çekme özelliği; tekstil liflerinin, belli sıcaklık ve rutubette sıvıları emme (içine çekme) kabiliyetidir. Emilen sıvı miktarı, elyaf türüne ve ortamın rutubet miktarına göre değişir. Liflerin nem çekme özelliği; iplik, dokuma, ağartma ve boyama işlemleri için gereklidir (MEB, 2014) Bundan dolayı; nefes alan, teri içeride tutmayan, hava geçirgenliğine izin veren tasarımlar geliştirilmesine öncülük sağlanmıştır.

Kozalaktan alınan ilham ile "nem yönetim kumaşları" terimi doğmuştur. Bu terim, vücut sıvısının (örneğin ter) ve nemin hareketini, deriden uzaklaşarak kumaşın dış yüzeyine hızla buharlaşabilecekleri şekilde kontrol edilmesini sağlayan tekstil kumaşları olarak tanımlanabilir. Bu tür özellikli kumaşlardan üretilen giyim ürünleri cildi kuru tutarak kullanıcıya maksimum oranda konfor sağlamaktadır (Sarkar, vd., 2009).

Saf pamuktan üretilen tekstil materyalleri spor ürünlerinde çokça tercih edilmektedir ancak pamuk teri emdiği için tekstil, vücuttaki teri tutmaktadır. Bu durum spor esnasında veya spor sonrasında rahatsız edici ıslaklık hissedilmesine sebep olmaktadır. Biyomimetik ile kozalaktan alınan ilhamda tekstil materyali teri içine hapsetmez aksine hava kanalları dolayısıyla terin tekstil materyali tarafından emilmeden kurumasını sağlamaktadır.

Doğanın gözlemlenmesinde; kozalağın ısıya, neme ve soğukluğa karşı verdiği tepki gözlemlenmiştir ve ısıya-neme verilen tepkinin taklidi tekstile uygulandığında nefes alabilir, teri-nemi içeride tutmayan, hava geçirgenliği sağlayan inovatif tasarım oluşturulmuştur. Bu tasarım oluşumuna; kozalağın mikroskobik görünümü değil, dış ortamda ısıya-neme karşı gösterdikleri açılıp-

kapanma tepkileri incelenerek yenilikçi tekstil malzemesi geliştirilmiştir (Şekil 5.15.).



Şekil 5.15. Kozalağın açık ve kapalı olarak genel görünümü.

Kozalağın yapısının taklit edildiği ve tekstil örneği olarak tenis sporunda giyilmesi tercih edilen kıyafetlerde, hidroskopik eğilme (çok ısındığında açılması) etkisi sayesinde nem aldığında açılmaktadır. Bu durum doğadan ilham alınarak tekstil materyaline kazandırılan özelliklerden biridir.

Sıkı biçimde dokunmuş polyester kumaştan oluşan ticari bir tekstil materyali oluşturulmuştur. Gözenekleri olmayan hidrofilik polieter-ester blok kopolimer membran ile kaplanmış yüzünde üzerinde (kumaşın yüzey olarak kullanılması amaçlanan veya son üründe görünen tarafı) Sympatex™ markası altında pazarlanmaktadır. Bu iki ürün ile endüstriyel hidrofilik özelliğe sahip polimerik yapıştırıcılar kullanarak laminasyon işlemi sağlanmaktadır (Kapsali ve Vincent, 2020).

Çok işlevli malzemeler genel olarak kompozit teknolojisi kullanarak oluşturulmaktadır (iki veya daha fazla özelliğe sahip bir malzeme oluşturmak için bir malzemenin özelliği diğerine eklenir) bu genellikle tekstil teknolojisinde geçerlidir. Goretex ve Sympatex markalarında olduğu gibi; nefes alabilen,

rüzgâra ve suya karşı dayanıklı membranların ticarileşmesi, birçok 'kompozit tekstilin' giyim sektörüne girmesine yol açmıştır. Kumaş ve membran katmanları, her bileşenin bireysel özelliklerinin toplamına denk gelen çok işlevli sistemler oluşturmak için birlikte lamine edilmektedir (Kapsali ve Dunamore, 2008).

Bir giysi sisteminin temel işlevleri, kullanıcının fizyolojik ihtiyaçlarının karşılanmasını ve sistemin özelliklerinin aktivite ve çevrenin talepleriyle uyumlu olmasını sağlar (Kapsali ve Dunamore, 2008). Bu gibi özelliklerin tekstilde kullanımı o tekstil ürününe işlevsel özellikler kazandırmaktadır öyle ki giysilerde kullanılmasıyla özellikle spor ürünlerinde kullanım esnasında nem faktörünün tekstilden dışarı aktarılmasına izin vermektedir.

Polyester elyaf neme maruz kaldığı zaman hafifçe şişmektedir, polieter bileşen ise neme maruz kaldığında oldukça şişmektedir. Tekstil materyalinin boyunca yerleştirilen çift katmanlı kumaşın düzlemi "U" şeklindeki kalıp kesimlerinden oluşmaktadır. Nemin artmasına veya azalmasına bağlı olarak kanallar açılmaktadır veya kapanmaktadır. Böylece tekstil yüzeyi gözenekli hale gelmektedir (Kapsali ve Vincent, 2020). Kozalaktan alınan; neme, sıcaklığa, soğuğa karşı verilen tepkiden ilham alınarak 'INOTEK™' adı verilen tekstil ürünleri tasarlanmıştır.

Tekstil materyallerindeki hava geçirgenlikleri, giysi sisteminin mikro iklimindeki nem değişikliklerine karşı uyum sağlamaktadır. INOTEK™ tekstilleri, kullanıcıyı daha uzun süre kuru tutmak, nemin veya terin daha hızlı kurumasını sağlamak için mikro iklimdeki değişikliklere tepki vermek için nemi tetikleyici olarak kullanmaktadır (Inotek Textiles, 2022).

Standart elyaf, nemi emdikçe şişmektedir bu doğrultuda ipliğin şişmesiyle kumaş yapısının hava alış-verişi azalmaktadır. Inotek ™ tekstil malzemeleri ters mantık neme hassas olarak etkisini göstermektedir. Nemi hapseden, çeken tekstil ürünleri havayı daha fazla geçirgen hale getirmektedir. Nem miktarının artmasıyla, Inotek ™ iplikleri; kendiliğinden büzüşmekte, kumaş yapısında

mikroskobik hava bölmeleri ve iplik arasında daha iri açıklıklar oluşturmaktadır. Böylelikle tekstil yüzeyinden daha fazla buhar taşınmasını basitleştirmektedir. Bunun sonucunda da vücudun buharlaşma ile gerçekleşen doğal soğutması giyim ile desteklenmiş olur. Kuru koşullarda ise; Inotek ™ iplikleri gevşeyerek çam kozalağına benzer bir şekilde açılmaktadır, hava geçirgenliği azalmaktadır ve yalıtım özelliği artmaktadır. Çam kozalağı etkisi, sıcaklık eşitlenmesine de yardımcı olmaktadır (Dugan, 2016).

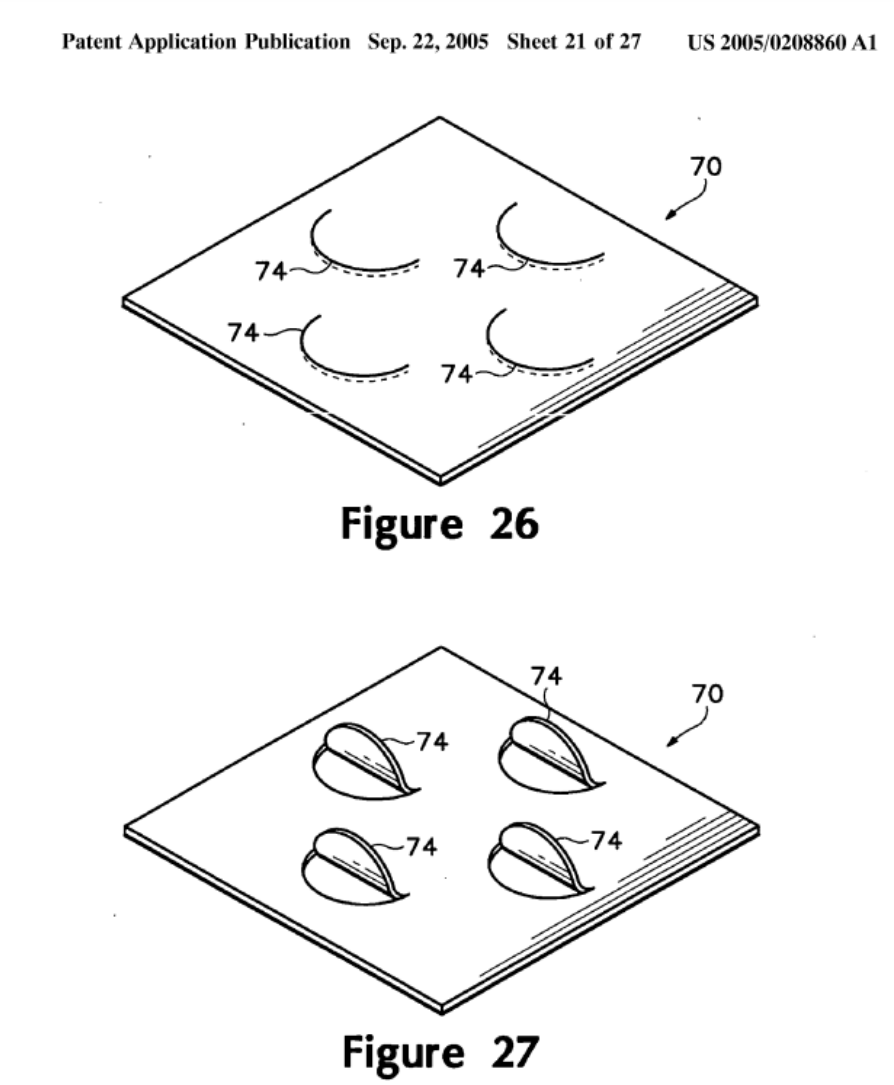


Şekil 5.16. Kozalaktan ilham alınarak üretilen tekstilin hava kanalları (Anonim, 2016).

Kozalaktan alınan ilham ile; fiziksel bir uyarana maruz kaldığında en az bir özelliğinin değiştiği tekstil ürünü içeren giyim ürünü ifade edilmektedir. Tekstil materyali fiziksel uyarana maruz kaldığında boyutsal bir dönüşüm sergileyen bir veya daha fazla iplikten oluşan değiştirilebilir bir yapıya sahiptir. İplikler, fiziksel uyarana maruz bırakılmadıklarında birinci boyut kümesine ve fiziksel uyarana maruz kaldıklarında ipliklerin ikinci bir boyut kümesine sahiptir. Tekstilin yapısı, tekstili fiziksel uyarana maruz bırakarak değiştirilir, böylece iplikler birinci boyut kapalı halinden ikinci boyut haline dönüşür ve tekstilin özelliğini değiştirir. Tekstil yapılarını geliştirmek için takviye yapıları, kesikler, kısmi kesikler ve kaplamalar da kullanılabilir (Baron, vd., 2005).

Her ne kadar saf pamuktan yapılmış geleneksel giysiler daha iyi ter emme özelliklerine sahip olma eğiliminde olsalar da cildin yanındaki kumaş

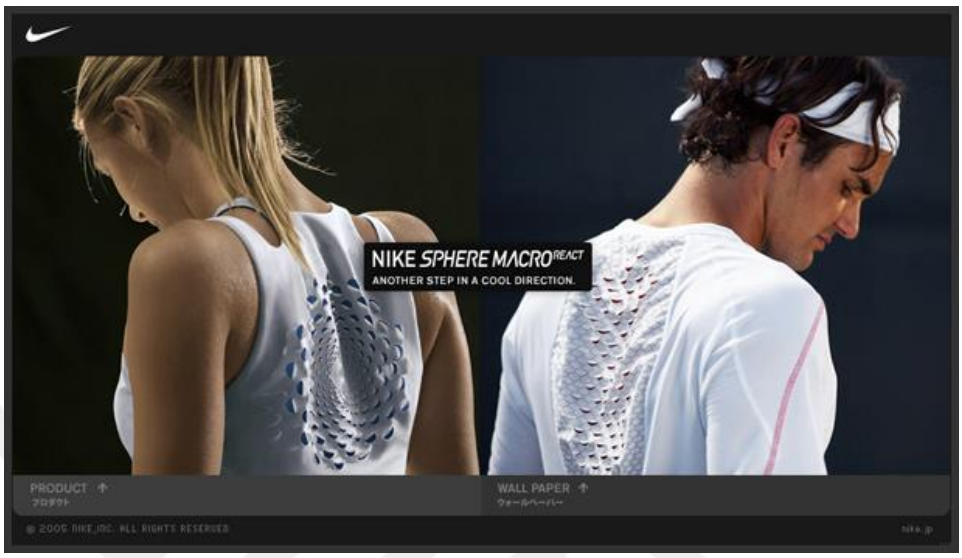
tabakasındaki terleri tutma eğilimindedirler ve kullanıcıya egzersiz sonrası rahatsız edici bir ıslak ve soğuk hissi vermektedir. Bu durumda, vücut terinin iç tabakaya yayılmasını kısıtlayan kumaşlar geliştirmek ihtiyaç haline gelmiştir. Vücuda temas eden ve terlemenin hızlı bir şekilde kuruması için sıvının mümkün olduğunca geniş yayıldığı dış tabakaya hızlı bir şekilde taşınması ve kuruma süresinin azalması anlamına gelmektedir.



Şekil 5.17. Nike markasının aldığı patentte işlevin şeması (Patent, 2005).

Nike Sphere Macro React; doğanın incelenmesinde ilham alınan kozalağın sıcaklığa veya neme göre verdiği açılıp kapanma tepkisinden aldığı ilhama göre hava kanallarına sahip tasarım oluşturulmuştur (Şekil 5.17). Görselde de gözükmekte olan hava pencerelerinin, oyun esnasında teri vücutta tutmaz, hava

geçirgenliği sağlanması için hav kanları kozalakta olduğu gibi açılmaktadır ve böylece vücuttaki nemin geçmesini sağlamaktadır. Bu inovatif ürün spor giyiminde kullanılmaktadır (Şekil 5.16.). Nike Sphere Macro React, tenis sporu giyim ürünlerinde bulunmaktadır (Şekil 5.18.).



Şekil 5.18. Kozalaktan alınan ilhamın spor kıyafetlerinde kullanılması (Óscar ve David, 2010).

Tenis vb. sporları yaparken kullanılması için tasarlanan bu ürün, kullanıcısına konfor sağlamaktadır. Teri, vücutta oluşan nemi uzaklaştırarak kullanıcının performansının olumlu etkilenmesini sağlamaktadır. Tasarlanan ürünler sadece tişörtte değil, şapkada, pantolonlarda, cekette, ayakkabı vb. birçok giyim örneğinde uygulanabilmektedir. Kozalağın taklit edilmesiyle tasarlanan tekstil ve giyim ürünlerinde, materyale özgü olarak kozalakların yapısında yer alan gözenekli kısımların, açık ve kapalı durumlarını taklit edebilen işlevsellik, materyalin kendine özgü görselliği üzerinde belirleyici olmuştur.

5.2.2. Hayvan

Hayvanlardan alınan örneklerde, çeşitli yüzeylere sahip canlılar vardır. Bu canlılardan bazıları fotonik yüzey etkisi, süper adhezyona sahip yüzey, sürtünme kuvvetini azaltan yüzey yapısı ve hidrofobik yüzey olarak sınıflandırılabilir.

Hayvanların fonksiyonel yüzeylerinin özellikleri, yüzey morfolojileri ile fiziksel ve kimyasal özellikler arasındaki karmaşık etkileşimden kaynaklanmaktadır. Optimize edilmiş biyolojik çözüm, çok işlevli yapay yüzeylerin inşası için bize ilham ve tasarım ilkeleri sağlamalıdır. Hayvanlar en verimli ve çok işlevli yüzeylerin zamanla, çevresel şartlarla kendilerini geliştirmişlerdir. Son birkaç on yılda, tipik hayvan fonksiyonel yüzeylerinden esinlenerek, çok sayıda çok fonksiyonlu yüzey üretilmiştir (Han, vd., 2016). Çalışmada doğadan ilham alınarak belirlenen örneklemler, köpek balığı, örümcek, kelebek, kutup ayısı, kertenkele, tavus kuşu ve stenocara böceğinden oluşmaktadır.

Hayvanlardan alınan ilhamlar arasında birbirinden çok farklı özelliklere sahip oldukları sonucuna varılmıştır. Yukarıda belirtilen hayvanlar sırasıyla, sürtünme kuvvetinin azaltılması, ateşli silahlara karşı koruma, tavus kuşunda ve kelebekte renk kullanılmadan farklı renklerin algılanması, soğuk iklimlere karşı ısıyı koruma, yüzeye yapışma özelliği ve su toplama gibi özelliklere sahiptirler.

5.2.2.1. Köpek Balığı

Dünyanın en bilinen yırtıcılarından biri olan köpek balığı okyanuslarda, denizlerde yaşadığı gibi, tatlı sularda da bulunabilmektedir (Şekil 5.19.). Aynı zamanda en hızlı deniz canlılarından biri olarak bilinmektedir. Ürkütücü canlılar olmasına rağmen biyomimetik uygulamalarla birçok alanda inovatif fayda sağlamaktadır. Köpek balığı deri yüzeyi gri ve beyaz renklere ve kaygan bir görünüme sahiptir ve mikroskopla incelendiğinde hızının bu yapıdan kaynaklandığı görülmüştür. Sürtünme kuvvetini azaltan yüzey yapısına sahip canlılardır. Bu kuvveti azaltan yüzey yapısından dolayı suya karşı direnç minimuma indiği bilinmektedir. Dolayısıyla su da çok hızlı ilerleyebilmektedirler.

Köpek balığının derisi bir elektron mikroskobu altında incelendiğinde, “dermal dişler” olarak adlandırılan sayısız birbiriyle örtüşen ölçek yapılardan oluşmaktadır. Bu diş yapılarında kanallar mevcuttur bu oluklar su içerisinde

girdap oluşturarak veya daha yavaş türbülanslı girdapları bozarak suyun daha hızlı ilerlemesini sağlamaktadır. Bilim adamları tarafından araştırılan köpek balığı yapısının bu işlevsel özelliği, dermal dişlerin çoğaltılmasıyla mayolarda uygulanmıştır (Shrinath, vd., 2016). Günümüzde büyük yarışmalarda bu uygulamanın yapıldığı mayolar yasaklanmıştır.

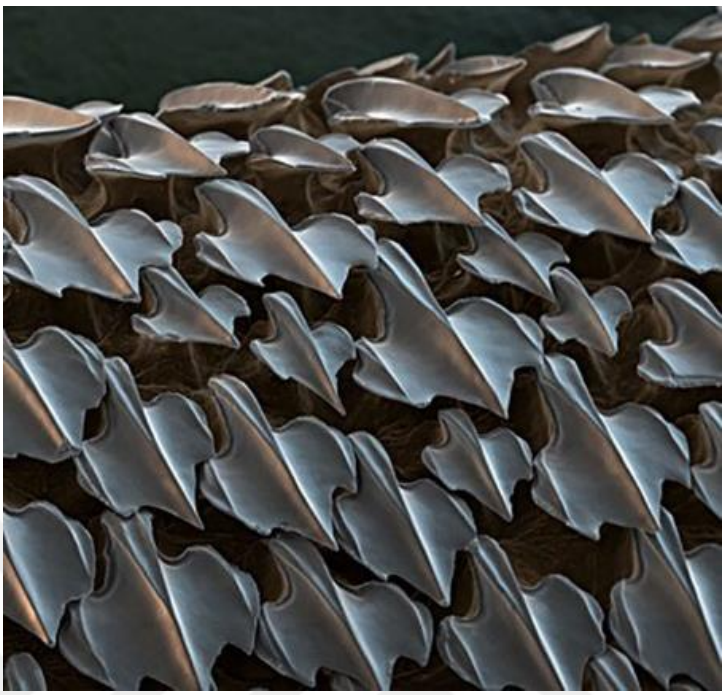
Gök, deri yüzeyinin yapısında bulunan kanallar ve şeritler sayesinde, dikey su girdapları ve su spiralleri oluşmakta olduğunu bildirmektedir (Şekil 5.20.). Böylece suyun, balığın yüzeyine daha fazla yapışmasına olanak sağlanmakta ve bu da suyun ilerlemeye karşı olan direncini azaltmaktadır. Olimpiyat yarışmalarında, suyun yüzücüler üzerindeki sürtünme direnci çok önemlidir ve birçok yarışmacı bu etkiyi azaltmaya yönelik mayoları tercih etmektedir (Gök, 2018).



Şekil 5.19. Köpek balığı genel görünüm (Anonim, 2017).

Köpek balığının suda hızlı ilerleyebilmesinden başka bir özelliği olarak, derisinin yüzey yapısı anti-mikrobiyal niteliğe sahiptir. Galapagos köpekbalığı, türünün en yavaş yüzen canlısı olmasına rağmen derisi yapısından dolayı mikrop veya yosun tutmamaktadır. Sharklet Teknolojileri, köpekbalığı derisinin

yüzeyini kaplayan pulların dağılımı ve şeklini baz alarak özel kaplama malzemesi üretmiştir.



Şekil 5.20. Köpek balığı derisindeki dişli yapının görünümü (French ve Wicaksono, 2009).

Bu teknikte hastanelerde, bakterilerin pürüzlü yüzeylerde tutunamayacağı yüzeyler oluşturmak için uygulanmaktadır (Shrinath, vd., 2016). Hastanede hasta odalarında, ameliyathanelerde vb. tekstil kullanım alanlarında uygulanması hem zararlı olan kimyasal temizleyici kullanımını hem de insan sağlığını olumsuz etkileyecek faktörleri minimuma indirilmesini sağlamaktadır. Her sene ortalama yüz bin kişi hastane enfeksiyonları sebebiyle hayatını kaybetmektedir. Bu malzemenin kullanımının yaygınlaşması mikroplardan veya enfeksiyona bağlı ölümlerin azalmasını sağlayacaktır.

Köpek balığı derisinden ilham alınarak düşük hidrodinamik[1] yüzey sürtünmesi meydana gelmektedir. Antibakteriyel özelliğe sahip olan fonksiyonel mayo tasarımları uygulanmıştır (Şekil 5.21.). Bu özelliğe sahip olmaları, köpek balığını

[1] Sıvıya batırılmış katı cisimler üzerinde, onların hareketleriyle ilgili olarak sıvıların gösterdiği direnci ve genel olarak sıvıların hareketini inceleyen bilim dalı (TDK, 2022).

oklara benzeyen dişli deri yapılarından kaynaklanmaktadır. Doğanın mikro ölçekte tasarımı, vücuda temas eden suyun yüzey sürtünmesinde azalma meydana sağlamaktadır. Bu etki; "Riblet etkisi" olarak ifade edilmektedir (Singh, vd., 2012). Balığın derisindeki dişli yapı olarak ifade edilen mikroskobik yapısı yukarıdaki görselde net şekilde gözükmektedir.

Katı bir yüzey ile bir sıvı arasındaki sürtünme de tribolojik[2] bir etki olarak söylenebilmektedir. Köpek balığının yüzey dokusu aşağıda belirtilen durumlarda verimliliğin arttırılmasını sağlayacak yüzeylerin tasarlanmasına öncülük sağlayacaktır. Deri yapısının tüm alanlarında yivli[3] pullar vardır (Singh, vd., 2009).



Şekil 5.21. Köpek balığından ilham alınarak üretilen "Speedo" marka mayo (Maxey, 2014).

[2] Triboloji, sürtünme, aşınma ve yağlama konularını inceleyen bilim ve teknoloji dalıdır. Triboloji sözcüğü eski Yunan dilindeki τριβο "sürtünme" ile λόγος "prensip veya mantık" kelimelerinden türetilmiştir. https://tr.wikipedia.org/wiki/Triboloji.

[3] Bir yüzeyin üzerinde çizgi biçiminde olan, sarmal girinti veya çıkıntı (TDK, 2022)

Olimpiyat yarışmalarında, suyun yüzücüler üzerindeki sürtünme direnci çok önemlidir ve birçok yarışmacı bu etkiyi azaltacak mayoları tercih etmektedir. Yeni lif ve dokuma teknikleri ile üretilen mayolar, yarışmacının vücudunu kaplayarak suya karşı minimum direnci sağlamaktadır. Böylece su içerisinde suyu daha fazla iterek daha hızlı ilerleyebilmektedirler.

Speedo®, LZR Pulse®, LZR Racer® ve FastSkin®, Speedo Holdings BV'nin tescilli ticari markalarıdır (NASA, 2008). 1996 senesinde yapılan Atlanta Olimpiyatları'nda, ilk uzun mayolar tanıtımı yapıldığında yüzme yarışları gündem haline gelmiştir. Speedo markası, olimpik yüzme havuzlarında vücudu saran uzun mayolar su içerisinde dalgalar yaratarak yüzmeye ve aynı zamanda şirketin imajında büyük fark yaratmıştır (Şekil 5.22.). Farklı mayo üreticileri bu yeni modelleri gördükten sonra yeni cildi kaplayan ürünler tasarlamaya yönelmiştir ve havuz kenarlarında yeni izleyiciler kazandırmıştır. Mayolarda teknoloji kullanmak farklı geleneksel olimpiyat yarışmalarına ilgiyi arttırmıştır (Buirski, 2005). Speedo mayoları, biyomimetik kullanarak tekstil ve giyim tasarımında köpek balığı derisinden ilham almıştır. Bu ilham sonucunda da tekstil materyaline yenilik kazandırılması sağlanmıştır.



Şekil 5.22. 93 Sydney Olimpiyatlarında köpek balığı özellikli mayo ile Ian Thorpe (NSW, 2022).



Şekil 5.23. Michael Phelps, 2008 Pekin Olimpiyatları'nda (Anonim, 2018).

LZR Racer mayosu, Speedo' nun Pekin Olimpiyatları kampanyasının ana noktası olarak 13 Şubat 2008 yılında piyasaya "Dünyanın en hızlı mayosu" olarak sürülmüştür (Şekil 5.23.). Michael Phelps' in takım mayo giydiği holografik bir video hazırlanıp Londra, Sidney, New York ve Tokyo'da gösterilmiştir. Phelps gösterimde mayoyu "LZR mayoyla suya çarptığımda, bir roket gibi hissediyorum." (Stefani, 2012) şeklinde ifade etmiştir.

Speedo markası, biyomimetik ile köpekbalığı derisi yapısını aynen kopyalayarak LZR Racer kıyafetini üretmiştir. 'LZR Pulse' adıyla tanıtılan tekstil ürünü; NASA, Avustralya Spor Enstitüsü ile kumaşın yüzey motif tasarımını yapan Commes des Garçons ortaklığı ile geliştirilmiştir (Uuttu, 2015) (Şekil 5.24.).

Mayonun gösterdiği bir başka etki ise, gövde hareketlerinin suyun içerisinde gösterdiği direnç ile bir şekle sokar, kaldırma kuvvetini arttırmak için içerideki havaya hapseder ve ultrasonik kaynaklı dikişleri sürtünmeyi azaltmaktadır. Mayonun olumsuz etkisi olarak ifade belirtmek gerekirse, kullanıcının mayoyu giyebilme süresinin en az yirmi dakika sürmesidir (Stefani, 2012).

Köpek balığı derisinin yüzey yapısında 'diş eti' olarak tabir edilen V biçiminde sırtlar vardır. Bu dişli yapı, derinin yüzeyinde türbülans etkisi yaratmaktadır ve bu da yüzey sürtünmesinin azaltılmasını sağlamaktadır. Fastskin ® ve onun

ikinci versiyonu olan Fastskin ® II'nin köpek balığının benzer tepe yivli ve oluklu yapısıyla oluşturulmaktadır. Akış anında sadece tepe noktaları su ile temas halindedir ve cildin sürtünmesini önemli ölçüde azaltarak suyun daha akıcı bir şekilde geçmesini sağlamaktadır (Manshahia, vd., 2016).

LZR Racer markalı köpek balığı derisi imitasyon mayo özellikleri arasında; yüzücülerin hareket özgürlüğünden ödün vermeden daha verimli performans için kas salınımını ve cilt titreşimini azaltmaktadır, yüzücünün yüzme esnasında hareket hızını arttırmaktadır, yüzme esnasında sudaki sürtünme direnci azalmaktadır (Tang, 2008) (Şekil 5.25.).



Şekil 5.24. Speedo’s, Fastskin II (Choi, 2013).



Şekil 5.25. Speedo mayonun su altında görünümü (NASA, 2012).

Biyomimetik yaklaşımlarda nesnenin tek bir özelliği kullanılmamaktadır. Örneğin köpek balığında olduğu üzere hem su içerisinde hızlı ilerlemesinden ilham alınarak yeni ürünler tasarlanması yapılmıştır hem de köpek balığının yüzey yapısının her zaman temiz kalması incelenerek başka bir tasarım ürününe ilham kaynağı olmuştur.

Araştırmacılar bu deniz canlısının yapısından esinlenerek tekstilde büyük etki yaratmışlardır. Bu etki sonucunda yüzme dalında başarılar sağlanmıştır. Mayoda; materyale özgü bir görsellik bulunmamakla birlikte yüzerken hız faktöründen daha etkili yararlanabilmek için giysi yüzeyi olabildiğince vücutta geniş alanları kaplayacak şekilde tasarlanmıştır. Burada materyale ait işlevin giysi formu üzerinde belirleyici olduğunu görülmektedir.

Köpek balığının bir başka özelliği ise; deri yüzeylerinin daima temiz kalmasıdır. Bunun araştırmacılar tarafından fark edilmesiyle yüzey yapısının aynı zamanda kir tutmasını engellediği sonucuna varılmıştır. Böylelikle hastanelerde kullanılan tekstil ürünlerine uygulanabilir.

5.2.2.2. Örümcek

Örümcekler genel olarak, dünyanın birçok yerinde bulunmaktadır (Foelix, 2011). Örümcek, eklem bacaklı familyasındandır ve sekiz ayağa sahiptir. Biyomimetik ile alınan ilhamda örümceğin kendi vücut yapısından değil, avlanmak için ürettiği örümcek ağının yapısından esinlenilmesi amaçlanmıştır (Şekil 5.26.).



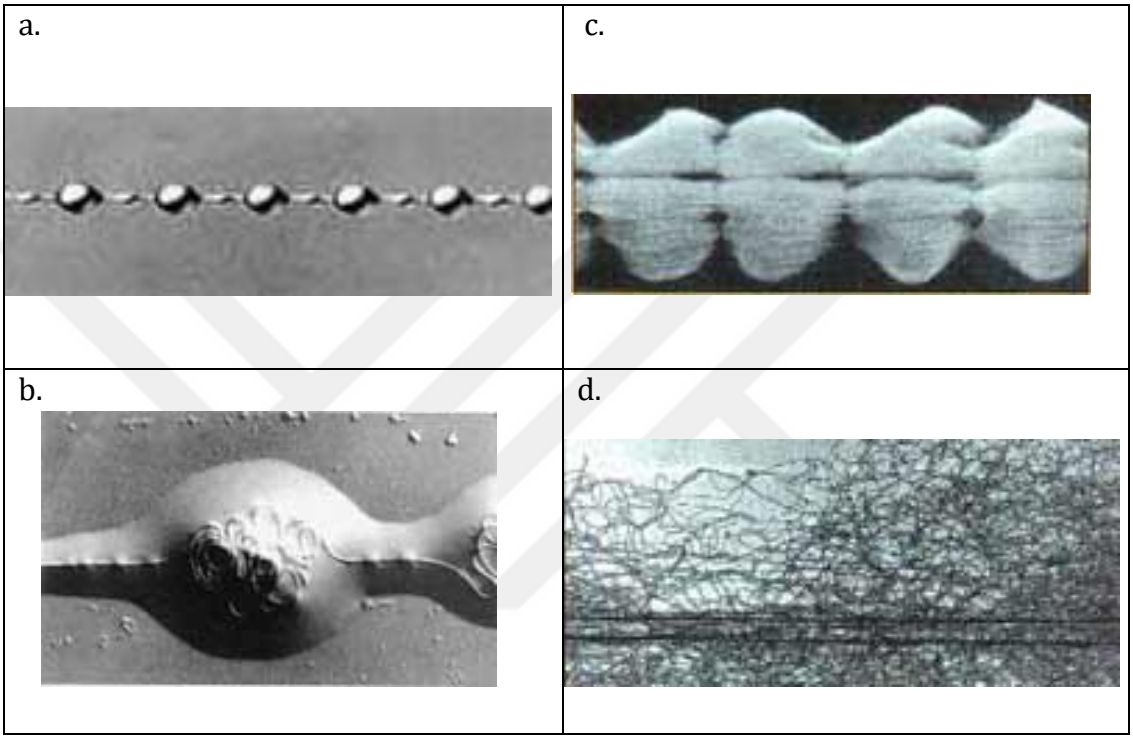
Şekil 5.26. Örümcek ağı genel görünüm.

Örümceklerin salgıladığı ipek, karmaşık mikro yapılardan meydana gelen kompozit malzemelerdir. Bitmiş ipeğin malzeme özellikleri su ve diğer çözücülerin etkisiyle değiştirilir ve örümcekler bunu belirli niteliklere sahip lifler üretmek için kullanırlar (Vollrath, 2000).

Birden fazla örümcek ipeği çeşidi vardır ve bu çeşitlilikte ipeklerin tek ortak özelliği, glisin, alanin ve serin gibi birimlerden meydana gelmektedir. Aynı zamanda salgılanan ipek; Amino asitlerden oluşan yüksek moleküler bir protein yapısına sahiptir (Wu ve Chen, 2022).

Örümcek ipeği (Şekil 5.27.); kırılma direnci, güçlü mukavemet, yüksek yoğunluk ve elastikiyet sağlayan ve diğer doğal elyaf çeşitleriyle kıyaslandığında daha iyi

kristal ve şekilsiz segmentlere sahiptir. Örümcek ipeği birçok yüksek özellikli elyaf malzemelerinden biridir (Wu ve Chen, 2022). Hem çelikten hem de kevlardan çok daha güçlü yapıya sahiptir (Malik ve Barhanpurkar, 2018). Bu güce rağmen örümcek ipeği, insan saçından daha incedir (Sharma, 2013). Örümceğin sahip olduğu bu özellik, teknoloji ile bir araya geldiği zaman tekstilde kullanılabilir, çevreye zararı olmayan ipek kullanılabilmektedir.



Şekil 5.27. Ecriballate Örümceğinin yakalama ipeğinin büyütülmesi (Anonim, 2022).

Örümcek ipeği, sentetik liflere göre mukavemet kopma uzamasıyla ters orantılıdır. Mukavemetin arttırılması için moleküller lif ekseni yönünde yönlendirilmelidir. Moleküller bir elyafta daha fazla yönlendirildiğinde, mukavemet artar, ancak kopma uzaması azalmaktadır. Çözgüdeki örümcek ipeği kevlara göre iyi bir yakınlığa sahiptir ve kopma uzaması %35 kadar yüksektir. Atkıda örümcek ipeği böcekleri yakalamak için yapışkan sıvı ile kaplanmıştır ve şaşırtıcı bir şekilde uzar ıslakken etkilidir (Hongu vd., 2005).

Çeşitli eklembacaklılar; örneğin böcekler veya örümcekler, ipeksi proteine ait olan lif üretimi yapmaktadırlar. Biyomalzeme uygulamalarında; direnç, elastikiyet, yapışma gibi fonksiyonel özelliklere sahiptir. Sentetik verilerle kıyaslandığında ipek, düşük yoğunluk ve bozunabilme gibi avantajları sağlamaktadır. Elektro-spinning gözenek boyutu ve yapısı nanometrik olarak benzeri görülmemiş özellikler gösteren dokunmamış matların oluşturulmasına izin vermektedir (Belbéoch, vd., 2021).

Bir örümceğin vücudu iki ana kısımdan oluşmaktadır. Ön kısım (prosoma) örümceğin; esas olarak hareket, gıda alımı ve sinir entegrasyonu için (merkezi sinir sisteminin yeri olarak) işlevlerini sağlamaktadır. Arka kısmında (opisthosoma/karın) ise başlıca; sindirim, dolaşım, solunum, boşaltım, üreme ve ipek üretimi görevlerini yerine getirmektedir (Foelix, 2011).

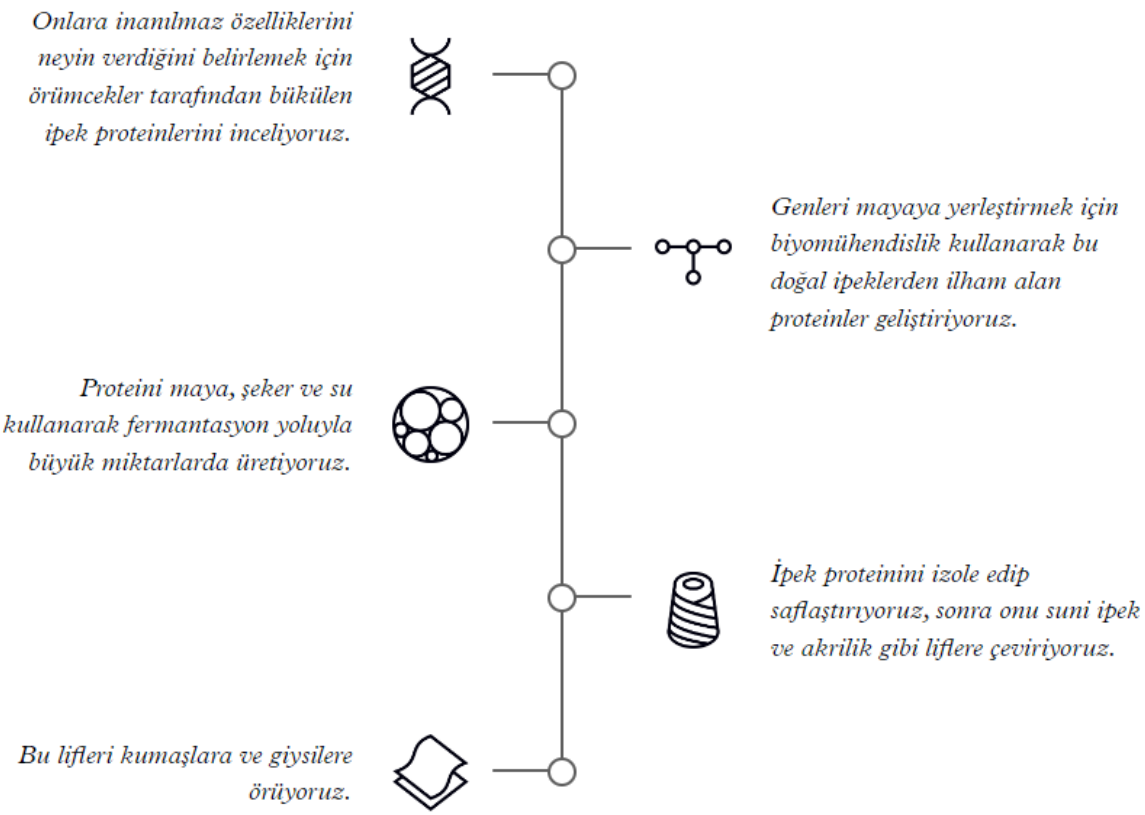
Örümcekler, yüksek gerilme mukavemeti, elastikiyet, dayanıklılık ve yumuşaklık gibi olağanüstü özelliklere sahip ipek lifleri üretmektedir. Bu süreci büyük ölçekte sürdürülebilir bir şekilde çoğaltmak için Bolt Threads adı altında teknoloji geliştirmiştir.



Şekil 5.28. Bolt Threads'in MicroSilk™ ile satışa sunduğu kravat (BoltThreads, 2022).

Bolt Threads şirketi, örümceklerin ürettiği ipeği kopyalayabilecek proteinler geliştirmek için biyomühendislik kullanılarak biyosentetik lif olarak MicroSilk™'i icat etmiştir. Kumaşın yapısında veya kullanılan malzemede hiçbir örümcek veya GDO kullanılmamıştır. Şirket; kendi yetiştirdiği, topladığı, ektiği bitkilerden gelen asıl özellik olan örümcek DNA'sı ile aşılanan şeker ve maya hücreleri. Polyester veya diğer sentetik liflere göre tamamen biyolojik olarak parçalanma özelliğine sahiptir (Tondo, 2021). Bu özellik ile, geleneksel tekstil üretimine kıyasla çevresel etki daha az meydana gelerek üretim sağlanabilmektedir. Microsilk™, 2017 yılının mart ayında örümcek ipeğinden esinlenerek yapılan 50 adet kravatı satışa sunmuştur (Şekil 5.28.) ve dakikalar içinde stok tükenmiştir. (BoltThreads, 2022).

Bolt Threads firması, MicroSilk'in üretim aşamalarını aşağıda gösterilen şemada belirtildiği gibi ifade etmiştir (Şekil 5.29.);



Şekil 5.29. MicroSilk' in üretim aşamaları (BoltThreads, 2022).

Kravat haricinde yapılan bir diğer BoltThreads tekstil ürünü ise, Microsilk liflerden oluşturulan kumaştan yapılan bir elbisedir (Şekil 5.30.). Tasarımcı Stella McCartney ile ilk iş birliği sonucunda Ekim 2017'de New York Moma'da tanıtılmıştır. (BoltThreads, 2022). Aşağıdaki görselde de göründüğü üzere, üretilen giyimin sol yanında tekstil materyalinin oluşumunda kullanılan MicroSilk elyafı yer almaktadır. Bu üretim süreçlerinin yaygınlaşması ve arz-talep ilişkisinin artmasıyla sürdürülebilir tekstil materyalleri kullanımı sağlanabilir. Böylece ürün, çevrede zaman içinde kolayca bozunma sağlayabilir.



Şekil 5.30. BoltThreads ve Stella McCartney iş birliği ile üretilen elbise (BoltThreads, 2022).

Tekstilde kullanım alanları olarak, halen daha araştırmalar devam etmektedir ve birçok alanda fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Kullanılması ön görülen örneklerden biri; savunma sanayisinde kullanılan kurşun geçirmez yeleklerde olması ön görülmektedir. Günümüzde savunmada kullanılan kurşun geçirmez yeleklerin yapısında genellikle kevlar kullanılmaktadır. Doğadan alınan, örümcek ağının yapısının taklidi yapılabilirse kevlardan daha sağlam olacağı düşünülmektedir (Şekil 5.31.). Sağlamlıktan başka bir avantaj olarak da ihtiyaç kadar esneyebileceği düşünülmektedir. Böylece tekstilde sadece savunma sanayisinde değil, emniyet kemerlerinde, paraşüt halatlarında, ameliyatta kullanılan iz belli etmeyen ipliklerde üretilebilir.



Şekil 5.31. Kevlar genel görünüm.

Örümcek ipeğinden ilham alınan ve farklı alanlarda kullanılabilmesi (sivil, askeri ve tıbbi uygulamalar) için önemli bir potansiyele sahip, özelleştirilmiş mekanik özelliklere sahip, sentetik protein lifleri elde etmek için birçok çaba sarf edilmiştir. Günlük hayatta kullanım için bu tür lifler; halatlarda, kumaşlarda vb. kullanılabilir. Anti balistik ve güçlü hafif dişli, paraşütler ve koşum takımları, askeri uygulamalar için protein bazlı liflerin kullanımlarından bazıları olabilir.

Tıbbi amaçlar için, protein bazlı lifler yapay bağlar ve güçlü dikiş iplikleri için çok iyi alternatifler sağlayabilir (Teodorescu, 2014).

Bilinen en güçlü biyo-materyal örümcek ipekleridir. Bunun yanı sıra, enfeksiyonlarla mücadele, kanamayı durdurma, yaraları onarma ve yapay bağlar gibi davranma gibi ağların birçok olası tıbbi yararı vardır. Örümcek ipeğinin olağanüstü mukavemet ve esneme özellikleri, birçok implant formunun hızlı ve basit bir şekilde taşınmasını ve aktarılmasını sağlar (Chaurasia ve Srivastava, 2020).

Yüksek mukavemete sahip kumaşlar; birçok sanayide kullanılmaktadır. Taşıtlarda darbelere karşı kullanımı (uçak, araba) da mümkündür. Öyledir ki bu tarz kumaşlar hem mukavemeti daha fazla hem de daha hafiftir. Bir başka sanayi alanı olan savunma sanayisinde kullanımında, askeriye alanında balistik yelekler kullanılmaktadır. Balistik yeleklerinde bu uygulamanın kullanılmasında örneğin ateşli silahlar, patlayıcılardan gibi birçok dış etkene karşı kullanıcının kendisini korunmasını sağlar (Şekil 5.32.).



Şekil 5.32. Balistik yelek görünümü (Wikipedia, 2022).

Günümüzde örümcek ipeğinden ilham alınarak tasarlanan inovatif tasarımlar üzerinde düşünülmektedir. Örümceğin yapısı tamamen taklit edilebilirse, birçok

sanayide kolaylık sağlayacağı ön görülmektedir. Aynı zamanda balistik yelek gibi koruyucu giysilerinde kullanımının yaygınlaşması savunma sanayisinde büyük etki yaratması düşünülmektedir.

Örümcekten alınan ilhamın kullanıldığı bir başka marka ise Spintex markasıdır. Spintex, moda ve yüksek performanslı malzeme uygulamalarında kullanılmak üzere biyolojik olarak parçalanabilen tekstil lifleri üreten bir Oxford Üniversitesi spinout şirketidir (Biomimicry Institute, 2022). Bu uygulamalar sonucunda doğadan ilham alınarak üretilen tasarım ürünlerinin biyolojik parçalanabilirliğe sahip olması çevreye atılan ve biriken tekstil atıkları sorunun azalmasına sağlayabilir. Örümcekten alınan ilhamın tekstile uyarlanmasında, materyal veya ürünün formunu etkileyen bir görsellik bulunmamaktadır.

5.2.2.3. Kelebek

Doğa, farklı işlevlere sahip sonsuz ilham kaynağına sahiptir. Biyomimetik ile alınan ilham örneklerinin bazılarında insanlar tarafından uygulanan zararlı çevresel etkinin minimuma indirilmesi sağlanmıştır. Doğa da var olan yapısal renklere sahip nesneler, birçok araştırmacının ilgisini çekmiştir. Biyomimetik alanda ilham alınan ve çevresel etkinin azalmasına katkı sağlayacak bahsedilen örnek, kelebek familyasından olan "Morfo" türü kelebeklerdir (Şekil 5.33.). Morfo türü kelebeklerin birçok canlı renge sahip olarak kendi grubunda farklı çeşitleri mevcuttur. Morfo rhetenor, morfo didus vb. gibi türleri bulunmaktadır.

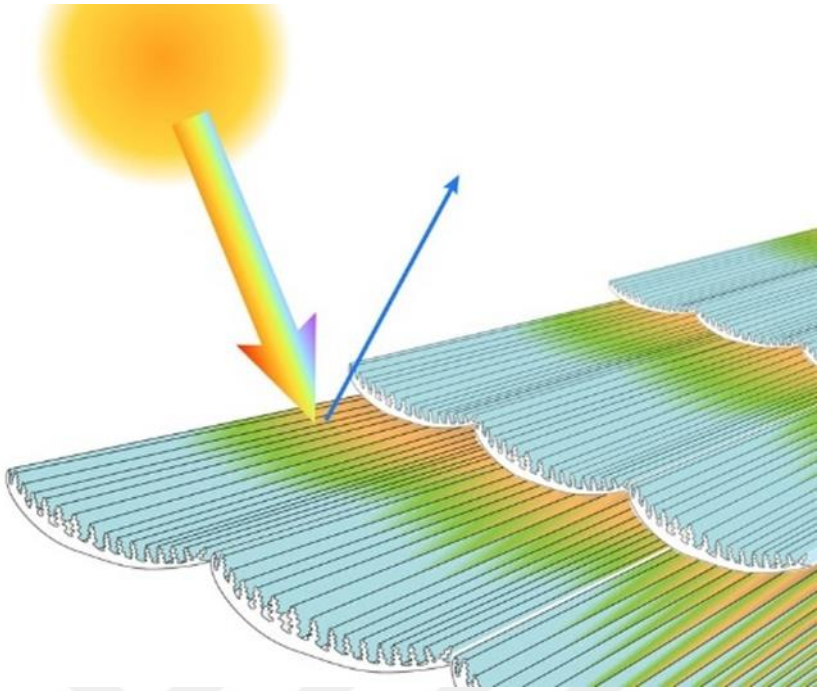


Şekil 5.33. Morfo kelebeği genel görünümü (Wikipedia, 2022).

Görselde de görülen Morfo türü kelebekler, Güney Afrika'da Amazon bölgelerinde yaşamaktadır. Yapısal renkler yani yapının kendisine ait olan renklerde, sıralı yapıya sahip yüzeyden ışığın saçılması optik maddeler tarafından sağlanmaktadır. Mikro boyutta olan yapılar, ince filmler ve düzensiz saçılma dizileri yapıyı oluşturmaktadır. Burada etkileyici olan etken, parlak renklerdir bu özellikte bazı kelebeklerin dokularından veya mikro yapılarından kaynaklanmaktadır (Dushkina ve Lakhtakia, 2013). Bu özelliğe sahip Morfo türü kelebekler, avcılara karşı kendilerini koruyabilmek için kanatlarının mavi tarafını değil, kahverengi kısmını kullanmaktadırlar. Böylece bu dış yüzeylerinden dolayı kendilerini kamufle edebilmektedirler (Kinoshita, vd., 2008).

Kelebeğin sahip olduğu mavi rengin görünme derecesi Morfo kelebek türüne bağlıdır. Bu canlı renk araştırmacıların dikkatini çekmiştir (Kinoshita, 2008). Kanadının düzgün örgü yapısından dolayı nanofotonik kristal kelebeğin kanatları birçok rengi yansıtarak rengarenk görülmesini sağlamaktadır (Kinoshita ve Yoshioka, 2005) (Şekil 5.34.).

Yapısal renkler mikroskobik olarak araştırılmaktadır ve farklı dalga boylarına sahip ışığı saçan ya da yansıtan nesnenin yapısı, gözlem yapan kişinin o rengi algılamasına bağlı olarak sonuçlanmaktadır (Jones, vd., 2020). Bu türdeki kelebeklerin kanatlarında var olan kabuklu yapı, gelen ışığı farklı yönlerden kıran birden fazla protein tabakasında var olmaktadır. Kelebeğin kanatlarındaki bu etki yani görülebilen renk, ışık pigmentlerinin var oluşundan daha çok ışık ile yapının görüntü oyunudur. Bu tür kelebeklerin kanatlarında yapısal renklenme yani girişim ve saçılım mekanizmalarıyla sağlanan ufak pul yapıları mevcuttur. Pulcukların yüzeyindeki kılcal damarların kesit görünümü çam ağacı karakteristik özelliğini andırmaktadır. Bundan dolayı pul yüzeyinde lamelli yapı oluşmaktadır. Oluşan bu yapı da yansıtılmakta olan dalga boylarındaki ışığın en fazla değerini etkilemektedir. Böylelikle yansıtılan yani görünen rengin daha parlak algılamasına neden olmaktadır (Das, vd., 2017).



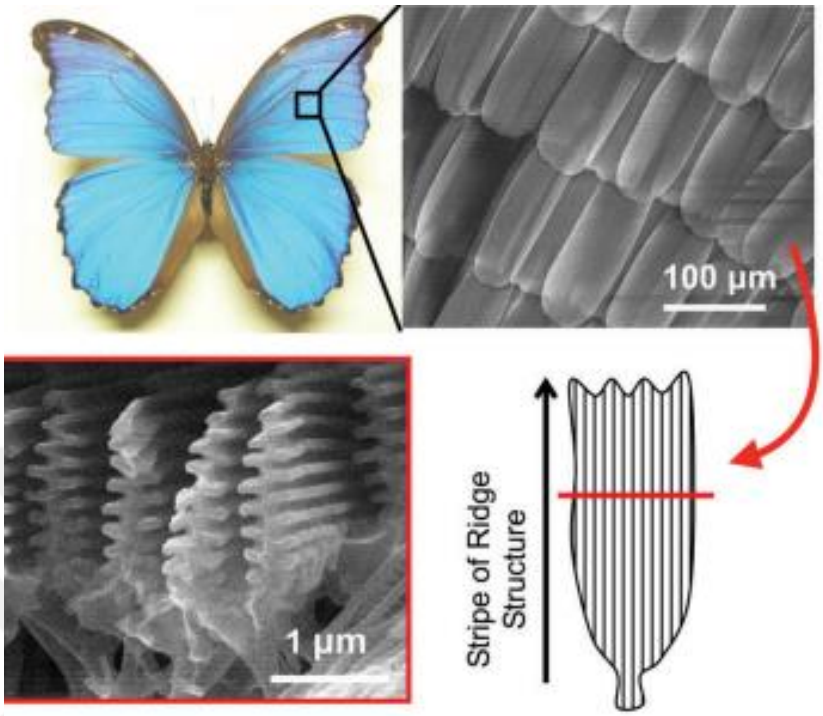
Şekil 5.34. Çam ağacına benzeyen kelebek yapısına, ışığın gelmesiyle yansıyan renklerin oluşumu (Biomimicry Institute, 2021).

Kelebeğin kanat yapısındaki belirleyici özelliğin nedeninin anlaşılması için SEM ile incelenmiştir. Kanadın yüzeyindeki katlı pul yapısı, satır halinde belirli boşluklarla sıralanmaktadır (Nose, 2004). Kanadın alt yüzeyi düzlemsel ve özelliksizdir ancak dışarıdan da görülebilen üst kısım yüzeyi ise; karmaşık mikro yapıya sahiptir (Vukusic, vd., 1999).

Kanat yapısının optik özellikleri çoğunlukla ulaştırma ve tek ölçeklerden yansıma ile ilgilidir. Periyodik düzlem boyunca 100 ° 'den büyük açı aralığı için yüksek yansımanın etkili olduğunu, diğer yandan dikey düzlem için sadece 15 °' lik aralığın çalıştığı ifade edilmiştir (Doğan, 2014).

Aşağıdaki mikroskobik görüntülerde, iki ayrı ölçekte yapının mikroskobik yansımaları görülmektedir. Sol altta yer alan 1µm boyutundaki mikroskop görüntüsünde yapı, yılbaşı ağacına veya raf yapısı görünümüne benzetilmektedir (Şekil 5.35.) ve bundan dolayı bu betimlemeler ile adlandırılan katmanlı yapılardan oluşmaktadır (Jones, 2016). Çeşitli sırt yapılarına

sahiplerdir ve sırtların çoğu da düzensiz, aralıklı bir dizi çapraz kaburga biçimiyle bağlanmaktadır (Vukusic, vd., 1999).



Şekil 5.35. Morpho didius ve SEM görüntüleri (Dumanlı ve Savin, 2016).

Elektron mikroskoplarının (SEM, TEM vb.) icadı ile doğal kaynaklardan elde edilen renklendirme yapıları araştırılmaya başlanmıştır ve bunun fotonik kristallerin pigmentler kadar yaygın olduğu sonucuna varılmıştır. Kısacası pigmentler, gelen ışığın belirli dalga boylarını seçici olarak yansıtan veya ileten kimyasal bileşiklerdir. Fotonik kristallerin sadece periyodik olarak yapılandırılmış malzemeler olması değil, aynı zamanda biyolojik sistemlerdeki farklı ve yeni akıllı tasarımların da araştırılmasında yol gösterici olmuştur. Ek olarak, fotonik kristallerde yansıtılacak tam dalga boyu veya polarizasyon küçük hata payı ile ayarlanabilir, ancak pigmentler renkleri yalnızca insan gözüyle ayırt edilebilecek düzeyde verebilir. Çoğunlukla gözlemlenen fotonik kristaller, teknolojide kullanılacak yeni oluşumlar ve farklı yanardönerlik özellikleri kazandırılması düşünülmektedir (Doğan, 2014). Bu düşüncenin ve incelenen kelebek yapısının taklidinin tekstil materyallerine uygulamaları yapılmıştır.

Teijin Fiber Corporation firması, morfo kelebeklerinin kanat yapısındaki etkiden ilham alarak, “Morphotex” ismi verilen kumaş üretimi yapmıştır (Nose, 2004) (Şekil 5.36.). Pigment, elyaf ve kumaşları renklendirmek için binlerce yıldır kullanılmaktadır fakat zararlı olmayan sentetik boyar maddelerin araştırma ve geliştirme çabaları halen sürdürülmektedir. Morphotex, kelebekte bulunan yapısal renklendirme mekanizmasını fiber teknolojisine başarıyla aktarmıştır (Kapsali ve Dunamore, 2008). Morfo türü kelebeğin renk alaşımlarından esinlenerek üretilen ve dünyada ilk kez renkli bir madde içeren (kromojenik) optik lif markasıdır (Erbıyıklı, 2011).



Şekil 5.36. ‘Morfoteks’ kumaşı (TransMaterial, 2017).

Üretilen kumaşa, herhangi bir pigment, boya ve benzeri madde kullanılmadan birçok rengin oluştuğu görülmektedir. Bu sadece kullanılan tekstil liflerinin (fiberin) yapısal özeliklerinden dolayı gelen ışığın etkisi ve yoğunluğu ile gökkuşağı renklerini ortaya çıkarmasıyla oluşmaktadır.

Burada yer verilen örnekte üretilen kumaşa, herhangi bir pigment, boya ve benzeri madde kullanılmadan sadece kullanılan tekstil liflerinin (fiberin) yapısal

özeliklerinden dolayı gelen ışığın etkisi ve yoğunluğu ile dört ana renk ortaya çıkmaktadır. (Sgro, 2010) (Şekil 5.37.).



Şekil 5.37. Morphotex kumaşına ışığın yansımasıyla ortaya çıkan renk oluşumları (Kapsali, 2022).

Nanoteknolojinin etkisiyle kelebeğin bu özelliği taklit edilerek üretilen kumaşta, sıralı tabakalar içerisinde 61 polyester ile naylon lifi farklı katmanlar ile bir araya getirilerek kelebek kanadı yapısında var olan renk etkisi oluşturulmuştur. Farklı katmanların ortalama kalınlığı 70-100 nanometre arasında olacak şekilde kontrolü sağlanarak dört ana renk oluşumu sağlanmıştır (Nose, 2004).

Elyaf üretimi yapılırken; boya vb. kimyasal madde kullanımı olmadığından, "Morphotex" genel kumaş üretim yöntemleri ile kıyaslandığında enerjiden ve kimyasalların giderilmesi için gerekli yıkama işlemleri olmamasından dolayı su tüketiminden de tasarruf etmektedir. Çevresel etki göz önünde bulundurulduğunda ise kullanılan endüstriyel atık oranı en az seviyede yer almaktadır.

Teijin Fiber markasının morfo kelebeğinden ilham alarak ürettiği bahsedilen bu tekstil materyalinin giyim alanında da yansımaları yer almaktadır. Donna Sgro isimli tasarımcı Morfoteks kumaşını kullanarak birden fazla giyim tasarımı yapmıştır (Şekil 5.38 ve Şekil 5.39.). Tekstilin giyimde kullanılmasıyla, herhangi boyar madde kullanılmadan görselde gözüktüğü gibi farklı açılardan ışığın yansımasıyla farklı renkler farkı tonlarda görülebilmektedir.



Şekil 5.38. Donna Sgro'nun Morfoteks kumaşını kullandığı tasarımı (Sgro).

Belirtilen iki görselde de farklı açılardan fotoğrafları çekilmiş olduğu görülmektedir. Bundan dolayı kumaş kullanılmasına rağmen farklı açılarda ve ışık farklılıklarından dolayı giyim ürünlerinin renkleri birbirinden farklı gibi algılanmaktadır.

Morfo türü kelebeklerden alınan mavi, parlak, canlı yapısal rengin taklit edilmesinde sadece M. Rhetenor veya M.didus kelebekleri yer almamaktadır. Başka bir türe ait kelebeklerde de farklı renklere sahip yapısal renklendirme görülebilir, taklit edilebilir ve tekstile uyarlanması sağlanabilir.



Şekil 5.39. Donna Sgro'nun Morfoteks kumaşını kullandığı başka bir tasarımı (Sgro).

Günümüzde Tekstil Endüstrisinin çevreye zarar veren ikinci en büyük endüstri olduğu düşünüldüğünde; Morfo kelebeğinden alınan bu iham verici özellik sayesinde, tekstil üretiminde boyama yapılırken kullanılacak su kaybının

azaltılmasını sağlayabilir ve kimyasal atıkların azalması sağlanabilir. Böylece doğaya atık sular ile zarar vermeden ve yine doğadan ilham alarak, kumaşa morfo kelebeğinin kanadına benzeyen bir görsel özellik kazandırılmıştır.

Yapısal renk ilhamının tekstil materyallerinde uygulanmasında, canlının kanat yüzeyindeki parlak renk yapısından yola çıkılarak üretilen tekstil materyallerinde, herhangi kimyasal boyar madde kullanımı olmadan yapısal rengin taklit edilmesiyle uygulamalar yapılmıştır. Öyle ki şu an kullandığımız tekstil materyalini renklendirme işlemlerimiz ile kıyaslandığında doğadaki yapılardan ilham alınmasında, tekstil/giyim materyaline uygulanması planlanan boyanın giderilmesi için yapılması gereken yıkama işlemlerine gerek kalmamıştır. Bunu etki sonucunda su tasarrufu ve doğaya zarar veren kimyasal atık oranlarının en aza indirilmesi sağlanmıştır.

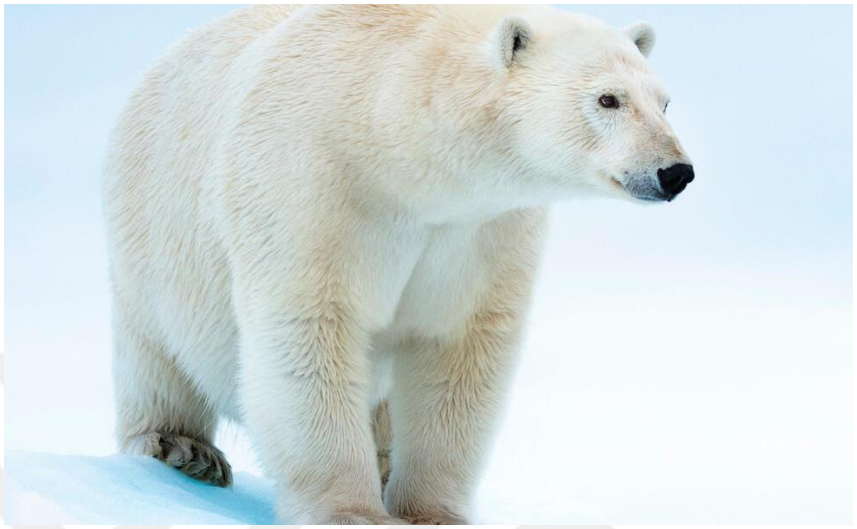
Ürünün materyal özelliğine farklı yönlerden bakıldığında ışığın geliş açısına bağlı olarak çeşitli renk kırılmaları oluşmakta ve bu da tasarıma görsel açıdan katkı sağlamaktadır. Boyar madde kullanılmadan bu etkinin yaratılması materyale görsel özellik kazandırırken de çevreci bir yol izlenmiştir.

5.2.2.4. Kutup Ayısı

Kutup ayıları isminden de anlaşıldığı üzere kutup bölgelerinde, aşırı soğuk ortamlarda kalın kürk yapısıyla yaşamını sürdürmektedir (Şekil 5.40.). Zayıf kutup ışığı, ayının tüyleri sayesinde direkt, ayının sanılanın aksine siyah olan derisine ulaşmaktadır. Postun bu önemli avantajı ışınların bu zorlu iklim şartlarına rağmen postu yokmuşçasına tenine ulaşmasını ve vücudun sıcaklığını korumasını sağlamaktadır. Kutup ayısı postu önceki dönemlerde düşük ısıdan korunmada gerek görülmekteydi ancak soyları yok olmaya yüz tutunca imitasyon kürlerin tasarlanmasına ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır.

Kutup ayısını koruyan tüyler ilk bakıldığında beyaz görülmektedir fakat kutup ayılarının postu beyaz değil yarı saydamdır (Mirsky, 1998). Burunları ve gözleri dışında tüm vücudu tüylerle kaplıdır. Bu özel tüyler ve siyah renkli derileri

(Şekil 5.41), kutup ayılarının güneş enerjisinden radyasyonla ısı transferi yoluyla yararlanmasını da mümkün hale getirmektedir. Yarı saydam özellikteki lif boyunca iletilen enerji, siyah renkli cilt tarafından absorbe edilmektedir (Süpüren Mengüç ve Özdil, 2014).



Şekil 5.40. Kutup ayısı genel görünüm (Barrett, WWF).

Tüyün bir diğer avantajı, her tüyün geniş ve içi boş yapıya sahip olmasıdır. Bu sayede iletimi minimuma indirmektedir. Kısacası, oluşan sıcaklık ayının vücudunda kalmaktadır (Cui, vd., 2018). Biyomimetik ile kutup ayısının sıcaklığını koruma özelliğinden ilham alınmıştır.



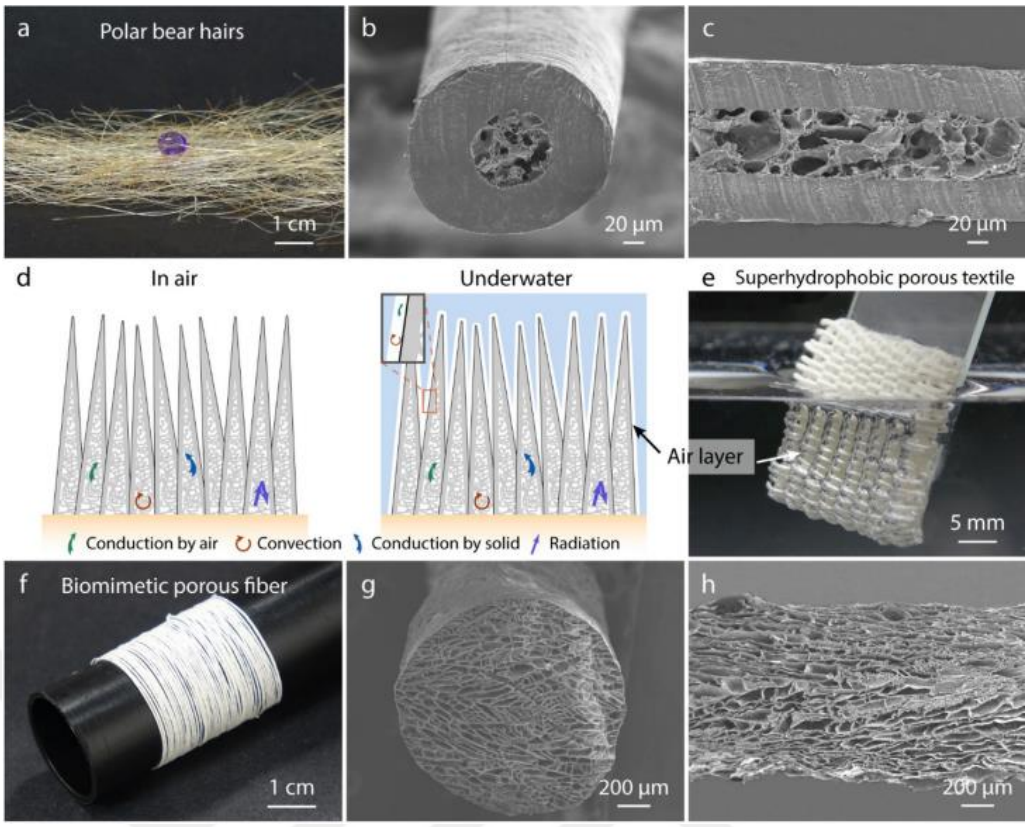
Şekil 5.41. Kutup ayısının kürkü ve siyah derisinin görünümü (AskNature, 2022).

Kutup ayıları gibi aşırı soğuk ortamlarda yaşayan hayvanların, içi boş tüylerinden yararlanarak, vücudu sıcak tutan yapıya sahip tekstiller oluşturulmuştur. Sentetik elyaflarda bu özelliğin taklit edilmesiyle akıllı tekstillerin kullanımının artması ön görülmektedir. Tekstilde, giyilebilir bir ısıtıcı olarak da işlev görebileceği belirtilmektedir (Cui, vd., 2018).

Kutup ayısının deri ve kürkü, güneş-termal fonksiyonlarına dayalı olarak yeni, esnek şeffaf bir ısı yalıtım malzemesi geliştirilmiştir. ITV Denkendorf'ta bu ilke ayrıntılı olarak incelenmiştir. Güneş enerjisi, endüstriyel güneş-termal uygulamalarında (ısıtma suyu ve hava) esnek, yarı saydam ısı yalıtkanları olarak kullanılabilecek tekstillere aktarıldı. Küçük kaplamalı yapılarına dayanan ürün, büyük, endüstriyel ölçeklerde üretimi sağlanabilir. Yarı saydam ve/veya boyalı kaplamalara sahip aralayıcı tekstiller özellikle iyi performans gösterdi. Ara parça tekstili aşağıdaki özelliklerle belirtilmektedir (Stegmaier, vd., 2008,):

• ışığa son derece dayanıklı polimerler,
• yüksek oranda yarı saydam ve/veya siyah pigmentli silikon kaplama,
• görünür spektrumda gelen ışığa yarı saydamlık ve UV radyasyonuna karşı geçirimsizlik,
• konveksiyonla ısı kaybı büyük ölçüde azaltılmıştır,
• uzun dalga (termal) radyasyon yoluyla ısı kaybını önlemek için kaplama,
• iyi yarı saydamlık ve yüksek termal verimlilik sağlayan kire dayanıklı kaplama.

Kutup ayıları hem soğuk havada hem de su da yaşamalarını sağlayan gözenekli mikro yapıya ve hidrofobik (su sevmeyen) yüzeye sahip özellikli kürk yapısına sahiptir. Su da var olan sıcaklık ve ısı aktarım arasındaki büyük ısı farklılıkları, karasal ortamda ısı yalıtım malzemelerinin aynı anda havada ve su içerisinde ideal yalıtım sağlaması oldukça zordur (Shao, vd., 2020). Kürk yapısı, odacıklara sahip, çekirdeği saran, ışık saçan yarı saydam silindirden oluşmaktadır (Şekil 5.42.). Bu yapı hem ortamdaki ısıyı emer hem de ayının vücudundan yayılan ısının vücuttan hemen uzaklaşmasını engellemektedir (AskNature, 2022).



Şekil 5.42. Kutup ayısı kıllarının ısı yalıtım mekanizması ve biyo-ilhamlı tekstil (Shao, vd., 2020).

Şekilde belirtilen kutup ayısının tüylerinin sahip olduğu özelliklerin anlaşılması için kürk yapısı mikroskop ile incelenmiştir. Mikroskop görüntülerinde de içi boş yapısı gözükmektedir. Şemanın açıklaması olarak;

(a) Üzerinde damlacık bulunan kutup ayısı tüylerinin görünümü.
(b, c) Kutup ayısı tüyünün içi boş yapısının SEM görüntüleri.
(d) Kutup ayısı tüylerinin sırasıyla havada ve su altında ısı yalıtım mekanizmasının işleyişi.
(e) Süperhidrofobik gözenekli bir tekstilin suya batırılması.
(f) Biyomimetik ilham ile bobin üzerine sarılmış gözenekli iplik ve (g) radyal ve (h) eksenel kesitini gösteren SEM görüntüleri (Shao, vd., 2020) olarak belirtilmektedir.

Biyomimetik lifler ile dokunmuş tekstil materyalleri, kutup ayısında olduğu gibi hem iyi ısı yalıtım özelliğine sahiptir hem de nefes alabilirliğe sahiptir. Bu

özelliklere sahip tekstil, giyime uyarlanmasıyla avantaj sağlamaktadır ve bir nevi ısıtıcı olarak işlev sağlaması amaçlanmıştır (Cui, vd., 2018).

Doğanın deneyimler kazandığı milyonlarca yıllık evrim sonrasında, kutup ayısından ilham alınarak yüksek performanslı sentetik ısı yalıtımı sağlayabilen, içi boş ve membranlı mikro yapıya sahip termal koruma işlevi kazandırılmıştır. Kutup ayısı kürkünün tekstil yüzeylerinde esin kaynağı olabilme özellikleri arasında; yarısaydam tekstil ürünleri, ultraviyole radyasyonu geçirmeyen tekstil ürünleri, sıvı itici tekstil ürünleri olmaları söylenebilir.

Ayının kürkünün fonksiyonel yapısı; güneşten gelen radyasyonu, soğuk rüzgâr veya soğuk buz olmayan su dahil çevreden gelen enerjiyi hapsetmeyi sağlamaktadır. Mikro ortamındaki yüksek sıcaklık farkı nedeniyle uzun süre dayanamaz ama kutup ayısı; sert ortam sıcaklığı ile karşılaştırıldığında buz olmayan su içerisinde yüzecek kadar zeki canlılardır. Kutup ayıları için yaklaşık 0 ° C sıcaklık en sıcak olandır (He, vd., 2011). Kutup ayısından ilham alınarak üretilen tekstil materyallerinden biri de Thermolite® ürünleridir. Kutup ayılarının sıcak tutma özelliğinden ilham alınarak, soğuk işlemlerde çalışanların tercih edeceği “soğuk işlem eldivenleri” üretilmiştir (Şekil 5.43.).

Thermolite® teknolojisini taban katmanlarından dış giyime, iç giyimden uyku tulumlarına kadar tekstil ve giyim ürünlerinde kullanılabilmektedir. Bu ürünlerin tekstil veya giyim ürünlerine uygulanmasındaki en büyük performans avantajları kalıcıdır ve zamanla bu özellik işlevini yitirmemektedir (Thermolite® Brand, 2022).



Şekil 5.43. Thermolite® soğuk işlem eldivenleri (GRB, 2022).

Kutup ayısının içi boş kürk yapısına sahip olmasından dolayı kutup ayısının ısısını içeride tutmaktadır. Bu yapının tekstilde taklit edilmesiyle; soğuk bölgelerde yaşayan veya soğuğa maruz kalınacak bir işte-bölgede çalışan-yaşayan insanların tercih edebileceği, vücut ısısını içeride tutabilen inovatif tekstil ve giyim ürünleri tasarlanmıştır (Şekil 5.44. ve Şekil 5.45.).

Kutup ayıları buzlu kutup sularında vücutlarını sıcak tutmaya yarayan içi boş, ıslanmayan posta sahiptir. Kürkün içi boş fiber yapısındaki hava, hayvanın termal iletkenliğini azaltmaktadır ve serbest hava akışını sınırlamasını sağlamaktadır (Zhan, vd., 2019).



Şekil 5.44. Thermolite ® EcoMade mont (Thermolite® Brand)



Şekil 5.45. Kutup ayısından ilham alınarak üretilen Thermolite mont (Anonim, 2022).

Bu canlının soğuk iklimde yaşaması ve doğaya karşı uyumu dikkate alındığında kutup ayısının tüy yapısı, ısı yalıtımını sağlayan bir işleve sahiptir. Bu ısı tutma yöntemi, soğuktan korunmayı gerektiren; uyku tulumları, dış giyim gibi sıcaklığı içeride koruyan ve dışardaki soğuk havayı geçirmeyen giysi materyalleri üretilmesini sağlamıştır.



Şekil 5.46. Patagonia R2 Regulator Fleece Ceket (Polatec, 2022).

Kutup ayısından alınan ilhamın başka tekstil materyaline uygulanma örneği ise ‘Polartec’tir. 2000'li yıllarda büyük bir Polartec projesiydi ve ikonik Patagonia R2 Ceketi ile sonuçlanmıştır (Şekil 5.46.). Polartec, 2005 Patagonia üretiminde hayvan postunun yapısını analiz ederek biyomimetik araştırmalarına başlamıştır. Markanın üretim aşamasındaki başlangıç noktası, “Kutup ayıları neden bu kadar sıcaktır?” sorusuna cevap aramaktır. Polartec, kutup ayısının kürk yapısını inceler ve ardından hayvan kürkünü taklit eden kumaş yapmak için biyomimetik ile ilgili araştırmalar ve deneyler yapmaktadır. (Polatec, 2022). Polartec High Loft'un yüksek ve alçak tüylü olması, hayvanın kürkünün koruyucu tüylerini ve alt tüylerini taklit ederek termal niteliklerini ifade etmektedir.

Üretimde, kumaş kesmeden veya dikiş yapmadan termal nitelikleri optimize etmek için değişen yoğunlukta, çatı katında ve nefes alabilirlikte kumaşları harmanlayan BioMap adı verilen yenilikçi bir örgü teknolojisi oluşturmak için birlikte çalışır. " (Polatec, 2022).

Kutup ayısından alınan özellikler halen daha farklı araştırmacılar tarafından incelenmektedir. Kutup ayılarının tüylerindeki yapının taklit edilmesiyle oluşturulan bu biyomimetik yaklaşımda, materyale özgü bir görsellik ortaya çıkmadığı gibi giysinin formunu da etkileyen bir durum söz konusu değildir. Ancak soğuk koşullarda çok katmanlı giyinme gereksinimini azalttığından, giyim tarzında belirli ölçüde etkili olduğu gözlemlenmektedir.

5.2.2.5. Geko Kertenkelesi

Kertenkele türleri, sürüngenler ailesinden dört ayaklı bir canlı türüdür (Şekil 5.47.). Türleri arasında birbirinden farklı renklere ve boylara sahiptirler. Düz duvarlarda saatlerce asılı kalabilen ve kolayca hareket edebilmektedir. Ayaklarında, tutunmasını sağlayan kuvvetli kılcal yapılar bulunmaktadır (Şekil 5.48.).

Geko kertenkelelerinin duvarda uzun süre durabilmesi birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir. Araştırmacılar, hayvanın ayağındaki yapışmayı sağlayan yapının nasıl işlev gördüğünü çözmelerinin uzun sürdüğü sonucuna varılmıştır. Araştırmalar nano boyutta gerçekleşmiştir. Teknolojinin ilerlemesiyle araştırmalar daha da şekillenmiştir.



Şekil 5.47. Geko kertenkelesi genel görünüm (Wikipedi, 2022).



Şekil 5.48. Kertenkelenin ayak yapısının yakından görünümü (Stephenson, 2022).

Sonraki görselde görülen mikroskobik yapıda, geko kertenkelesinin ayak parmaklarındaki tutunmayı sağlayan kılcal yapı gözükmektedir. Bu yapılara 'seta' adı verilir (Şekil 5.49.). Setalar, kertenkelenin herhangi bir yapıştırıcı

madde olmadan uzun süre dik yüzeylerde bile kaymadan durmalarını sağlamaktadır.



Şekil 5.49. Geko ayak kıllarının SEM görüntüsü (Gschmeissner, 2022).

Kertenkelenin ayak yapısının, yüzey ile arasında yapışma özelliğini gösterdiği etki "Van der Waals" adı verilen, canlının yüzeye teması ile sağlanmaktadır (Singh, vd., 2009). Kertenkelenin ayağındaki her seta (kılcal yapı) yüzlerce 200 nanometreye sahiptir. Farklı yüzeylere karşı yakın temas sağlayan ve yapışma etkisi gösterdiği yüzeye karşı milyarlarca Van der Waals etkileşimlerini en üst düzeye çıkararak güçlü yapıştırma veya istediği zaman ayırma kuvvetini oluşturmaktadır (Hansen ve Autumn, 2005). Aşağıdaki görselde gözüktüğü üzere, geko kertenkelesinin parmak yapıları ayakkabının estetik görünümüne etkisi olduğu söylenebilir. Ayak parmaklarının ayrık olması kullanıcıya kolaylık sağlamaktadır. Örneğin dağa tırmanan insanlar bu tasarımı tercih ettiği zaman tırmanma esnasında bastıkları yüzeyi daha iyi kavrama yetisine sahip olurlar.

Tekstil endüstrisinde kullanılan biyomimetik örneklerden olan geko kertenkelesinin belirtilen ayak yapısı, birçok inovatif tasarıma kaynak olduğu görülmüştür. Örnek vermek gerekirse; dağcıların tırmanma ayakkabılarında bu uygulamanın kullanılmasıyla kertenkelede olduğu gibi yüzeye daha fazla bağlı kalınmaktadır. Üretilen bu inovatif ayakkabı tasarımında ilham alınan sadece

ayakkabının taban yüzeyine uygulanması değil aynı zamanda geko kertenkelesinin ayrık parmak yapısı da taklit edilmiştir. Ayrık parmak yapısını taklit edilmesi yüzeyi daha iyi kavrayabilmesini böylelikle de dağcılar için tırmanıcılar için daha iyi kavrama sağlayabilmektedir.

Nike markasının geko kertenkelesinin nano ölçekteki yapısından etkilenerek dağcılar için tırmanma ayakkabısı tasarlamıştır (Şekil 5.50.). Gök, biyomimetik etkisiyle oluşturulan tasarımların tekstildeki bir başka örneği olarak "geko etkisini" vermektedir. Geko adı verilen kertenkele türünden yola çıkılan bu fikir, özellikle ev tekstilinde tercih edilmektedir. Geko kertenkeleleri, ayaklarıyla sürtünme kuvvetinden 600 kat daha fazla yapışma kuvveti üretmektedirler. Geko'nun en bilindik özellikleri olan; tutunduğu yerden ayrılmaması, düz duvara tırmanabilme yeteneği, asılı kalabilme gibi özellikler parmaklarından gelmektedir (Gök, 2018).



Şekil 5.50. Geko'dan esinlenerek üretilen dağcı ayakkabısı (Vibram, 2022).

Araştırmacılar tarafından incelenen Geko kertenkelelerinin ayak yapısı birçok inovatif giyim eşyası üretilmesine ilham olmuştur. Tırmanma ayakkabıları ve gekoda olduğu gibi yüzeye tutunabilen eldivenler üretilmiştir.

Görselde de anlaşıldığı gibi, ayakkabıda daha çok yüzeye sahip olabilmesi için parmakları ayırılmıştır. Böylece yüzeye daha iyi tutunma, kavrama

sağlanabilmektedir. Burada söz konusu üründe hem ayakkabının altında materyale özgü bir doku oluşmuş hem de ayakkabıya ayrık parmak bölmeleri yapılarak, giysinin ana formu bu işlevle oluşturulmuştur. Bunun sonucunda, geko kertenkelesinin yapısının taklit edilmesiyle yüzeye yapışma sağlayan, işlevsel ayakkabılar tasarlanmıştır.

Seta yapıları sayesinde kertenkele, kolaylıkla düz duvarlara tırmanma sağlayabilmektedir. Canlının ayağındaki bu yapı mikroskopla incelenmesinin ardından keşfedilmesiyle tekstil alanında birçok inovatif ürünün oluşmasına öncülük etmiştir. Bunlardan bazıları görsellerde gözüktüğü üzere dağcıların tırmanma sırasında yeri daha iyi kavrayabilmelerini sağlayacak, ayrık parmak yapısına sahip inovatif, işlevsel bir ayakkabı tasarlanmıştır. Bir başka tekstil alanında kullanılan inovatif yaklaşım ise, yine belirtilen bu yapışma özelliğinin kullanılmasıyla düz duvara yapışabilen eldivenler üretilmiştir. Eldivenler birçok endüstriyel alanda kullanılabilmektedir.



Şekil 5.51. Geko'dan esinlenerek üretilen pencere perdesi (Baumann, 2022).

Gekoların tırmandıkları yerden ayrılamama durumu, yapışkan vb. herhangi bir madde ile değil, tamamen düşük statik elektrik kullanımı ile gerçekleşmektedir. Böylelikle kaymadan, hareketsiz durmayı başarabilmektedirler. Yuran ve

Taşgetiren'e göre; tekstil tasarımcıları gekonun bu özelliğinden yola çıkarak; serildiği yere statik elektrik ile bağlanan, tutunan tekstiller tasarlamaktadırlar. Evdeki mobilyaların üzerine serilen bu kumaş; gekodan alınan ilham ile sıyrılmaz, toplanma yapmaz ve kendi kaplaması gibi gözükmektedir (Yuran ve Taşgetiren, 2010). Bu tekstillere örnek olarak, iham alınan ev tekstili ise;

Geko, özel hayatın gizliliği veya güneşten korunma gibi nedenlerden iç mekanların şekillendirilmesi için alternatif bir ürün oluşmasına öncülük etmiştir. Perde veya stor perde kullanımının engellediği durumlar için büyük avantaj sağlamaktadır.

2007'den bu yana Création Baumann, Gecko ile alışılmamış, yenilikçi bir ürün sunmaktadır (Şekil 5.51.). Bir silikon kaplama, tekstilin doğrudan cam yüzeylere yapıştırılmasını sağlamaktadır ve buradan isteğe bağlı olarak geride kalıntı bırakmadan çıkarılabilmektedir. Bu duruma ek olarak, yapışmanın yapışma gücünden kaynaklanması nedeniyle yapışkanlık özelliklerini kaybetmeden birkaç kez kullanılabilmektedir. Ayrıca ürün UV ışınlarına dayanıklıdır ve temizlenmesi kolaydır (Baumann, 2022).

Gecko ürünleri sadece düz olarak değil, görselde göründüğü gibi farklı tasarımları da mevcuttur. Mevcut ürün grubu üç tasarımla daha geliştirilmiştir. Gecko Lazer Merkezi, daireler üzerine kuruludur, Gecko Lazer Linea, kırık çizgileriyle bir desen çizelgesini andırır ve Gecko Laser Quadro, bir elmas deseni ile karakterize edilmektedir (Baumann, 2022).

Bu işlevsel özellikler sonucunda, üretilen Vibram ayakkabılarında da var olan yüzeyin altındaki materyale özgü doku, ev tekstilinde kullanılan yüzeye yapışmayı sağlayan materyalin altında da yer almaktadır. Ancak form özelliğinin yansıttığı bir görsellik bulunmamaktadır.

5.2.2.6. Tavus Kuşu

Tavus kuşu, sülüngiller ailesine ait türde yer almaktadır. Tavus kuşunun tüy yapısında çıplak gözle de belli olarak görülebilen birçok diken mevcuttur (Şekil 5.52.). Tüyün tek barbul yapısında da çok fazla tüycük mevcuttur. Tavus kuşunun tüy yapısında birden çok renk birleşimi vardır. Işığın aynı olmayan dalga boyları görülmektedir. Tekstil alanında herhangi bir boya veya zararlı kimyasal kullanımı olmadan renkli tasarımlar elde edilebilmektedir. Pulların; kaplamalarda, tekstil ürünlerinde değişik yönden incelendiğinde renk farklılaştırma özelliği taşımaktadır. Işın fazla olmadığı sergi, sinema salonları gibi yerlerde dahil görülebilmektedir.

Kuş türlerinin çoğunda iki tip kuyruk türü vardır. Bunlar; uçuş tüyleri ve kuyruk tüyleridir. Uçan tüyler uçuş anında stabilite sağlarken, kuyruk örtüleri ise kuşun kuyruk bölgesini kaplamakta ve korumaktadır. Yetişkin tavus kuşunun yaklaşık 200 kuyruk tüyü vardır ve bu tüyler bir sonraki yıl dökülür ve yeniden yetiştirilir. Yabani tavus kuşları tipik olarak Hindistan ve Sri Lanka'nın ovalarında ve eteklerinde çalılık alanlarda bulunmaktadır (Burgess, vd., 2006).



Şekil 5.52. Tavus kuşu tüyü genel görüntüsü.

Tavus kuşu tüyü, doğal olarak oluşan iki boyutlu fotonik kristal yapının bir örneğidir. Renklerin oluşumu olarak; renkler pigmentasyondan gelmemektedir ve tavus kuşu tüyünün sadece pigmentasyon yolu ile sahip olduğu tek renk kahverengidir. Morfo kelebeğinin kanatlarında olduğu gibi, fotonik kristal yüzeyinden ışığın kırılmasıyla farklı renklerin algılanmasından gelmektedir (Grdanovska, 2015).

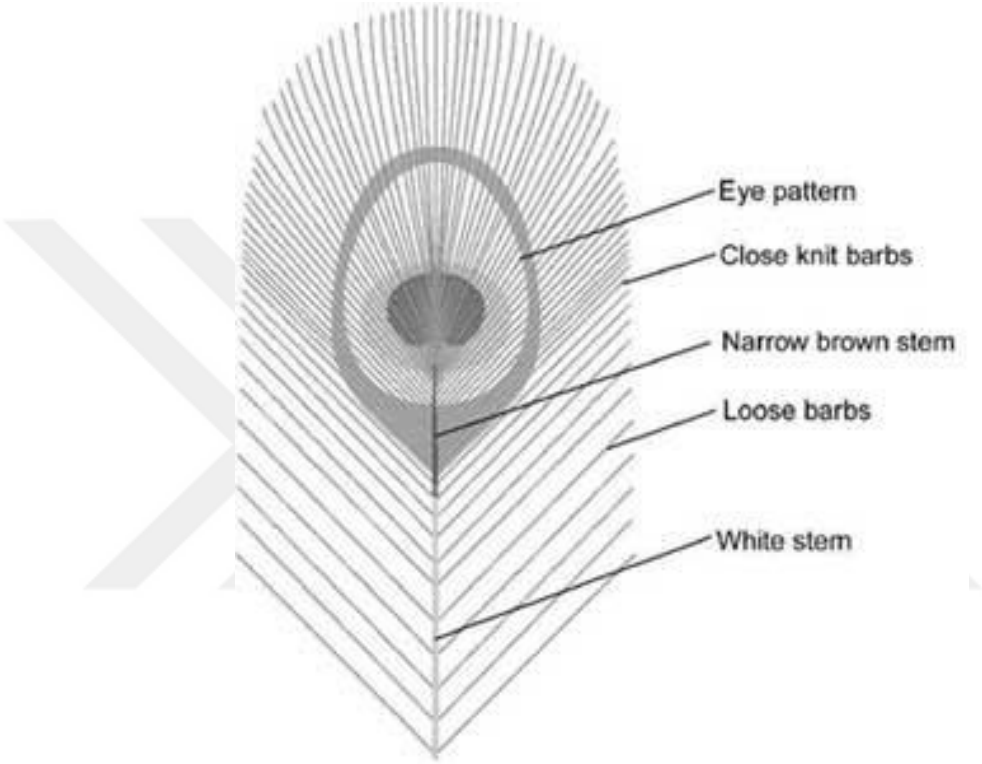
Mikroskop altındaki gözlemler, tek bir barbul segmentinin her zaman bir renge sahip olduğunu, ancak barbul bir renk bölgesinden diğerine bir sınırdan geçerse tek bir barbulun iki farklı renkte segmentler içerebileceğini göstermektedir (Şekil 5.53.). Tavus kuşunda kuyruk tüylerindeki optik özellikler aşağıdaki gibi belirtilmiştir (Burgess, vd., 2006);

- Tavus kuşu kuyruk tüyleri, çekici ve parlak renkler üretme optik işlevine sahiptir,
- Tavus kuşu kuyruğundaki renkler, pigment renkleri değil, ince film girişimi ile üretilen yapısal renklerdir,
- Barbüller, gözün 'gözbebeği'nde koyu mor, 'irisinde' mavi, iris çevresinde bronz ve saçaklarda ise yeşildir.



Şekil 5.53. Tavus kuşu kanadını oluşturan tüy yapısının mikroskop görüntüsü (Microscope, 2022).

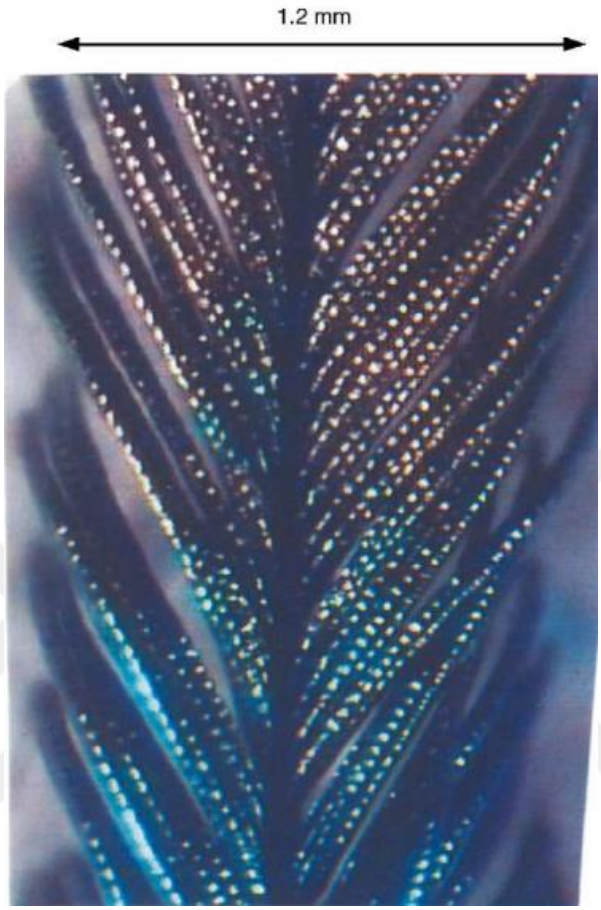
Biyolojide yer alan yanardöner yapısal renkler, aydınlatma ve görüş açılarına bağlı olarak, algılanan nesnelerin temel niteliği olarak değişen karmaşık yansıtma özellikleri sergiler. Bu tür yanardöner yapısal olarak renkli yüzeylerde sınıflandırılması, düzensizliğin işlevsel rolünü aydınlatmak ve farklı uzunluk ölçeklerinde renk deseni oluşumunun anlaşılmasını geliştirmek için önemlidir (Medina, vd., 2015).



Şekil 5.54. Tavus kuşu tek tüy yapısının sınıflandırılması (Burgess, 2001).

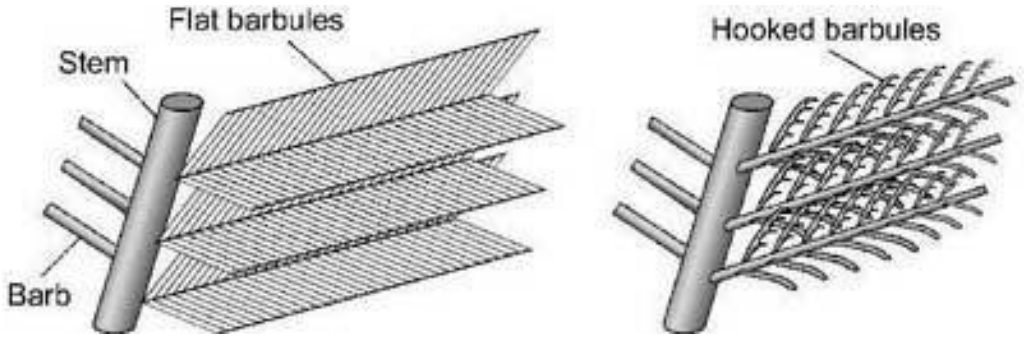
Tüyün üzerinde yer alan göz kalıbının (eye pattern) en önemli özelliği, binlerce bireysel barbul segmentinin birleşik etkisi ile oluşan 'dijital' bir kalıp olmasıdır (Şekil 5.54.). Göz yapısı, dar kahverengi gövdeye (narrow brown stem) bağlıdır. Çok sayıda bireysel barbul segmentinin yani birbirine yakın örgü dikenlerin (close knit barbs) renk değişikliğinin olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.55.). Her segment yuvarlak kavisli bir girintiden (hooked barbules) oluşmaktadır (Şekil 5.56). Bunlar çok küçüktür. (30–60 mm), her bir bireysel segment belirli bir renk olsa bile yüksek çözünürlüklü bir desen üretilebilir. Barbüllerin seyrekleşmesi (loose barbs) ile devam eden beyaz gövdeye (white stem)

bağlıdır. Estetik olarak işlevden bahsedersek, tüyler desen üretmek için estetik bir işleve sahiptir (Burgess, vd., 2006).



Şekil 5.55. Leitz stereo optik mikroskop kullanılarak barbulların yakından görünümü (Burgess, vd., 2006).

Tüy, her iki tarafında bir dizi diken (flat barbules) bulunan merkezi gövdeye (Stem) sahiptir ve bu dikenler çok sayıda barbulla kaplıdır. En uzun tüyler 300'e kadar diken (barb) ve 1 milyon tüy içermektedir. Tavus kuşu kuyruk tüyü, dikenlerin üzerinde pürüzsüz bir yüzey oluşturmak üzere üst üste binen uzun şeritler gibi bir barbul yapıya sahiptir. Her bir çubuk, uzunluğu boyunca yaklaşık 20 yuvarlak girinti içerir. Bu bireysel girintiler, rengin üretildiği yerdir. Büyük bir tavus kuşu tüyü 1 milyona kadar barbul içerdiğinden, büyük bir tavus kuşu tüyünde yaklaşık 20 milyon renk girintisi vardır (Burgess, vd., 2006).



Şekil 5.56. Tavus kuşu tüy yapısının detaylı görünümü (Burgess, 2001).

Tavus kuşu tüylerinin açık pozisyonu ile kendi ağırlıklarını desteklemek gibi yapısal işleve sahip canlılardır. Kuyruk tüylerinin yapısal özelliklerinin öneminde üç maddeden bahsedilmiştir, bunlar;

- İlk olarak, tavus kuşunun uçabilmesi için tüyleri yeterince hafif olmalıdır.
- İkinci olarak, minimum enerji maliyeti ile estetik bir görüntü oluşturmak için tüyler minimum malzeme kullanmalıdır.
- Üçüncüsü, tüylerin aşırı bükülmeden, kendi kendini destekleyebilmesi için tüylerin yeterli güç ve sertliğe sahip olması gerekir. Kuyruk tüylerinde yüksek yapısal verimliliğe yol açan çeşitli yapısal özellikler vardır (Burgess, vd., 2006).

Tüydeki renk üreten yapılar melanindir ve fotonik kristale benzeyen yapıya sahiptir. Tavus kuşunun tüy yapısındaki melanin silindirleri arasındaki mesafe, o alandaki ana rengin oluşumunu sağlamaktadır (Gebeshuber, 2009).

Yapısal renkler, metaliğe yakın yoğun parlaklığa sahiptir. Pigment renkler ışığı farklı açılarla dağıtırken, yapısal renkler genellikle yönlü etkiler göstermektedir. Tüy ışığa tutulduğu zaman canlı-parlak renkler değil mata yakın kahverengi ve siyah renk görünmektedir. Tavus kuşunun tüyünün sahip olduğu yapısal renk, tüy su veya yağ ile tamamen ıslandığında kaybolmaktadır. Pigment renklerin aksine yapısal renkler asitlere, ışığa karşı yüksek dayanıklılık sağlamaktadır. Böylece zamanla gün ışığına karşı solma meydana gelmemektedir (Dushkina ve Lakhtakia, 2013).

Tavus kuşundan alınan ilham, tekstilde birçok giyim uygulamasında kullanılmıştır. Bu gibi yapısal renklendirmeye sahip tekstil materyallerinin kullanılması çevreye salınan kirli yıkama sularının azalmasını sağlamaktadır. Böylelikle doğaya zarar verilmemesi amaçlanmaktadır. Su tüketiminden de tasarruf sağlanmaktadır çünkü kullanılması gereken herhangi bir kimyasal boya veya kimyasalların sabitlenmesi için, fazlasının giderilmesi için yapılacak olan yıkama işlemine, yapısal renge sahip tekstil materyal olduğu için gerek olmamaktadır. Yaşadığımız bu zamanda, su kullanımının, israfın ekstra önemli olduğu es geçilemez ve bu biyomimetik örnek sonucunda su israfı minimuma indirilmesi sağlanmıştır.



Şekil 5.57. Tavus kuşundan ilham alınarak üretilen çanta ve ayakkabı (CBC, 2022).

Tavus kuşu tüy yapısının renklendirme özelliği tekstilde sadece giyim alanında değil ev tekstilinde de kullanılmaktadır. Ayakkabı, çanta, cüzdan vb. gibi giyim ve aksesuar ürünlerinde kullanılırken (Şekil 5.57.), ev tekstilinde kullanım alanlarında ise yastıkta kullanıldığı görülmüştür (Şekil 5.58.). Tekstillerde kullanılmasında herhangi bir sakınca yoktur. Tavus kuşunun tüy yapısına benzetilerek üretilen materyalde harekete bağlı olarak farklı renk yansımaları kelebekten alınan ilhamda olduğu gibi giyim eşyası veya aksesuarların materyal görselliğini etkilemektedir.



Şekil 5.58. Tavus kuşundan ilham alınarak üretilen pigment kullanılmayan yastıklar (Gopalakrishnan, 2007).

5.2.2.7. Stenocara Böceği

Stenocara, çölde yaşayan bir tür böcektir. Tekstilde olduğu gibi farklı birçok alanda da bu canlının yapısından örnek alınmıştır (Şekil 5.59.). Namibya çölünde bulunan, yüzeyi girintilerle dolu bir böcek türüdür. Bu çöl, gezegenin yağış miktarının en az olduğu bölgedir ve yağış miktarı minimum olduğunda, ısı yüksekliği nedeniyle sıvı anında buharlaşmaktadır.



Şekil 5.59. Namibya (Stenocara) böceği görünümü ve su toplama sistemini taklit eden endüstriyel tasarım (Demir, 2021).

“Namibya” yani diğer bir adı ile “Stenocara” böceği, su hasadı fikri düşüncesiyle ilgi çekmektedir. Güneş doğarken böcek, bir kumulun veya sırtın tepesindeyken ön bacaklarını indirir ve vücudunu 45 ° döndürür, böylece Atlantik Okyanusu'ndan gelen sis kabuğuna çarpar ve ardından su damlacıklarına yoğunlaşır. Bu damlacıkların oluşumu, hidrofobik mumlu oluklarla çevrili kanat örtüleri üzerindeki küçük, hidrofilik tümseklerle güçlendirilir (Croal, 2014).

Su yakalama biçimi, damlacıklar yeterince büyük olduğunda, böceğin sırt kısmından aşağı doğru akarak ağız kısımlarına ulaşmakta ve su ihtiyaçlarını karşılamaktadırlar (Croal, 2014). Doğa, sislerden su toplamak için böceğin yapısındaki gibi heterojen ıslanabilirlik, oluklar kullanmaktadır (Gurera ve Bhushan, 2019). Bütün bu bilgiler ışığında önemli nokta olan sis hasadı verimliliğidir. Çünkü buna bağlı olarak verimlilik elde edilmektedir. Sis hızı, sıcaklık ve nem gibi dış faktörler de sis hasadı verimliliğini etkiler. Yakalanan suyun güvenliği dikkatli bir şekilde dikkate alınmalıdır. Uzun süreli sis toplama işlemi sırasında ıslak numune yüzeyinde bakterilerin üremesi kolaydır (Yu, vd., 2022).

Böceğin sırt yapısının girintili çıkıntılı olması, yüzeyde su toplanması için tasarım önerisi olarak uyarlanmaktadır (Şekil 5.60.). Sırt yapısı hidrofilik (suyu seven) yapıya sahiptir ancak yine sırtında yer alan girintili yapıdaki tümsek olukları hidrofobik olduğundan değişken özellikleri bir arada barındırmaktadır. Döngü akışı olarak, toplanan su damlacıkları hidrofilik tepe noktalarına yapışmaktadır sonrasında belirli su toparlanıp aşağıya yuvarlanması ile girintili yapıya hidrofobik oluklara birikmektedir (Badarnah ve Kadri, 2015). Tekstil alanında bu canlıdan ilham alınmasında kullanılması gereken malzemeler olarak hidrofobik oluklar için nilüfer yaprağından ilham alınarak üretilen kaplama tekstil materyalleri kullanılarak sıvının yüzeyden akışı sağlanabilir.

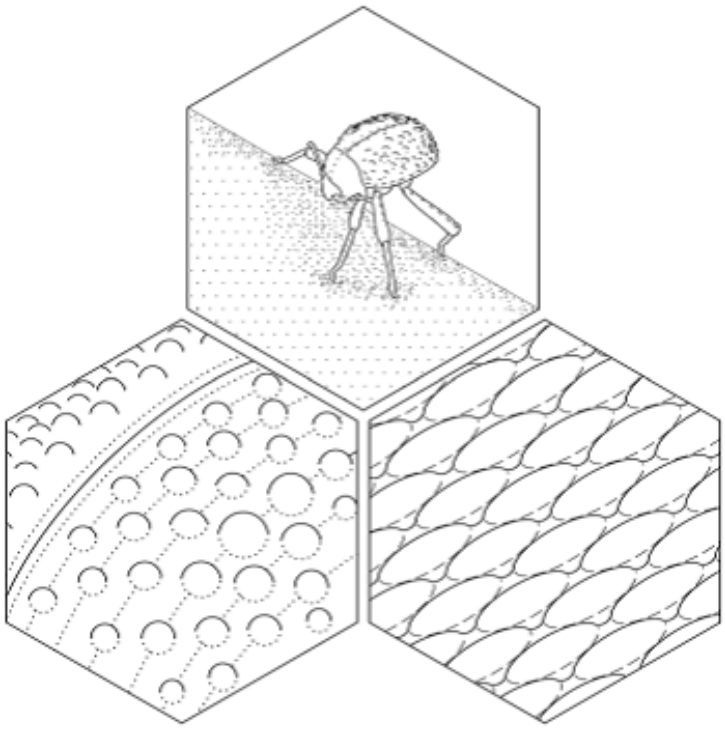
Biyomimetikten ilham alan tekstillerin olası uygulamaları arasında, aktif pompalama mekanizmaları gerektirmeyen ve daha ekonomik, özel su tahliyesi sağlayan yeraltı sulama sistemleri, tıbbi kullanım için büyük hacimlerde sıvı

taşıyan tekstiller, giyim endüstrisi ve yakıt hücreleri (suyu uzaklaştıran veya taşıyan) yer almaktadır (Stegmaier, vd., 2008).

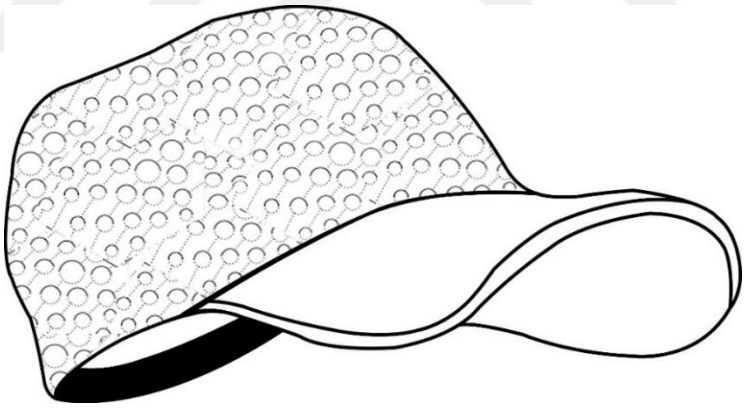


Şekil 5.60. İlham alınarak tasarlanan portatif su depolama ünitesi (Karabulut, 2011)

Olcay Tuncay Karabulut'un Stenocara böceğinin sırt yapısından esinlenerek tasarladığı portatif taşınabilen su depolama ünitesi tasarlamıştır. Araştırmaların halen daha devam ettiği bu ilham sonucunda çeşitli denemeler ve araştırmalar sürmekte olduğu görülmüştür. Ancak stenocara böceğinden ilham alınarak giysi olarak tasarlanan herhangi bir ürüne rastlanılmamıştır.

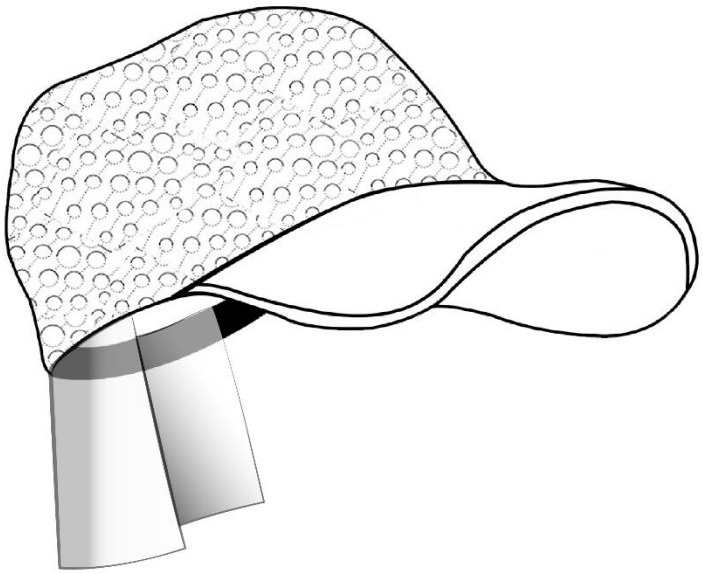


Şekil 5.61. Stenocara böceğinin sahip olduğu özelliği yansıtan sırt yüzeyi (Soffia, 2016).



Şekil 5.62. Stenocara böceğinin sırt yapısı taklit edilerek şapkaya uyarlanması.

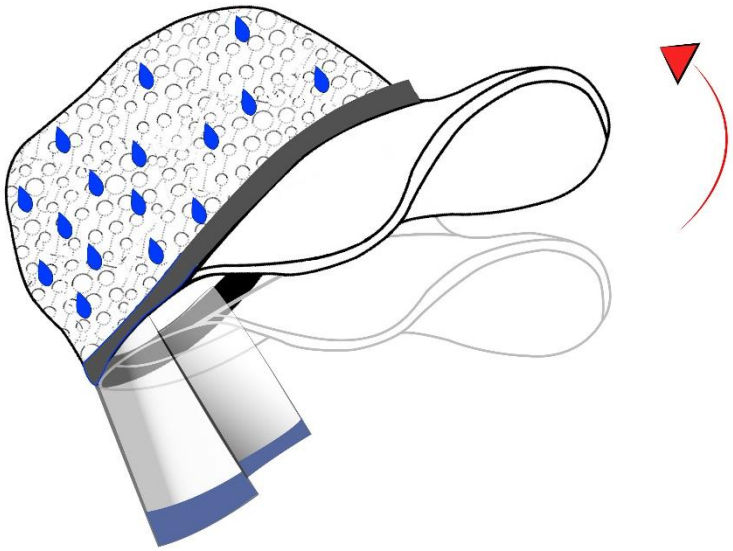
Araştırmacılar; stenocara böceğinin sırtındaki girintili çıkıntılı yapısından su ihtiyacını karşıladığını belirtmişlerdir. Buradan yola çıkarak, sırt yapısını taklit edilmesiyle aynı etki elde edilebilir. Yukarıda yapılan eskiz çalışmasında, böceğin sırtındaki hidrofilik ve hidrofobik kısımların, tekstil materyalleri ile sağlanması planlanmıştır (Şekil 5.61.).



Şekil 5.63. Şapkada suyun birikmesi için eklenen bölüm.

Şapkanın arkasına eklenen plastik bölüme biriken suların dolması planlanıştır (Şekil 5.62.). Stenocara böceğinin sırtındaki yapıda bulunan hidrofilik alan için suyu seven pamuk ürünlerinin kullanılması, hidrofobik olan kısımlarda ise süperhidrofobik özelliğe sahip olan nilüfer (lotus) etkisinden esinlenilerek üretilen tekstil materyallerinin kullanılması amaçlanmıştır.

Şapkanın bitim yeri olarak ifade edilen koyu gri ile belirtilen kısım, su damlacıklarının yuvarlanmasıyla toplandığı su yoludur ve hidrofobik tekstil materyali kullanılması planlanmıştır. Kırmızı okla belirtildiği gibi şapka yukarı yönde eğimle tutulmasıyla koyu gri ile belirtilen kısımda biriken su damlacıkları plastik haznenin olduğu bölgedeki su kanallarına ulaşarak birikme sağlanır (Şekil 5.63).



Şekil 5.64. Stenocara'dan alınan ilham ile oluşturulan inovatif tasarım.

Eğer elde edilen özellikler tekstil materyaline uygulanırsa ve bir giyim ürünü tasarlandığında birçok ihtiyacı karşılayacağı düşünülmektedir. Örneğin, dağ tırmanıcıları üzerlerinde fazla yük taşıyamamaktadır ve böyle inovatif bir ürün tasarımı gerçekleştiğinde yanlarına almalarına gerek duymadan giysinin işlevi su ihtiyacı sorununu ortadan kaldıracaktır. Bir başka örnek ise, ilham alınan stenocara böceğinin yaşam sürdüğü çöl gibi su kaynağının çok az olduğu ülkelerde tercih edilmesiyle -yeterli üretim ve kullanım olursa- herkes kendi su ihtiyacını karşılayabilir. Tasarım önerisi olarak sunulan inovatif yaklaşımın üretilmesi sağlanırsa, işlevden kaynaklanan görsellikte hem materyalin hem formun yansıttığı görsellik oluşacağı ön görülmektedir.

6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Doğada kendi yapısına sahip olan canlı ve cansız varlıklar, çeşitli yaşam koşullarına karşı değişmiş ve kendilerini geliştirmişlerdir. Biyomimetik yaklaşım ile doğada bulunan varlıkların yapısal özellikleri ve davranışları incelenmiş ve bu bağlamda tekstil malzemelerine uygulanarak yenilikçi, işlevsel ürünler ortaya konması sağlanmıştır. Tekstil alanındaki bu uygulamalarda, doğal varlıkların yapısal özelliklerinden daha fazla örnek alındığı görülmektedir.

Bitkilerden alınan ilhamlarda; dulavrat otunun tutunma özelliğinin keşfedilmesiyle birbirinden farklı iki yapı (kancalı ve düz) birleştirilerek cırt bantın oluşmasına öncülük etmiştir. Bu ürün tasarımı sonucunda hem materyalin hem formun yansıttı görsellik üründe oluşmuştur. Nilüfer bitkisinin ve gül yapraklarının yüzey yapısından ilham alınarak üretilen tekstil veya giyim ürünlerinde malzemenin özel bir görsel etkisi olmamakla birlikte giyim şeklini etkileyen bir durum söz konusu değildir. Kozalaktan ilham alınarak giysilerde, kozalakların kendine özgü çiçek yapraklarını andıran yapısının, ısıya-neme karşı verdiği açık ve kapalı oma tepkilerini taklit edebilen işlevsellik, malzemenin özgün görselliği üzerinde de belirleyici olmuştur.

Hayvanlardan alınan ilhamlardan elde edilen sonuçlar ise; köpek balığının deri yapısından esinlenen mayoda malzemenin görselliği yoktur ancak yüzücünün su altında hızla hareket edebilmesini sağlamak için giysi yüzeyi vücutta mümkün olduğunca geniş bir alanı kaplayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu durumda malzemenin işlevinin giysi biçiminde belirleyici olduğu görülmüştür. Örümcek ağının taklit edilmesi tekstiller üzerinde gözle görülür bir etki yaratmıştır. Koruyucu yelek vb. Koruma ekipmanlarında kullanımı ile Savunma Sanayinde önemli bir yer edinmiştir. Burada ürünün malzemesini veya şeklini etkileyen görsel bir etki yoktur. Kelebek kanadından alınan yapısal rengin taklit edilmesinde, materyalin malzeme özelliklerine farklı yönlerden bakıldığında, ışık açısına bağlı olarak tasarıma görsel olarak katkıda bulunan çeşitli renk kırılmaları oluşur. Boya kullanılmadan bu etkinin yaratılması malzemeye görsel özellikler kazandırmıştır. Materyal üzerinde işlevden kaynaklanan ve formu

etkileyecek hiçbir görsellik yoktur. Kutup ayılarının kürkünün yapısının taklit edilmesiyle oluşturulan bu biyomimetik yaklaşımda malzemeye özgü görsel bir görünüm olmadığı gibi giysinin şeklini de etkileyen bir durum söz konusu değildir. Kertenkele kertenkelesinin ayak yapısı taklit edilerek yüzeye yapışma sağlayan fonksiyonel ayakkabılar tasarlanmıştır. Ayak parmakları ayrılır, böylece ayakkabıda daha fazla yüzeye sahip olabilir. Burada söz konusu üründe ayakkabının altında hem malzemeye özgü bir doku oluşmuş, hem de ayakkabının içinde ayrı parmak bölmeleri yapılarak bu işlevle giysinin ana biçimi oluşturulmuş, bu işlevle giysinin ana biçimi oluşturulmuştur. Ayakkabı haricinde, kertenkelenin ayak yapısındaki yapışma kuvveti ev tekstilinde de kullanıldığı görülmüştür. Bunun sonucunda; materyalin yansıttığı görsellik vardır ancak ayakkabıdan farklı olarak form özelliğinin yansıttığı bir görsellik yoktur. Böylelikle tek bir örneklemden alınan ilhamda iki farklı sonuç ortaya çıkmıştır. Tavus kuşunun tüy yapısını simüle ederek üretilen malzemedeki harekete bağlı olarak farklı renk kırılmaları, tıpkı morfo kelebekte olduğu gibi giysi veya aksesuarların malzeme görselliğini etkiler. Giysilerde kullanımında, boya kullanılmadan ışığın geliş açısına bağlı olarak çeşitli renklerin kırılmasıyla görsel bir etki yaratıldığı görülmektedir. Stenocara böceğinden ilham alınarak çalışmadaki önerilen tasarım gibi bir üretim olursa hem materyalin hem formun yansıttığı görsellik oluşacağı düşünülmektedir.

Çalışmada belirtilen örneklemlerin yapısal özellikleri materyal görselliği ve form görselliği olarak karşılaştırılarak tablo halinde verilmiştir (Şekil 5.65.). Elde edilen sonuçlara göre, belirtilen örneklemlerden materyal görselliğinin, form görselliğine göre daha fazla etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Bu duruma paralel olarak örneklemler arasında materyali veya formu etkilemeyen nesnelerin de mevcut olduğu görülmüştür.

BİTKİ		**İşlevden Kaynaklanan Materyal Özelliğinin Yansıttığı Görsellik**	**İşlevden Kaynaklanan Formun Yansıttığı Görsellik**
Dulavrat otu		✓	✓
Nilüfer		✗	✗
Kozalak		✓	✗
HAYVAN			
Köpek Balığı		✗	✓
Örümcek		✗	✗
Kelebek		✓	✗
Kutup Ayısı		✗	✗
Kertenkele	Ayakkabı	✓	✓
	Ev Tekstili	✓	✗
Tavus Kuşu		✓	✗
Stenocara Böceği		✓	✓

Şekil 5.65. Tekstil ve Giyim Tasarımında Kullanılan Biyomimetik Örneklemlerin Yansıttığı Görselliklerin Karşılaştırılması

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Endüstri Devrimi sonrasında birçok sektörde değişimler meydana gelmiştir. Yeni sanayi alanları, yeni ürünler ve teknikler kullanılmaya başlanmıştır. Bu durum tasarımcılar arasında yeni bir dönem başlatmıştır. Bu değişimler arasında tekstil ve giyim sektörü de yer almaktadır. Makineleşme sonucu ortaya çıkan bu farklı ve hızlı yaşam tarzları insanların daha rahat ve işlevsel yönü gelişmiş giysiler tercih etmesinde etkili olmuştur. Yeni teknolojilerin gelişmesiyle birlikte giyimde işlevsel/ fonksiyonel özelliklerin geliştirilmesine önem verilmiştir. Teknolojik ve işlevsel amaca yönelik ürünlerin geliştirilmesinde değişen toplumsal yapı ve şehir yaşamına ait koşulların belirleyici olduğu görülmektedir.

Doğa; işleyişiyle bize sayısız yarar sağlamaktadır ve milyarlarca yıllık evrim sonrasında, ihtiyaca uygun özellikler işlevsel ürünlerin tasarlanmasında etkili olmuştur. Doğadaki nesnelerden ilham alınarak gündelik hayatımızda kullanmakta olduğumuz ürünlerin iyileştirilmesi veya yeni işlevsel ürünlerin ortaya çıktığı sonucuna varılmıştır. Bilim ve teknolojinin gelişmesiyle, doğada var olan nesnelerin, görünümünden (form), hareketinden veya bir etkene karşı verdiği tepkiler üzerine araştırmalar devam etmektedir.

Yapılan araştırmalar sonucunda; kullanıcılara fonksiyonel memnuniyet sağlayacak tekstil ve giyim ürünlerinde materyalin yansıttığı görselliğin etkili olduğu belirlenmiştir. Doğanın sunduğu varlıklarda yer alan fonksiyonel özelliklerin ürünlere uygulanmasıyla malzemenin yüzey ve form özelliklerinde çeşitli etkilerin ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Ayrıca bu bağlamda elde edilen bulguların tasarımcılara fonksiyon-form tasarımı sürecinde görsellik ve işlevsellik arasındaki ilişkinin belirlenmesi konusunun dikkate alınması, ileride yapılacak diğer uygulamalara önemli ölçüde katkı sağlayacaktır. Tasarımcılarla birlikte yeni biyomimetik malzemeler üzerinde çalışan teknik uzmanların malzeme ve ürünlerin çeşitlendirilmesine yön vereceği düşünülmektedir. Yenilikçi ürün tasarımcılarının ürünlerini tasarlarken materyal işlevi ile materyalin yansıttığı görsellik arasındaki ilişkiye odaklanmaları önerilmektedir.

Tüm bu analizler ışığında, teknolojinin ve bilimin etkisiyle araştırmaların devam etmesiyle birçok yeni işlevsel özelliklerin keşfedilmesine ve böylece yeni inovatif kaynakların ortaya çıkması beklenmektedir. Günümüzde Tekstil Endüstrisinin çevreye zarar veren ikinci en büyük endüstri olduğu göz önünde bulundurularak, doğadan ilham alınan özellikler ile tekstil tasarımında-üretiminde Morfo kelebeğinde ve tavus kuşunda olduğu gibi çevreye atılan atık malzemelerin minimuma indirilmesi sağlanabilir.

Ayrıca, doğadaki diğer canlıların yaşam şekillerinin incelenip araştırmalara, yeni inovatif kaynakların oluşturulması gerekmektedir. Örneğin, kalamar veya bukalemun hayvanının kamuflaj yeteneği karşılaştırılarak yeni inovatif tekstil materyali uygulanabilir. Bu uygulama sonucunda sadece günlük hayatta değil, savunma sanayiine de katkıda bulunulabilir. Önerilen tasarım örneğinde olduğu gibi inovatif tasarımların artmasıyla da tüketimin azalması sağlanabilir. Çalışmada belirtilen materyalin yansıttığı görsellik veya formun yansıttığı görsellik ürün tasarım aşamasında belirlenmesi, bu çalışmadaki analizlerin, bu gibi yeni inovatif kaynakların tasarımlarına ve incelemelere ışık tutması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

Alpan, D., 1984. İşlev- Tasarım Etkileşimi ve Diğer Unsurlar, 26-30 Kasım, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ulusal Tekstil Sempozyumu, Yayın no:113, Bursa, s. 100

Alpay, H.R., 1989. Teknolojik Gelişmelerin Tekstil Tasarımına Etkileri, 3-4 Mayıs, Mimar Sinan Üniversitesi Yayınları, Tekstilde Tasarım Sempozyumu, Mimar Sinan Üniversitesi, İstanbul, s.26,

Anand, C.S., 2000. Technical fabric structures – 2. Knitted fabrics, Handbook of Technical Textiles Harrocks, A.R., Anand, S.C. (Ed.), The Textile Institute, CRC Press, Woodhead Publishing Limited, (95-129), England.

Anonim, 2016, UK. Erişim Tarihi: 15.04.2022. https://bridgeandstitch.com/sportswear/.

Anonim, 2017. Populer Science, Erişim Tarihi: 08.03.2022. https://popsci.com.tr/hizli-ve-mikropsuz/.

Anonim, 2018. On This Day: Michael Phelps creates Olympic history in Beijing, Erişim Tarihi: 10.06.2022. https://indianexpress.com/article/sports/sport-others/michael-phelps-2008-olympics-history-5311388/.

Anonim, 2020. Biomimicry in Textiles: Inspiration From Nature, Erişim Tarihi: 15.06.2022. https://textilevaluechain.in/news-insights/biomimicry-in-textiles-inspiration-from-nature/.

Anonim, What is Thermolşte Material?, Erişim Tarihi: 20.05.2022. https://bestwalkingshoereviews.com/what-is-thermolite-material/.

Anonim, 2022. Doğa ve Teknoloji: Biyomimikri, Erişim Tarihi: 08.03.2022. https://stellarlabstore.com/doga-ve-teknoloji-biyomimikri/.

Anonim, Dokusuz Yüzeyler ve Kullanılan Lifler, Erişim Tarihi: 20.07.2022. https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2013/01/dokusuz-yuzeyler-nonwovens.html.

Anonim, İpek Mucizesi, Word Press, Erişim Tarihi: 02.12.2022. https://orumcektekimucize779308793.wordpress.com/ipek-mucizesi/

AskNature, Erişim Tarihi: 01.06.2022. https://asknature.org/strategy/beak-provides-streamlining/.

AskNature Erişim Tarihi: 01.06.2022. https://asknature.org/strategy/fur-absorbs-infrared-radiation-to-prevent-heat-loss/.

Badarnah, L., Kadri, U., 2015. A methodology for the generation of biomimetic design concepts, Architectural Science Review, 58(2), 120-133.

Bağçeci, B.İ., 2010. Nano Partikül Yüzey Kaplama, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, 106, Ankara.

Barrett, R., World Wild Life, Erişim Tarihi: 05.06.2022. https://www.worldwildlife.org/species/polar-bear, WWF-UK.

Baron, M.R., Carter, K.E., Dua, B., 2005. Article of Apparel Incorporating a Modifiable Structure, United States Patent Application Publication, Number 20050208860 A1, Eylül, 21p.

Baumann, Erişim Tarihi: 12.11.2022. https://www.creationbaumann.com/en/GECKO-I-ADHESIVE-TEXTILES-3745.html.

Bayda, S., Adeel, M., Tuccinardi, T., Cordani, M., Rizzolio, F., 2020. The History of Nanoscience and Nanotechnology: From Chemical–Physical Applications to Nanomedicine, Molecules, Ocak, 25(1): 112. 1-15.

Belbéoch, C., Lejeune, J., Vroman, P., Salaün, F., 2021. Silkworm and spider silk electrospinning: a review, Environmental Chemistry Letters, Ocak (19), 1737-1763.

Benyus, J.M., 1997. Biomimicry: Innovation Inspired by Nature, HarperCollins e-books, 339, London.

Bhushan, B., Nosonovsky, M., 2010. The Rose Petal Effect and The Modes of Superhydrophobicity, Philosophical Transactions of The Royal Society, (368), 4713-4728.

Bhushan, B., 2013. Nature's Nanotechnology (Doğanın Nanoteknolojisi), Çev. Demir, Y., Mühendis ve Makina Dergisi, 54(643), s.19.

Biomimicry Institute, 2021. AskNature, Erişim Tarihi: 21.03.2022. https://asknature.org/strategy/wing-scales-cause-light-to-diffract-and-interfere/.

Biomimicry Institute, Erişim Tarihi: 01.11.2022. https://biomimicry.org/spider-inspired-silk-company-spintex-awarded-100000-ray-of-hope-prize/.

Bogner, A., Jouneau, P.H., Thollet, G., Basset, D., Gauthier, C., 2007. A history of scanning electron microscopy developments: Towards ''wet-STEM'' imaging, Micron 38(4), s. 390-401.

BoltThreads, 2022. Erişim Tarihi: 06.06.2022. https://boltthreads.com/technology/microsilk/.

British Museum, Creative Commons, Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) Erişim Tarihi; 06. 06. 2022. https://www.britishmuseum.org/collection/object/Y_EA72551,

Bristish Museum, Creative Commons, Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0), Erişim Tarihi; 15. 06. 2022. https://britishmuseum.org/collection/object/Y_EA53913.

Brown, P.J., Stevens, K., 2007. Nanofibers and Nanotechnology in Textiles, Woodhead Publishing in Textiles, CRC Press, 528p.

Buirski, D., 2005. Market Overview, Shishoo, R. (Ed.), Textiles in Sport, (15-24), Woodhead Publishing Limited, 364p, UK.

Burgess, S., 2001, The Beauty of the Peacock Tail and the Problems with the Theory of Sexual Selection, Ağustos, 15(2), Erişim Tarihi: 08.08.2022. https://answersingenesis.org/natural-selection/peacock-tail-beauty-and-problems-theory-of-sexual-selection/.

Burgess, S.C., King, A., Hyde, R., 2006. An analysis of optimal structural features in the peacock tail feather, Optics&Laser Technology, 38(4-6), s.329-334.

CBC, Industrial Material Chroma Flair, Erişim Tarihi: 01.02.2022. https://www.cbc.co.jp/en/service/chemistry/industrial_material/chromaflair.html.

Chaurasia, M., Srivastava, S., 2020. Biomimicry and it's Applications-A Review, International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology, 4(12), s.545-549.

Choi, K.S., 2013. Smart Flow Control with Riblets, Advanced Materials Research, Ağustos, s.1-15, UK.

Croal, P., 2014. Beauty and adaptation–the marvels of Namibia's dryland habitat, Biodiversity, 15(2-3), s.229-230, Kanada.

Cui, Y., Gong, H., Wang, Y., Dewen, L., Bai, H., 2018. Thermal Insulation: A Thermally Insulating Textile Inspired by Polar Bear Hair. Advanced Materials, Şubat (30), s.1-8, Weinheim.

Dandul, E., 1984. Giyim Tekstili Dokuma Ürünleri Oluşumunda Modanın Etkileri ve Tasarımcının Sorumlulukları, 26-30 Kasım, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Ulusal Tekstil Sempozyumu, Yayın no:113, Bursa, s.114

Das, S., Basak, S., Chattopadhyay, S.J., 2015. Application of Biomimicry in Textiles, Current Science, Eylül, (109), 1-9.

Das, S., Jose, S., Shanmugam, N., Kumar, A., 2017. Potential of Biomimicry in the field of Textile Technology. Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials, Institution of Civil Engineers, Nisan, 6(4), 1-12.

Demir, R., 2021. Biomimicry: Doğadan İlham Almak, Erişim Tarihi: 02.06.2022. https://novaloji.com/doga/biomimicry-dogadan-ilham-almak/.

Dissanayake, G., Perera, S., 2016. New Approaches to Sustainable Fibres, Sustainable Fibres for Fashion Industry, 1-12.

Doğan, T., 2014. Bio-Inspired All-Polymer 2D Photonic Crystal Fibers, Bilkent Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, 65.

Dölen, E., 1992. Tekstil Tarihi, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yayınları, (6), 608, İstanbul.

Dugan, J., 2016. Inotek™ Fibers: Comfort Through Adaptive Breathability, (M*akale, Dugan'ın 2015* Textile World Innovation Forum'da *yaptığı sunuma dayanmaktadır*. Erişim Tarihi: 07.02.2022.

Dumanlı, G.A., Savin, T., 2016. Recent advances in the biomimicry of structural colours, Royal Society of Chemistry, (45), 6698-6724.

Dushkina, N.M., Lakhtakia, A., 2013. Engineered Biomimicry, Lakhtakia, A., Martin-Palma, R.J. (Ed.), Structural Colors, 267-303, Elsevier, 465p, USA.

Dyer, J., Tamburini D., O'Connell, E.R., Harrison, A., 2018. A multispectral imaging approach integrated into the study of Late Antique textiles from Egypt. PLoS ONE, 13(10), 1-33.

Erbıyıklı, N., 2011. "Tekstil ve Moda Tasarımı Açısından Sanat ve Bilim", Akdeniz Sanat Dergisi, 4(7), s.48-50.

Ergür, A., 1989. Tekstil Tasarımında Yaratıcılık, Tekstilde Tasarım Sempozyumu, 3-4 Mayıs, İstanbul, s. 41.

Eti, A.R., 2017. Biyo- İlham yoluyla Ekosistemi Kurtarma, Salar, S. (Ed.), Çığlık Dergisi, (12-15), Diltaş Eğitim Kurumları Yayını, (24)4, 45p.

French, P.J., Wicaksono, D.H.B., 2009. Biomimetics: Learning From Nature to Make Better Sensors, The Electrochemical Society, (23)1, 193-202.

Foelix, R.F., 2011. Biology of Spiders, Oxford University Press, Third Edition, 432p.

Forbes, P., 2008. Self-Cleaning Materials: lotus leaf-inspired nanotechnology. Scientific American Magazine, Temmuz, (7), Erişim Tarihi: 05.04.2022. https://www.scientificamerican.com/article/self-cleaning-materials/.

Forbes, P., 2008. Self-Cleaning Materials, Scientific American, 299(2), Ağustos, 88-95.

Gebeshuber, I.C., 2009. Structural Colours in Biology: Scientific Basis and Bioinspired Technological Applications, The Role of Science and Technology to Improve The Quality of Life, Ekim, 1-16.

Ghosh, T.K., Eadie, L., 2011. Biomimicry in textiles: Past, present and potential. An overview, Journal of The Royal Society Interface, Şubat, 761-775.

Gopalakrishnan, D., 2007. Technical Textiles- A Vision of Future, 25, Coimbatore.

Gök, M.O., 2018. Tekstil Tasarımında Doğadan İlham Alma (Biyomimetik Uygulamalar). Social Sciences Studies Journal, 4(16), 1270-1278, Kahramanmaraş.

Grdanovska, S., 2015. Characterization of Radiation Damage to a Novel Photonic Crystal Sensor, Maryland University, Dok. Tezi, 164p, College Park.

Gschmeissner, S., Science Photo, Library, Erişim Tarihi: 08.03.2022. https://www.sciencephoto.com/media/379211/view.

Gurera, D., Bhushan, B., 2019. Designing Bioinspired Surfaces for Water Collection from Fog, Philosophical Transactions Royal Society, (377), 1-39.

Güler, N., 2008. Rejenere Selüloz Liflerinin Yüzey Özelliklerinin İncelenmesi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, 145, Bursa.

Gündüz, B., Erişim Tarihi: 05.06.2022. https://bulentgunduz.com.tr/biyomimikri-biyotaklit/.

Gürsoy, A.T., 2004. Dünden Bugüne Giyim Kültürü ve Moda, Mithat Selection, 1. Cilt, 187, İstanbul.

Gürsoy, A.T., 2010. Giyim Kültürü ve Moda, Türkiye Tekstil Sanayii İşverenleri Sendikası, 2.Cilt, 704, İstanbul.

Han, Z., Mu, Z., Yin, W., Li, W., Niu, S., Zhang, J., Ren, L., 2016. Biomimetic Multifunctional Surfaces Inspired from Animals, Advances in Colloid and Interface Science, (234), 27-50.

Hansen, W.R., Autumn, K., 2005. Evidence for self-cleaning in gecko setae, Proceedings of the National Academy of Sciences, 102(2), 385-389.

Hargroves, J.K., Smith, M.H., 2006. Innovation inspired by nature: Biomimicry, ECOS, Ocak, s.27-29.

He, J., Wang, Q., Sun, J., 2011. Can Polar Bear Hairs Absorb Environmental Energy?, Thermal Science, 15(3), 911-913.

Hongu, T., Phillips, G.O., Takigami, M., 2005. New Millennium Fibers, Woodhead Publishing Limited, 287, England.

Inotek Textiles, Erişim Tarihi: 15.04.2022. http://www.inotektextiles.com/technology/#pinecone.

Issempa, 2019. Erişim Tarihi: 05.05.2022. CC BY-SA https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lotus Effekt_(Honey_spoon_3)_%C2%A9_W._Barthlott,_Lotus-Salvinia.de.jpg.

ITV Denkendorf, Self-Cleaning Effect Modelling Nature, Erişim Tarihi: 20.08.2022. https://www.kompetenznetz-biomimetik.de/wp-content/uploads/2012/11/E-Pressemappe-20-Selbstreinigung.pdf.

Jacome, P., 2022. The History of Weaving and Women, Mart, Erişim Tarihi: 01.06.2022. https://ecoist.world/blogs/eco-bliss/the-history-of-weaving-and-women.

Jones, C., 2016. Textile Materials Inspired by Structural Colour in Nature, Manchester University, PhD Thesis, 266.

Jones, C., Wortmann, F.J., Gleeson, H.F., Yeates, S.G., 2020. Textile Materials Inspired by Structural Colour in Nature, Royal Society of Chemistry Journal, 24362-24367.

Kapsali, V., Dunamore, P., 2008. Biomimetic principles in clothing technology. Abbott, A., Ellison, M. (Ed.), Biologically Inspired Textiles, (117-136), Woodhead Publishing Limited, 219p, UK.

Kapsali, V., 2009. Biomimetics and the design of outdoor clothing, Williams, J.T. (Ed.), Textiles for Cold Weather Apparel, (113-130), Woodhead Publishing Limited, 410p, UK.

Kapsali, V., Vincent, J., 2020. From a Pinecone to Design of an Active Textile, Biomimetics, 5(52), 1-13.

Kapsali, V., 2022. The Future of Cothing Functionality: Nature as a Paradigm, MMT Textiles, Limited, 21. Erişim Tarihi: 07.06.2022. https://slideplayer.com/slide/4484176/.

Karabulut, O.T., 2011. Portatif Su Depolama Ünitesi. Erişim Tarihi: 26.12.2022. https://www.behance.net/gallery/26106725/Bionic-Design-Portable-Water-Storage-Unit.

Karahanlar, Ü., 2014. Dokuma ve Örme Tekstiller Üzerinde Akıllı Uygulamalar, Haliç Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, YL Tezi, 223, İstanbul.

Kennedy, E.B., 2017. Biomimicry: Design by Analogy to Biology, Research-Technolog Management, 60(6), s.51-56.

Kinoshita, S., Yoshioka, S., 2005. Structural Colors in Nature: The Role of Regularity and Irregularity in the Structure. ChemPhysChem, 1442-1459, Weinheim.

Kinoshita, S., 2008. Structural Colors in The Realm of Nature, World Scientific, 368p, Japan.

Kinoshita, S.Y.S., Yoshioka, S., Miyazaki, J., 2008. Physics of Structural Colors, Reports on Progress in Physics, Haziran (71), 1-30.

KLM, Laser micro-texturing, 8p, Erişim Tarihi: 15.06.2022. https://assets.website-files.com/61816b0c5a622b736e781846/626162f6e908ef616651e2f1_KLM-Laser-micro-texturing.pdf.

Leighton, E., 2007. Bioinspired nanotechnologies for smarter prroducts, Conference Review, Materials Technology, 22(1), 40-42.

Lu, W., Dai, Z., 2012. Wan and Zhongyuan's proposal and research on Leonardo da Vinci's Wing Machine, McGill Üniversitesi, Erişim Tarihi: 05.01.2022. https://f12arch531project.wordpress.com/author/luwanarch/.

Lurie-Luke, E., 2014. Product and Technology Innovation: What can biomimicry inspire?, Biotechnology Advances, (32), 1494-1505.

Ma, H., Shieh, J.K., Qiao, T.X., 2006. Study of Transmission Electron Microscopy (TEM) and Scanning Electron Microscopy (SEM), Nature and Science, 4(3), 14-95.

Mahmudova, S., 2019. Biomimetics: Notions, Problems and Technologies, Bilimsel ve Teknik Dergi "Bionics of Intelligence", 1(92), s.31-35.

Maity, S., Chatterjee, A., Mohapatra, H.S., 2013. Nanotechnology in Fibres and Textiles, International Journal of Recent Technology and Engineering, 2(5), Kasım, 132-138.

Malik, T., Barhanpurkar, S., 2018. Spider Silk- Properties and Uses, Temmuz, 1-6.

Manshahia, A., Das, A., Alagirusamy, R., 2016. Smart Coatings for Sportswear, Hu, J. (Ed.), Active Coatings for Smart Textiles, (355-374), Woodhead Publishing Series in Textiles, 463p.

Maxey, K., 2014. Speedo Suits, Erişim Tarihi: 08.03.2022. https://www.engineering.com/story/speed-skatings-newest-suit-has-a-lockheed-pedigree-could-stir-controversy

MEB (T.C. Millî Eğitim Bakanlığı), 2011. Temel Örme, Tekstil Teknolojisi, 42, Ankara.

MEB (T.C. Millî Eğitim Bakanlığı), 2014. Doğal Lifler, Tekstil Teknolojisi, 87, Ankara.

MEB (T.C. Millî Eğitim Bakanlığı), 2018. Yapay Lifler, Tekstil Teknolojisi, 62, Ankara.

Medina, J.M., Diaz, J.A., Vukusic, P., 2015. Classification of Peacock Feather Reflectance Using Principal Component Analysis Similarity Factors from Multispectral Imaging Data, Optics Express, 23(8), 10198-10212, UK.

Microscope, Erişim Tarihi: 08.08.2022. https://www.laboiteverte.fr/plumes-paon-microscope/plume-paon-microscope-07/.

Mirsky, S. D., 1998. Polar Bears, Scientific American, 258(3), s.26.

NASA, 2008. NASA SPINOFF, Orginating Technoogy/ NASA Contribution, Erişim Tarihi: 01.04.2022. https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2008/ch_4.html.

NASA, 2012. Erişim Tarihi: 05.06.2022. https://www.nasa.gov/images/content/691593main_speedo1_full.jpg.

Neinhuis, C., 2017. Innovations from the “ivory tower”: Wilhelm Barthlott and the paradigm shift in surface science, Beilstein Journal of Nanotechnology, (8), 394-402.

Nose, K., 2004. Structurally colored fiber "Morphotex®, Ekim, s.1 (Erişim Tarihi: 06.02.2022).

NSW, Ian Thorpe, NSW Institute of Sport, Erişim Tarihi: 01.11.2022. https://www.nswis.com.au/outstanding-athlete/ian-thorpe-oam/.

Nychka, J.A., Chen, P., 2012. Nature as Inspiration in Materials Science and Engineering, JOM, 64(4), 446-448.

O’Connell, E.R., Dowler, A.J., Pritchard, F., Simpson, J., Thomas, R.I., Veldmeijer, J.A., 2014. Catalogue of British Museum Objects from The Egypt Exploration Funds’s 1913/14 Excavation at Antinoupolis (Antinoé), 467-504.

Ovacık, M., Gümüşer, T., 2016. Geçmişten Günümüze Keçe: Ayfer Güleç İş Modeli Üzerine Bir Analiz, Yedi: Sanat, Tasarım ve Bilim Dergisi, (15), 155-171.

Óscar, G., Davil, L., 2010, Nike Passeig de Gràcia Blog, Erişim Tarihi: 10.02.2022. http://nikepdg.blogspot.com/2010/07/nike-tech-nike-fit.html

Parry, K.D.V., 2000. Scanning Electron Microscopy: an introduction, Centre for Electronic Materials, 13(4), 40-44.

Patent, 2005, Erişim Tarihi: 08.04.2022. https://patentimages.storage.googleapis.com/73/ca/bd/ddd2a611836c1e/US20050208860A1.pdf.

Polartec, 2022. Polartec: "A timeline to celebrate 40 years of innovation", The Pill Outdoor Journal, Erişim Tarihi: 01.11.2022. https://thepilloutdoor.com/feature/polartec-a-timeline-to-celebrate-40-years-of-innovation/?lang=en.

Redmore, N.A., 2011. Woven Textile Design, Goode, A.B., Townsend, K. (Ed.), Textile Design: Principes, Advances and Applications, (31-54), Woodhead Publishing Series in Textiles, 382p.

Rozentals, J., Weaving History, Erişim Tarihi: 01.11.2022. https://www.weavedesign.eu/weaving-history/.

Saldıray, S., 1989. Desen-Tasarım-Sanat, Tekstilde Tasarım Sempozyumu, 3-4 Mayıs, İstanbul, s. 64,

Sandıkçı, B., 2020. Doğadan İlham Almak: Biyomimetik Tasarım, Ekim, s.2, Erişim Tarihi: 10.06.2022. https://www.herkesebilim.org/post/do%C4%9Fadan-i-lham-almak-biyomimetik-tasar%C4%B1m.

Sarkar, M., Fan, J., Szeto, Y., Tao, X., 2009. Biomimetics of Plant Structure in Textile Fabrics for the Improvement of Water Transport Properties, Textile Research Journal, 657-668.

Sawhney, A.P.S., Condon, B., Singh, K.V., Pang, S.S., Li, G., Hui, D., 2008. Modern Applications of Nanotechnology in Textiles. Textile Research Journal, 78(8), 731-739.

Schoeller®, 2022. Schoeller® Technology NanoSphere®, Erişim Tarihi: 01.04.2022. https://www.schoeller-textiles.com/en/technologies/nanosphere.

Seventekin, N., Özdoğan, E., Demir, A., 2006. Lotus Etkili Yüzeyler. Tekstil ve Konfeksiyon, 16(1), 287-290.

Sezgin, Ş., Önlü, N., 1992. Tekstilde Tasarım Olgusu, Tekstil ve Mühendis, 84-89, İzmir.

Sgro, D., 2010. "Morphotex Dress", University of Technology Sydney, Science Museum, s.1, London. Erişim Tarihi: 07.02.2022. https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/17507/1/2010002567OK.pdf.

Sgro, D., Erişim Tarihi: 20.05.2022. https://donnasgro.com/Dynamic-Morphotex.

Sgro, D., Erişim Tarihi: 20.05.2022. https://donnasgro.com/Morphotex-Dress.

Shao, Z., Wang, Y., Bai, H., 2020. A superhydrophobic textile inspired by polar bear hair for both in air and underwater thermal insulation, Chemical Engineering Journal, (125441), 1-3.

Sharma, A., 2013. Eco-Friendly Textiles: A Boost to Sustainability, Hind Agri-Horticultural Society, 1-9.

Sheeparamatti, B.G., Sheeparamatti, R.B., Kadadevaramath, J.S., 2007. Nanotechnology: Inspiration from Nature, IETE Technical Review, 24(1), Ocak- Şubat, 5-8.

Shrinath, N., Rangaswamy, B.E., Bathula, S.R., 2016. Biomimics, International Journal of Modern Trends in Engineering and Research, Mart, 3(3), 463-467.

Singh, D.N., 2007. Nanotechnology- An Indian Perspective, IETE Technical Review, 24(1), Ocak- Şubat, 43-49.

Singh, R. A., Jackson, R.L., Yoon, E., 2009. Biomimetics: The Science of Imitating Nature, Tribology and Lubrication Technology, Şubat, 40-47.

Singh, A.V., Rahman, A., Kumar Sudhir, N.V.G., Aditi, A.S., Galluzzi, M., Bovio, S., Barozz, S., Montani, E., Parazzoli, D., 2012. Bio-inspired approaches to design smart fabrics, Materials and Design, (36), 829-839.

Smith, P.A., 2000. Technical fabric structures – 3. Nonwoven fabrics, Harrocks, A.R., Anand, S.C. (Ed.), Handbook of Technical Textiles, (130-151), Woodhead Publishing Limited, 543p, England.

Soffia, A., 2016. Entomimetics: Transferences from Insect's Morphology and Behavior to Design, ARQ, s.123 (Çizim: Suárez, L.), (94), Santiago.

Sondhelm, W.S., 2000. Technical fabric structures – 1. Woven fabric, Harrocks, A.R., Anand, S.C. (Ed.), Handbook of Technical Textiles, (62-94), Woodhead Publishing Limited, 543p, England.

Sözlük, 2022. Erişim Tarihi: 16.07.2022. https://dict.com/yunanca-turkce/%CE%BD%CE%AC%CE%BD%CE%BF%CF%82.

Stefani, R., 2012. Olympic swimming gold: The suit or the swimmer in the suit? Significance, The Royal Statistical Society, 9(2), Nisan, 13-17.

Stegmaier, T., Arnim, V.V., Scherrieble, A., Planck, H., 2008. Self-cleaning textiles using the Lotus Effect, Abbott, A., Ellison, M. (Ed.), Biologically Inspired Textiles, (137-149), Woodhead Publishing Limited, 219p.

Stegmaier, T., Arnim, V.V., Linke, M., Milwich, M., Sarsour, J., Scherrieble, A., Schneider, P., Planck, H., 2008. Bionic developments based on textile materials for technical applications, Abbott, A., Ellison, M. (Ed.), Biologically Inspired Textiles, (193-211), Woodhead Publishing Limited, 219p. Germany.

Stephenson, F., Biomimicry, Erişim Tarihi: 08.03.2022. https://www.frankstephenson.com/galleries/biomimicry/?lang=zh-hans.

Sönmez, S., 2016. Kendi Kendini Temizleyen Tişört, Erişim Tarihi: 07.06.2022. https://www.dunyahalleri.com/kendi-kendini-temizleyen-tisort/

Süpüren Mengüç, G., Özdil, N., 2014. Özel Hayvansal Lifler. Teknolojik Araştırmalar: Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, Derleme, 8(2), 30-47.

Tang, S.K.Y. (2008). "The Rocket Swimsuit: Speedo's LZR Racer", Harvard University The Graduate School of Art and Sciences Blog, School of Engineering and Applied Sciences, Erişim Tarihi: 09.02.2022. https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2008/issue47-2/.

TDK, 2022. Erişim Tarihi: 05.02.2022. https://sozluk.gov.tr/.

Teodorescu, M., 2014. Applied Biomimetics: A New Fresh Look of Textiles, Hindawi Publishing Corporation Journal of Textiles, 1-9.

Thermolite® Brand, Erişim Tarihi: 20.10.2022. https://www.thermolite.com/en.

Tokatlı, Ü.A., Erzurumlu, Ö., 2016. Tekstilde Yapı Oluşturma Yöntemlerinin Sanat Alanında İfade Aracı Olarak Kullanımı, Yıldız Journal of Art and Design, 3(2), 193-213.

Tondo, M., 2021. LAMPOON, Erişim Tarihi: 05.03.2022. https://www.lampoonmagazine.com/article/2021/06/17/microsilk-bolt-threads/, San Francisco.

TransMaterial, 2017. Erişim Tarihi: 20.05.2022. https://transmaterial.net/01-bai-tiff/.

Tuğay, A., 1989. Tekstil Tasarımında Giysi, 3-4 Mayıs Tasarım Sempozyumu, İstanbul, s.68,

Tuna, T., 1999. Hezarfen Ahmet Çelebi'den Modern Savaş Uçaklarına, SkyLife, Havacılık Müzesi, Ağustos, 44-51.

Unat, Y., 2012. Bir Rönesans Mühendisi: Leonardo Da Vinci, Dört Öge, Yıl:1(2), Ekim, 51-66.

Uuttu, A., 2015. Biomimicry as a Design Reference. University of Lapland Faculty of Art and Design Interior and Textile Design, 1-88.

GRB, Gloves, 2022. Thermolite® Glove, Erişim Tarihi: 05.06.2022. https://www.grbgloves.co.uk/product/thermolite-glove/.

Velcro® Brand, 2018. Erişim Tarihi: 05.02.2022. https://www.velcro.co.uk/blog/2018/06/how-velcro-brand-fasteners-were-invented/.

Velcro® Brand, Erişim Tarihi: 05. 06.2022. https://www.velcro.co.uk/original-thinking/our-story/.

Velcro® Brand, 2022. Erişim Tarihi: 01.11.2022. https://www.velcro.co.uk/original-thinking/the-velcro-brand-trademark-guidelines/.

Vibram, Erişim Tarihi: 08.03.2022. https://eu.vibram.com/en/shop/shop-all-footwear/womens-fivefingers/outdoor-trail/v-alpha-womens/W71.html?dwvar_W71_color=Black#start=1.

Vikipedi, 2022. Erişim Tarihi: 04.04.2022. https://tr.wikipedia.org/wiki/Batum_Botanik_Bah%C3%A7esi.

Vollrath, F., 2000. Strength and structure of spiders' silks, Molecular Biotechnology, (74), 67-83.

Vukusic, P., Sambles, J.R., Lawrence, C.R., Wootton, R.J., 1999. Quantified Interference and Diffraction in Single Morpho Butterfly Scales, The Royal Society, 1403-1411.

Wikipedia, 2022. Erişim Tarihi: 09.06.2022. https://en.wikipedia.org/wiki/Morpho.

Wikipedia, 2022. Erişim Tarihi: 05.06.2022. https://en.wikipedia.org/wiki/Tokay_gecko.

Wikipedia, 2022. Erişim Tarihi: 07.06.2022. https://en.wikipedia.org/wiki/Bulletproof_vest.

Wright, R., 2000. Transmission Electron Microscopy of Yeast, Microscopy Research and Technique, (51), 496-510, Washington.

Wu, K. J., 2018. 1,700-Year-Old Sock Spins Yarn About Ancient Egyptian Fashion, Erişim Tarihi: 01.11.2022. https://www.smithsonianmag.com/smartnews-history-archaeology/1700-year-old-sock-spins-yarn-about-ancient-egyptian-fashion-180970501/.

Wu, X., Chen, L., 2022. New Textile Material- Spider Silk Fiber, Journal of Physics: Conference Series, 2256(01200), 1-5.

Yıldırım, S., 2020. Biyomimetik Yaklaşımlar Bağlamında Günümüzde Yapı Malzemesi Kullanım Ölçütleri, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, 191.

Yılmaz, D. 2019. Biyomimikri- Doğadan Gelen Tasarımlar, Erişim Tarihi: 08. 03. 2022. https://www.dogadergisi.com/biyomimikri-dogadan-gelen-tasarimlar/.

Yu, Z., Zhu, T., Zhang, J., Ge, M., Fu, S. Lai, Y., 2022. Fog Harvesting Devices Inspired from Single to Multiple Creatures: Current Progress and Future Perspective, Advanced Functional Materials, 1-20.

Yuran, A. F., Taşgetiren, S., 2010. Doğadan Esinlenerek Tasarım, BiyoTeknoloji Elektronik Dergisi, 1(2), 23-30.

Zari, M. P., 2007. Biomimetic Approaches to Architectural Design for Increased Sustainability, New Zealand Sustainable Building Conference, 14-16 Kasım, Wellington, New Zealand. 33-42.

Zhan, H., Wu, K., Hu, Y., Liu, J., Li, H., Xu, X.G.J., Yang, Y., Yu, Z., Gao, H., Luo, X., Chen, J., Ni, Y., Yu, S., 2019. Biomimetic Carbon Tube Aerogel Enables Super-Elasticity and Thermal Insulation, Chem, 5(7), Temmuz, 1871-1882.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Elif TATARİ

Eğitim Durumu

Lise : Özel Gökyüzü Koleji, 2016

Lisans : İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Moda ve Tekstil Tasarımı Bölümü

Yüksek Lisans : İstanbul Ticaret Üniversitesi,
Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil ve Moda Tasarımı Anabilim Dalı

Yayınları

Tatari, E., Bayburtlu, I., 2022. Tekstil ve Giyimde Biyomimetik: Görsel ve İşlevsel Etkiler. Uluslararası İnsan ve Sanat Araştırmaları Dergisi, 7(4), 330-348.