



e-ISSN:2980-2342

ULUSLARARASI TASARIM VE SANAT DERGİSİ  
International Journal of Design and Art



Cilt:1 Sayı:1, Mayıs 2023  
Volume:1 Issue:1, May 2023

## BİYOMİMETİK TASARIM VE GİYSİ KONFORU UYGULAMALARI

### *Biomimetic Design and Clothing Comfort Applications*

Evrım Kanat<sup>1</sup>

- 1 Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Tekstil ve Moda Tasarımı Bölümü, Çanakkale, Türkiye, ORCID: 0000-0001-8538-37  
Sorumlu Yazar e-posta: zevrimk@gmail.com

*Derleme Makale/Review Article*

#### Makale bilgisi:

Geliş/Received:  
10/05/2023  
Kabul/Accepted:  
13/05/2023

#### Anahtar Kelimeler

Biyomimetik,  
Giysi konforu,  
Tekstil tasarımı.

#### ÖZET

Doğa etkileyici tasarımları ile yaratıcılık ve teknoloji geliştirme için önemli bir danışmandır. Biyomimetik, doğanın işlevsel ilkelerinin çıkarılması, taklit edilmesi ve uygulanması ile ilgilenen yeni bir araştırma alanıdır. Tasarım, sanat, mimarlık, mühendislik ve temel bilimler gibi çok çeşitli disiplinlerde uygulanmaktadır. Son yıllarda tekstil ve moda tasarımcıları biyomimetik yaklaşımlar özgün tasarımlar ortaya konmuştur. Biyomimetik tekstil tasarımlarının sanatsal ve estetik özellikleri ile çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Biyomimetik hem estetik hem de yenilikçi tekstil ürünleri geliştirmek için bir ilham kaynağı olabilir. Bu çalışmada biyomimetik kavramı açıklanmış, biyomimetik tasarım süreçlerinden bahsedilmiştir. Çalışmada temel tüketici beklentilerinden biri olan konfor özelliklerini geliştirmek için kullanılan biyomimetik tasarım örnekleri tasarıma ilham veren doğal yapı ile birlikte incelenmiştir.

#### Keywords

Biomimetics,  
Clothing comfort,  
Textile design.

#### ABSTRACT

Nature is an important consultant for creativity and technology development with its impressive designs. Biomimetics is a new field of research that deals with the extraction, mimicry and application of the functional principles of nature. It is applied in a wide variety of disciplines such as design, art, architecture, engineering and sciences. In recent years, textile and fashion designers have introduced biomimetic approaches and original designs. There are various studies with the artistic and aesthetic features of biomimetic textile designs. Biomimetics can be an inspiration to develop both aesthetic and innovative textile products. In this study, the concept of biomimetics is explained and the processes of biomimetic design are mentioned. In the study, biomimetic design examples used to improve comfort features, which is one of the basic consumer expectations, were examined together with the natural structure that inspired the design.

**Bu makaleye atıf yapmak için/To cite this article:**

Kanat, E. (2023). Biyomimetik Tasarım Ve Giysi Konforu Uygulamaları. Ideart Uluslararası Tasarım ve Sanat Dergisi, 1(1), 24–35.

## 1. GİRİŞ

Biyomimikri (Biomimicry), Yunanca yaşam anlamına gelen 'bios' ve 'taklit etmek' anlamına gelen 'mimesis' kelimelerinden türetilmiştir. Biyomimikri, 'doğadaki modelleri inceleyen ve karşılaşılan problemleri çözmek için doğadan öğrendiği tasarım ve süreçleri taklit eden veya onlardan ilham alan yeni bir bilim' olarak tanımlanmıştır (Benyus'tan aktaran Sevenscan ve Üreyen, 2020). Benyus, doğaya bir 'model, ölçü ve akıl hocası' olarak bakmayı önermiş ve biyomimikrinin bir hedefi olarak sürdürülebilirliği vurgulamıştır (Benyus'tan aktaran, Das vd., 2015)

Her ne kadar biyomimikri tasarım anlayışını, biyomimetik ise bu anlayışı uygulayan alanı ifade etse de (Sevenscan ve Üreyen, 2020), gerek biyomimetik (Biomimetic), gerekse biyomimikri (Biomimicry) kavramları doğadaki modelleri inceleyen ve sonra da bu tasarımları taklit ederek, doğanın yöntem ve stratejilerini kullanarak veya bunlardan ilham alarak insanların problemlerine çözüm getirmeyi amaçlar ve iki kavram da aynı anlamda kullanılmaktadır (Yıldız, 2020).

Doğa, dönüştürülebilirliği ve sürekliliği olan bir sistemdir ve bu sistemin sürekliliğini sağlarken hiçbir şeyi boşa harcamamaktadır (Yıldız, 2020). Doğada canlılar hayatta kalabilmek için sınırlı kaynakları en iyi şekilde kullanmalarını sağlayan mekanizmalar ve yapılar geliştirirler. İlk zamanlarda bu durum biyomimetik yaklaşımda kaynak ile maliyet arasındaki ilişki olarak, kısıtlı kaynakların optimizasyonu ile akıllı ve ucuz malzeme geliştirme olarak yorumlanmıştır. Bugün ise bu konuyla ilgi olarak doğayı taklit etmenin sürdürülebilir çözümler üretebileceği ifade edilmektedir (Kapsalı, 2009).

Biyoloji, her kültür ve çağda ortak olan giysi tasarımı için her zaman zengin bir görsel ve estetik ilham kaynağı olmuştur. Çiçekler, böcekler ve çeşitli hayvanlar gibi dokuma, baskı veya nakış yoluyla tekstil tasarımına dahil edilen sayısız motif örneği vardır. Biyomimetik tasarımların kullanımı tekstil ürünlerine estetik özellikler sağlamanın dışında performans geliştirme için yeni fonksiyonlar kazandırabilir. Bu çalışmada giysilerin termofizyolojik konfor özelliklerini geliştirmek için kullanılan biyomimetik tasarımlardan bahsedilecektir.

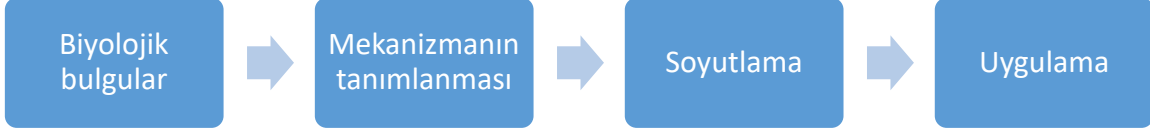
## 2. BİYOMİMETİK TASARIM

Doğa hem bilim alanında hem de sanat ve tasarım alanlarında önemli bir çıkış noktasıdır. Doğadaki, malzeme ve formları gözlemlemek, analiz etmek ve modellemek, birçok bilim insanının dikkatini çekmiştir. Tasarımcılar biyomimetik tasarım yaklaşımı ile doğayı inceleyerek çevreye uyumlu ve kolaylıkla entegre olabilen süreçler ve ürünler ortaya koyabilir. Biyomimetik, ekonomik sürdürülebilirliğin doğadaki malzemeleri tüketerek değil, doğanın döngüsel sistemini örnek alarak gerçekleştirilmesini önerir (Yıldız, 2020). Biyomimetik tasarımlar düşük enerji ile üretim, tasarım ile fonksiyonelleştirme ve çok fonksiyonlu/uyarlanabilir yapılar olarak sınıflandırmıştır (Sevenscan ve Üreyen, 2020)

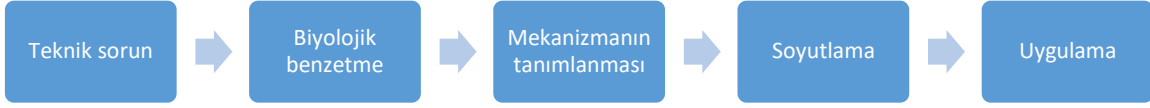
Biyomimetik doğayı, inceleyip ilham alacağı bir örnek, tasarımını değerlendirmek için bir ölçü ve kendisinden öğrenebileceği bir danışman olarak ele alır (InNature Project, 2020). Disiplinlerarası bir bilim olan biyomimetik doğadaki estetik ve basit formlarda, gereği kadar ve geri dönüştürülebilir hammadde kullanarak, yüksek verimli süreçlere sahip, zorlayıcı koşullara

dayanıklı ve kendini onarabilen tasarımlardan esinlenir (Gök, 2018). Biyomimetik tasarım iki farklı yaklaşımla gerçekleştirilebilir (Kapsalı, 2009):

- Bir tasarım problemini tanımlama ve ardından doğanın bunu çözme yöntemine başvurmak (Yukarıdan aşağıya).
- Doğadaki bir davranışı veya işlevi tanımlamak ve bir tasarıma dönüştürmek (Aşağıdan yukarıya).

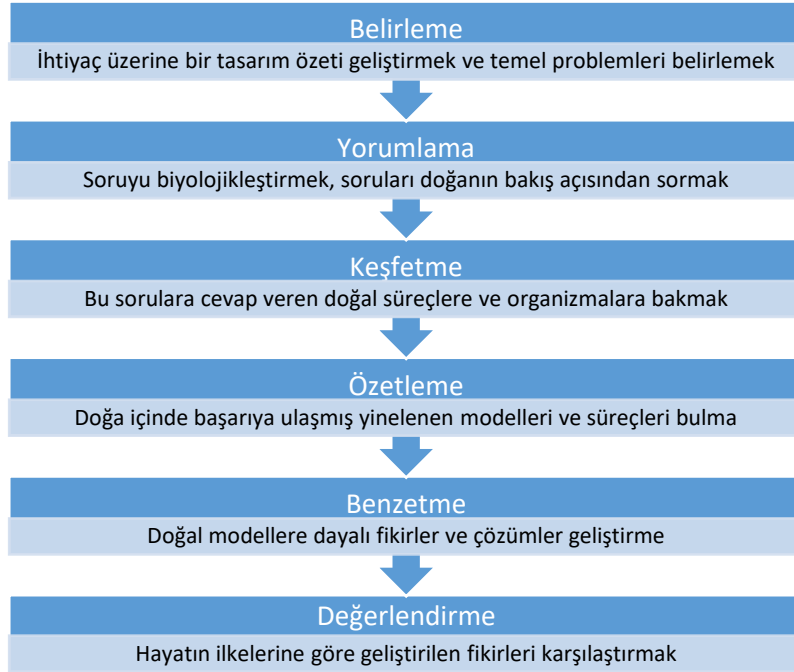


Şekil 1. Aşağıdan yukarıya tasarım



Şekil 2. Yukarıdan aşağıya tasarım

Doğadan ilham alarak çözüm sunan optimum bir sistem tasarımından, form ile işlev arasında bir denge kurması, yüksek dayanım, performans ve verimliliğe sahip olması, bunun yanında iş birliğinden yararlanması beklenmektedir (InNature Project, 2020). Bu bakış açısıyla gerçekleştirilecek biyomimetik tasarım süreci aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır (Yıldız, 2020):



Şekil 3. Biyomimetik tasarım adımları

Biyomimetik tasarımda maksimizasyon yerine optimizasyon, uyum, gelişme, çeşitlilik, sürdürülebilirlik gibi özellikler önemlidir (InNature Project, 2020). Tasarım yapılırken de aşağıdaki doğa kanunları göz önünde bulundurulmalıdır (Gök, 2018):

- ✓ Güneş ışığından faydalanma
- ✓ İhtiyacı kadar enerji kullanma
- ✓ Formu fonksiyona uydurma,
- ✓ Her şeyi geri dönüştürme (uygun bir kaynak yaratma)
- ✓ İşbirliğini ödüllendirme,
- ✓ Farklılıkları kucaklama,
- ✓ Uzmanlığa inanma,
- ✓ Aşırılıkları bastırma,
- ✓ Sınırlarının gücünü bilme.

Biyometri yeni bir kavram değildir, ilkçağlardan beri çeşitli uygulamalarla hayatımızın içindedir. Bilim ve teknolojideki gelişmeler doğayı inceleme konusunda önemli fırsatlar sunmaktadır. Aynı zamanda doğadan öğrendiklerimiz yeni teknolojiler geliştirmek için fikirler sunmaktadır. Doğa, bilim adamları, mühendisler, tasarımcılar ve sanatçılar için doğa ilham kaynağı olmayı sürdürmektedir.

### 3. GİYSİ KONFORU

Konfor insanın çevresi ile fizyolojik, psikolojik ve fiziksel uyum içinde olması olarak tanımlanır. Bir giysi sisteminin fizyolojik konforu, ısı ve su buharı iletim özellikleri ile belirlenir. Dolayısıyla giysinin konforunu belirleyen iki etken vardır: sıcaklık ve nem. Giysinin konforlu olarak nitelendirilmesi için vücudun ısıl dengesini koruması ve nemli hissettirmemesi gereklidir. Liflerin iletkenliklerinin genellikle iyi olduğu iyi bilinir, ancak hava zayıf bir ısı iletkenidir. Dolayısıyla, bir tekstil sistemi içinde hapsolan havanın hacmi ne kadar fazla ise ısı yalıtımı özelliği o kadar yüksektir (Li, 2001; Kapsalı, 2009a).

Vücudun kendini soğutmak için ürettiği ter mikro iklimde (vücut ile giysi arasında) bulunur. Bu sırada su molekülleri giysinin yapısına bağlı olarak lif yüzeyine tutunabilir, lif tarafından emilebilir ve/ veya lifler arasındaki kılcal boşluklarda toplanabilir. Ayrıca lifler arasından giysi yüzeyine çıkarak buharlaşabilirler. Mikro iklimde su buharı konsantrasyonu arttığında yoğunlaşma olur ve bu konforsuzluk hissi yaratır. Giysilerin su buharını hızla uzaklaştırması bu sebeple tercih edilir (Li, 2001; Kapsalı, 2009a).

Hava geçirgenliği düşük olan tekstiller, sıcak havayı içeride tutması ve soğuk havanın sisteme girmesini engeller. Pazarda sıklıkla kullanılan nefes alabilir kumaşlar su geçirmez ancak su buharının geçişine izin verecek yapıdadır. Özellikle açık hava giysilerinde membran olarak kullanılan bu ürünler yağmurda ıslanmamakta, aynı zamanda soğuk havayı geçirmemektedir ancak yüzeyindeki mikro gözenekler sayesinde kılcal kuvvetler ile teri hızla yüzeye ileterek buharlaşmasını sağladığı ifade edilmektedir. Sıcak iklimlerde hava geçirgenliği yüksek olan tekstillerin kullanılması uygundur. Bunun yanında soğuk havada kullanılacak açık hava giysilerinde rüzgâr geçirmezlik de konforun sağlanması için talep edilen bir özelliktir (Kapsalı, 2009a; Kapsalı, 2009b).

#### 4. KONFOR ÖZELLİKLERİNİ GELİŞTİREN BİYOMİMETİK TASARIMLAR

Kullanıcının kendisini konforlu hissetmesi için giysinin geçirgenlik (ısı, su buharı) özellikleri önemlidir. Bu bölümde bu iki gereksinim için geliştirilmiş biyomimetik tekstil örneklerinden bahsedilmiştir.

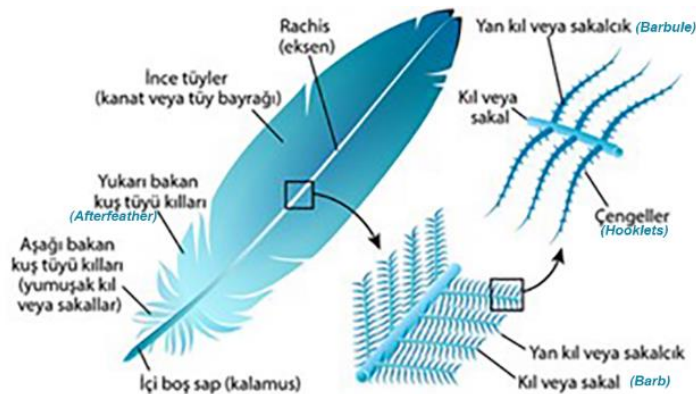
Tekstil materyallerinin yalıtım/iletim özelliklerini değiştirmek için doğadan yararlanmak oldukça yaygındır. Sentetik lifler uzun yıllardır kıvrım kazandırılarak yüne benzetilmekte ve ısıl izolasyonları bu yöntemle arttırılmaktadır. Lifin yüzey alanının arttırılarak buharlaşma oranının yükseltildiği bir örnek olan Coolmax lifi aynı çaptaki konvansiyonel liften %30 daha fazla yüzey alanına sahiptir ve tasarımında Mickey Mouse kulaklarından esinlendiği ifade edilmektedir (Kapsalı, 2009a).

##### 4.1. Isıl İzolasyon Özelliği Geliştirilmiş Biyomimetik Tekstiller

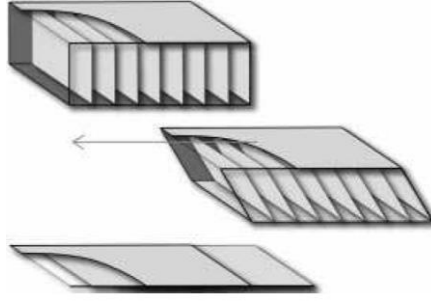
Doğa, ısı yalıtımına ihtiyaç duyduğu alanlarda havayı kullanmıştır. Önceki bölümde bahsedildiği gibi havanın ısı iletimi tekstil liflerinden oldukça düşüktür.

Penguen tüyleri özel bir yapıya sahiptir ve bu yapı yalıtım özelliği sağlamaktadır. Bir penguen tüyünde yukarı bakan tüyü kılları (afterfeather), bu kıllara bağlı sakallar (barb), bunlara bağlı sakalcıklar (barbule) ve bunların da üzerinde daha ince çengeller (hooklets) bulunmaktadır ve bu ince çengeller birbirine dolanarak hareket sırasında hava cepleri oluşturmaktadır (Şekil 4). Bu yapı gerektiğinde havayı hapsetmek için uygun bir yüzey sağlarken su geçirmezlik işlevi gerektiğinde tüyleri cilde doğru çeker. Bu geometri değişikliğinden esinlenerek çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Şekil 5) Ayrıca Gore AirVantage membran (W.L. Gore & Associates GmbH) uygulanan ürünlerde yalıtım için kullanılan hava miktarı değiştirilerek hacim ayarlanabilmektedir (Şekil 6) (Kapsalı, 2009a).

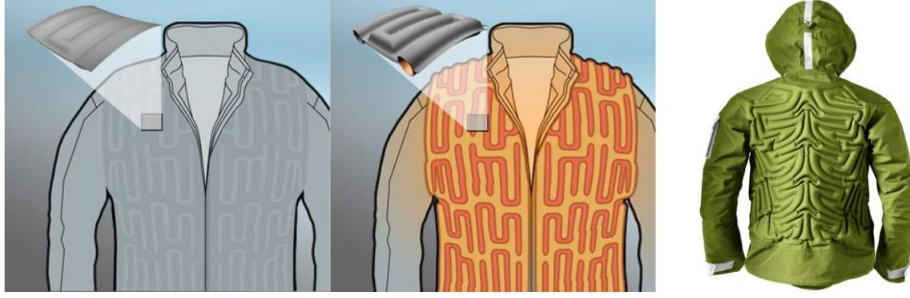
Bunun dışında kaz tüylerinin de penguen tüyelerine benzer bir aşamalı sistem yapısı ve nano boyutları ile hava tutarak ısıl izolasyon sağladığı ifade edilmektedir. (Kapsalı, 2013; Teodorescu, 2014; Akter, 2015; Efan, 2020)



Şekil 4. Penguen tüyünün yapısı (Kazilek, 2006)

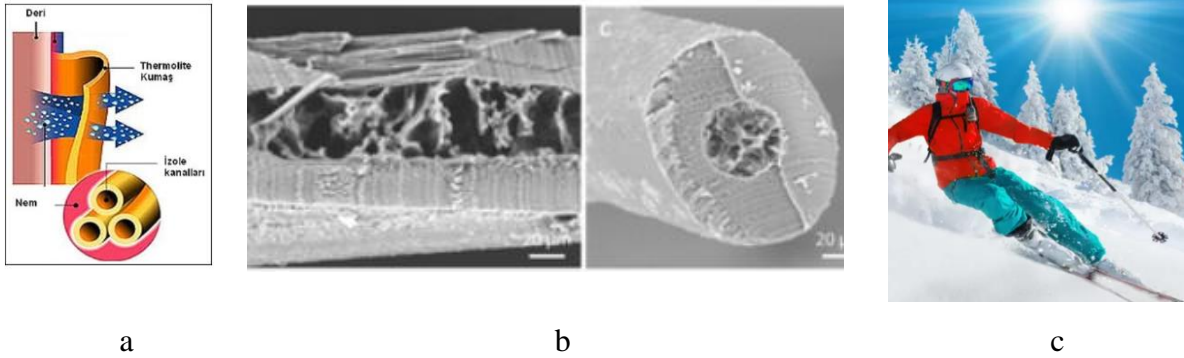


Şekil 5. Değişken geometri (Kapsalı, 2009a)



Şekil 6. Gore-Tex Airvantage (Rick, 2011)

Kutup aylarının ısı yalıtım mekanizması da önemli bir araştırma konusudur. Kutup ayısı kürkü, çok iyi bir yalıtıktır. Tüyler köpük benzeri bir malzeme ile dolu boru şeklindedir ve içinde tuttuğu hava yalıtım sağlamaktadır. Ayrıca tüyleri UV ışığını soğurmaktadır. Bu özelliğinden ilham alınarak her iki tarafı yarı saydam bir filmle kaplanmış, katmanlı bir tekstil malzemeden oluşan, yüksek iletim kapasiteli bir güneş kolektörü geliştirmiştir. Ayrıca içi boş liflerden ilham alınarak Thermolite® lifleri geliştirilmiştir. Thermolite® lifleri Şekil 7’de gösterildiği gibi boşluklu yapısı ile lif içinde de hava tutarak ısı izolasyonu artırır. Aynı zamanda geniş yüzey alanı hızlı buharlaşmaya yardımcı olur (Ahmad vd, 2023).

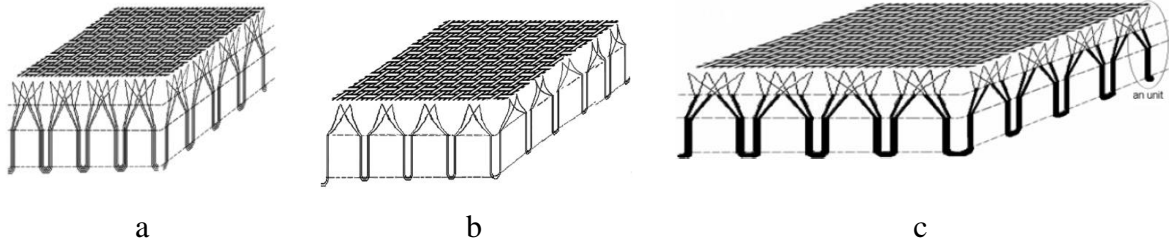


Şekil 7. Thermolite® lif yapısı (a-b) (Cui vd, 2018), Thermolite lifi kullanım örneği (Thermolite® Brand b.t)

#### 4.2. Nem İletim Özelliği Geliştirilmiş Biyomimetik Tekstiller

Biyomimetik yaklaşımla tekstil materyallerinin nem iletim özelliğini geliştirmek için bitkilerdeki çeşitli mekanizmalardan esinlenilmiştir. Bitkilerde sıvının gövdeden dallara doğru sistematik şekilde incelen kanallarla taşınmasını örnek olarak tasarlanan çok katlı dokuma kumaşlarda giysinin dış yüzeyine doğru gözenekler daraltılarak terin vücuttan kumaş yüzeyine doğru iletiminin geliştirilmesi sağlanmıştır ve bu kumaşların spor giyimdeki kullanım

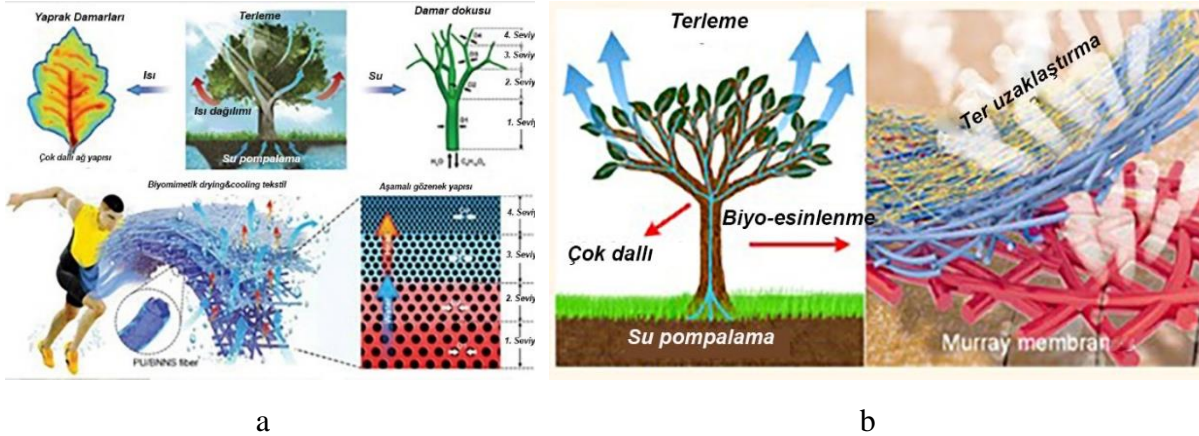
potansiyelleri araştırılmaktadır (Şekil 8) (Fan vd, 2010; Shi vd, 2013). Benzer uygulama örneği kumaşlarda ilmek boyutlarının kumaş yüzeyine doğru küçültülmesi ile elde edilmektedir (Manshahia ve Das, 2013).



Şekil 8. Çok katlı dokuma kumaş örnek yapıları (a-b, Fan vd, 2010;c, Shi vd, 2013)

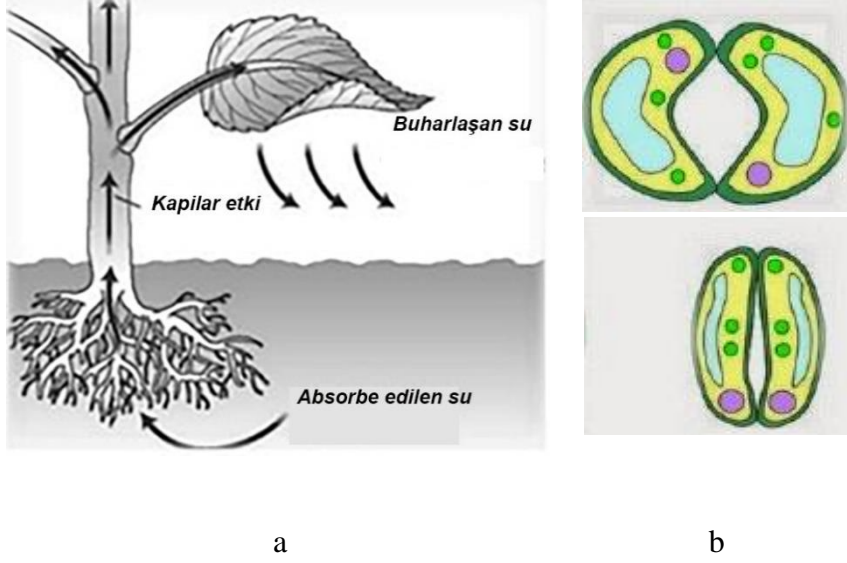
Bitkilerdeki bu mekanizmayı kullanan bir başka teknoloji de çok katmanlı nano-membranlardır. Daha önceki örneklerdeki aşamalı gözenek yapısı bu örnekte hidrofilik plazma işlemi ile sağlanmıştır. Membranın aynı zamanda soğutma etkisi sayesinde ısıl stresi de engellediği ifade edilmektedir (Şekil 9a) (Miao vd, 2021).

Nem iletiminde hem yerçekimine karşı yöne su taşıma, hem de hızlı buharlaşma özelliğine sahip, yüksek performanslı nem emici bir kumaş elde etmek oldukça önemlidir. Biyomimetik Murray membrane ile doğanın aşamalı olarak çok dallı yapılarını ve yüzey enerji özelliklerini taklit ederek, hızlı su iletimi ve buharlaşma özelliğine sahip akıllı nem emici kumaşlar elde edildiği ifade edilmektedir (Şekil 9b) (Wang vd, 2019).



Şekil 9. a. Biyomimetik drying& cooling tekstil b. Murray membran

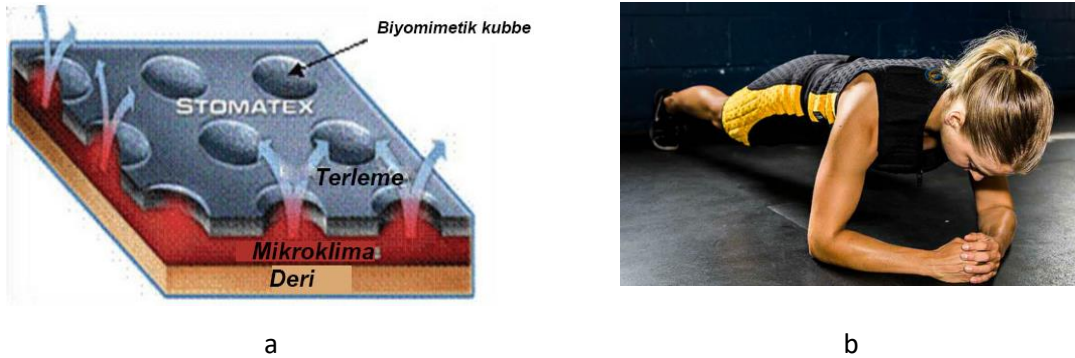
Bitkiler terleme ile su buharını stomalarından (bitkilerin nefes almak için kullandıkları mikrogözenek) yararlanarak havaya iletirler. Bu mekanizmayı bitkiler hava çok sıcak olduğunda kendini soğutmak için kullanır. Bitki yapraklardan terleme yoluyla su kaybettiğinde, gövdeden ve köklerden gelen su yukarı doğru hareket eder veya yapraklara çekilir (Şekil 10).



Şekil 10.a. Yaprak etkisi ile terleme b. Açık ve kapalı stoma

AkzoNobel su buharının kontrollü bir şekilde salınmasını sağlayan, yapraktaki bu sisteme benzer şekilde, nem iletimi gerektiğinde açılan, aksi halde kapanan bir neoprene bir kaplama geliştirmiştir (Kanjana vd, 2018, Sharmai 2021).

Stomatex®, her birinin merkezinde küçük bir gözenek bulunan kubbe şeklinde bir buhar odası modeli kullanmaktadır. Dinlenirken fazla vücut ısısı ve ter, kubbe şeklindeki haznelere yükselir ve kontrollü bir oranda küçük gözeneklerden dışarı çıkar. Bölmeler, vücudun her hareketiyle esneyip açılarak aşırı ısı ve terin küçük gözeneklerden dışarı pompalanmasına neden olur (Şekil 11). Esneyerek açılma dışarıdan daha soğuk ve daha kuru havanın girmesine de izin verir. Buhar odalarının pompalama hareketinin, kullanıcının fiziksel aktivite düzeyine göre artıp azaldığı belirtilmektedir. Bu hareketle ürünün herhangi bir fiziksel aktivite seviyesinde cilt ile kumaş arasında mikro iklimi koruyabildiği, böylece aşırı ısınma sorunu olmadan uzun süre giyilebilmesini sağladığı ifade edilmektedir. (What is Stomatex?, b.t; Sharma, 2021)



Şekil 11. a. Stomatex kumaşı çalışma prensibi b. Örnek Stomatex uygulaması

Hava durumuna göre açılıp kapanan çam kozalakları da su geçirmez nefes alabilir tekstil yüzeyleri geliştirilmesine ilham kaynağı olmuştur. Yağmur yağacaksa içindeki tohumları korumak için kozalağın dikenleri kapanır ve hava kuru olduğunda ise tohumları saçma şansını artırmak için dikenler açılır. Çam kozalağının açılma mekanizmasında kozalağın dış



katmanındaki neme duyarlı pullar atmosferdeki neme bağlı olarak genişir veya büzülür (Şekil 12) (Eadie vd, 2011).



Şekil 12. Nemli ortamda kapalı, kuru ortamda açık kozalaklar

Çam kozalağından esinlenerek geliştirilen tekstiller, mikro iklimdeki nem seviyelerine tepki verir, böylece malzeme doymaya başladıkça nefes alabilirlik artar. Yapılan bir araştırmada geliştirilen kumaşın dış katmanında milimetrenin 1/200'ü genişliğinde küçük sivri uçlar bulunmaktadır. Hava sıcak olduğunda sivri uçlar açılarak havalandırma ile soğuma sağlarken, hava soğuk olduğunda, sivri uçlar havayı hapsedmek ve daha etkili yalıtım sağlamak için tekrar düzleşmektedir (Sharma, 2021).

Inotek lifleri de MMT Textiles tarafından çam kozalağından ilham alınarak geliştirilen bir üründür. Su geçirmez nefes alabilir tekstiller üretilmesine olanak sağlayan bu lifler etraflarında nem biriktikçe ipliklerin ve tekstillerin geçirgenliğini artırarak ıslaklık hissini azaltmaktadır. Spor giyim, iç giyim, çorap ve nevresim kumaşlarında uzun süre kuru tutma ve hızlı kuruma özellikleri ile konfor özellikleri geliştirilmiş ürünler elde edilebilmektedir.

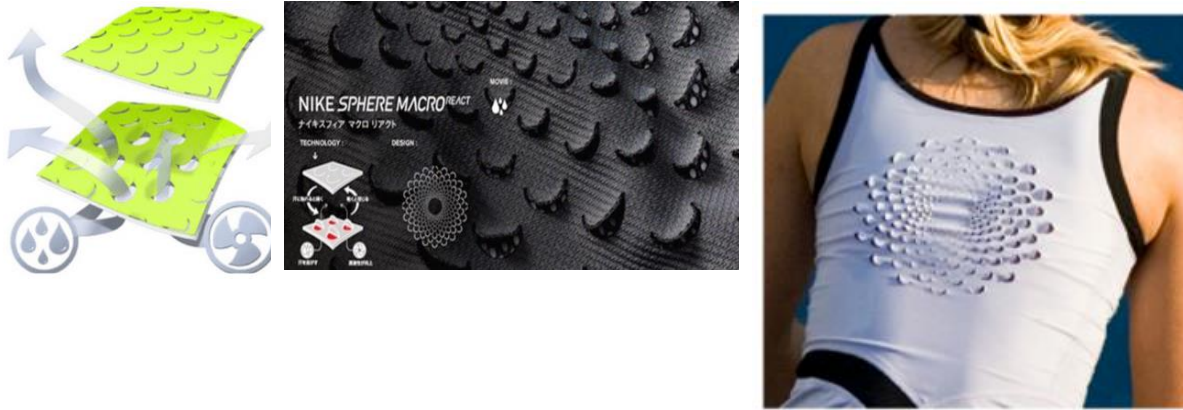
Inotek elyafları, nemi emmeye başladığında lifler birbirine yaklaşır (Çam kozalaklarındaki benzer şekilde) ve bu da ipliğin hacminin azalmasına dolayısıyla enine kesitinin incelmesine neden olur. Kumaşta mikroskobik hava cepleri açılır ve nefes alabilirliğini artırır. Inotek lifleri kuru koşullarda orijinal hallerine geri dönerek hava geçirgenliğini azaltır ve çam kozalağı durumunda olduğu gibi tekstilin yalıtımını artırır (Sharma, 2021). Inotek liflerinin enine kesit görüntüsü ve bu liflerden üretilmiş örnek bir spor giysi uygulaması Şekil 13'te gösterilmektedir (Inotek: Adaptive moisture management fibre technology, 2013; Dugan, 2016).



Şekil 13. Inotek lifinin enine kesiti (a) ve örnek uygulama (b)

Nike, "Macro React" serisi de çam kozalağından ilham alınarak tasarlanmıştır. Terleme ile kumaşın yüzeyindeki kanatçıklar açılarak ısı ve nem uzaklaştırılır. Bu ürün ABD Açık 2006'da

tenis yıldızı Maria Sharapova ve Wimbledon'da Roger Federer tarafından giyilmiştir (Şekil 14) (Sharma, 2021).



Şekil14. Nike Macro React yapısı ve örnek uygulama

## 5. SONUÇ

Doğa ilk çağlardan beri insanoğlunun esin kaynağıdır. Hem sanat hem de bilim doğayı örnek alır, taklit eder. Biyomimetik yaklaşımlar her alanda olduğu gibi tekstil alanında da hem estetik hem de teknik çözümler sunmaktadır. Bu çalışmada biyomimetik tasarım süreçleri açıklanmış, giysilerden temel beklenti haline gelen konfor özelliklerini geliştirmek için tasarlanan biyomimetik tasarımlardan ilham kaynağı ve teknik özellikleri ile birlikte bahsedilmiştir.

Doğanın her soruna ilişkin estetik, basit, minimum enerji, minimum hammadde kullanan, dayanıklı, verimli ve sürdürülebilir bir çözümü bulunmaktadır. Dolayısıyla doğa örnek alınarak yaratılan bu tasarımların da bu özelliklerde olması beklenmektedir.

Doğada henüz tanımlanamayan birçok alan bulunmaktadır. Bu sebeple biyomimetik tasarımların, her geçen gün teknolojilerdeki gelişmelere de bağlı olarak artacağını söylemek mümkündür.

## 6. KAYNAKÇA

Ahmad F, Akhtar K. S, Anam W, Mushtaq B, Rasheed A, Ahmad S, Azam F. ve Nawab Y, (2023) Recent Developments in Materials and Manufacturing Techniques Used for Sports Textiles International Journal of Polymer Science Volume 2023, Article ID 2021622, 20 pages

Akter K., (2015), Biomimics and its application in textiles and apparel (Episode-2), <https://www.textiletoday.com.bd/biomimics-and-its-application-in-textiles-and-apparel-episode-2/> (Erişim Tarihi: 10.04.2023)

Cui Y, Gong H, Wang Y, Li D, ve Bai H, (2018), A thermally insulating textile inspired by polar bear, *Advanced Materials*, 30, 1706807.

Das S, Bhowmick M, Chattopadhyay S. K. ve Basak S,(2015) Application of biomimicry in textiles, *Current Science* , 10 September 2015, Vol. 109, No. 5, pp. 893-901

Dugan J., (2016), Inotek™ fibers: Comfort through adaptive breathability <https://www.textileworld.com/textile-world/features/2016/07/inotek-fibers-comfort-through-adaptive-breathability/> (Erişim Tarihi: 10.04.2023)

Eadie L ve Ghosh T. K, (2011) Biomimicry in textiles: past, present and potential. An overview, J. R. Soc. Interface, 8, 761–775

Efan E. A, (2020), Biomimetics in Textiles, Course Name: Technical Textiles, Course No: Tex 315, Ahsanullah University of Science and Technology Department of Textile Engineering ([https://www.researchgate.net/profile/Emtiaz-Alam-Efan/publication/338403900\\_Biomimetics\\_in\\_Textiles\\_Look\\_deep\\_into\\_nature\\_and\\_then\\_you\\_will\\_understand\\_everything\\_better\\_Albert\\_Einstein\\_Course/links/5e131c6ea6fdcc283759c6ad/Biomimetics-in-Textiles-Look-deep-into-nature-and-then-you-will-understand-everything-better-Albert-Einstein-Course.pdf?\\_sg%5B0%5D=started\\_experiment\\_milestone&origin=journalDetail](https://www.researchgate.net/profile/Emtiaz-Alam-Efan/publication/338403900_Biomimetics_in_Textiles_Look_deep_into_nature_and_then_you_will_understand_everything_better_Albert_Einstein_Course/links/5e131c6ea6fdcc283759c6ad/Biomimetics-in-Textiles-Look-deep-into-nature-and-then-you-will-understand-everything-better-Albert-Einstein-Course.pdf?_sg%5B0%5D=started_experiment_milestone&origin=journalDetail))(Erişim Tarihi 10.04.2023)

Fan J.T, Sarkar M. ve Chen Q, (2010) Biomimetics of tree-shaped branching structure in textile fabrics, j.t. fan et al., int. j. of design & nature and ecodynamics. vol. 5, no. 3, 221–229

Gök M.O, (2018) Tekstil tasarımında doğadan ilham alma (Biyomimetik uygulamalar), Social Sciences Studies Journal Vol:4, Issue:16, 1270-1278

InNature Project, (2020) Good practices of biomimicry in education, June 2020, In natureProject EU, Editor: EA, (Co-funded by the Erasmus+Programme of the European Union (<http://innature-project.eu/wp-content/uploads/2021/06/Strategic-Plan-for-Biomimicry-in-schools-in-Europe.pdf>) (Erişim Tarihi: 10.04.2023)

Inotek: Adaptive moisture management fibre technology, (2013), <https://www.innovationintextiles.com/inotek-adaptive-moisture-management-fibre-technology/> (Erişim Tarihi: 10.04.2023)

Kanjana S, Ambika B. ve Nalankilli G, (2018) Breathable garments with thermo - physiological wear comfort - a review. Curr Trends Fashion Technol Textile Eng.; 3(1): 555605.

Kapsali, V. (2009a) Biomimetics and the design of outdoor clothing. In: Textiles for cold weather apparel. Williams, John, ed. Woodhead publishing, pp. 113-130.

Kapsali, V. (2009b) Biomimetic textiles: Design and development of moisture sensitive adaptive textile prototype for application in casual clothing systems. PhD thesis, University of Bath.

Kapsali, V. (2013) 7- Biomimetic approaches to the design of smart textiles for protection, Editor(s): R.A. Chapman, In Woodhead Publishing Series in Textiles, Smart Textiles for Protection, Woodhead Publishing, ss. 214-226

Kazilek C. J, (2006) Tüy biyolojisi, <https://askabiologist.asu.edu/turkish/T%C3%BCy-Biyolojisi> (Erişim Tarihi: 11.05.2023)

Li, Y., (2001) The science of clothing comfort, Textile Progress, The Textile Institute International, UK.

Manshahia M. ve Das A, (2013) Comfort characteristics of knitted active sportswear: Liquid water transportation, RJTA Vol. 17 No. 3

Manshahia M. ve Das A, (2014) High active sportswear – A critical review, Indian Journal of Fibre & Textile Research Vol. 39, December 2014, pp. 441-449

Miao D, Wang X, Yu J. ve Ding B, (2021) Biomimetic transpiration textile for highly efficient personal drying and cooling, Adv. Funct. Mater., 31

Rick K., (2011), Gore-tex membrane types, <https://www.webbikeworld.com/gore-tex-membrane-types> (Erişim Tarihi: 10.04.2023)

Sevencan H. ve Üreyen M.E, (2020) Tekstil ve giysi tasarımında biyomimetik uygulamaları, International Journal of Interdisciplinary and Intercultural Art, Cilt: 5, Sayı: 10, Haziran-Temmuz / 2020

Sharma S. (2021) Waterproof breathable fabrics: product modification and recent developments, (<https://textilelearner.net/waterproof-breathable-fabrics/>) (Erişim Tarihi: 10.04.2023)

Shi X, Cai G. ve Yu W, (2013) Tree-like structure increasing the moisture/liquid transport of textile fabric, Fibers and Polymers, Vol.14, No.8, 1354-1357

Teodorescu M, (2014) Applied biomimetics: A new fresh look of textiles, Hindawi Publishing Corporation Journal of Textiles, Volume 2014, Article ID 154184, 9 pages

Thermolite® Brand, b.t., <https://www.lycra.com/en/thermolite-business> (Erişim Tarihi: 11.05.2023)

Wang X, Huang Z, Miao D, Zhao J, Yu J. ve Ding B, (2019) Biomimetic fibrous murray membranes with ultrafast water transport and evaporation for smart moisture-wicking fabrics, ACS Nano, 13, 1060–1070

What is Stomatex?, b.t, <http://www.viribusgear.com/stomatex> (Erişim Tarihi: 10.04.2023)

Yıldız S, (2020) Biyomimikrinin tekstil tasarımındaki yeri ve kumaş tasarım uygulamaları, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Tekstil ve Moda Tasarımı Anasanat Dalı Yüksek Lisans Tezi İzmir/