



## Yapı Kabuğu Tasarımında Biyomimesis Kullanımının Örnekler Üzerinden Değerlendirilmesi

Emine Gündoğdu<sup>1\*</sup>, Hatice Derya Arslan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mimar, Mimarlık Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, Türkiye

<sup>2</sup> Doç. Dr., Mimarlık Bölümü, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, Türkiye

E-Posta: mine.gndo@gmail.com, deryaarslan@erbakan.edu.tr

**Özet:** İnsanoğlu varoluşundan beri ihtiyaç ve isteklerini karşılamak amacıyla çevresini sürekli düzenleme eğiliminde olmuştur. Bunun için de doğadaki düzenden faydalanmıştır. Doğadaki döngünün işleyişi ve sürdürülebilirliği tasarımlarda ilham kaynağı olmuş, sürdürülebilir/ ekolojik tasarımlar yapılmaya başlamıştır. Son dönemlerde gelişen teknolojiyle birlikte ekolojik mimarlıkta gözlenen gelişme sayesinde biçimsel ve strüktürel kaygıların ötesine geçilmiştir. Böylece malzeme, süreç ve oluşumlar anlamında çalışmalar başlamıştır. Bu noktada biyomimesis bilimi ön plana çıkmıştır. Biyomimesis, insanlığın problemlerine doğada bulunan oluşumları, dokuları ve stratejileri gözlemleyerek tasarımda sürdürülebilir çözümler getiren yeni bir bilim dalıdır.

Çalışma kapsamında biyomimesisin yapı kabuğu tasarımında kullanımının doğa ile ilişkilendirilerek sürdürülebilirlik açısından belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda örnek tasarımlar üzerinden, belirlenen biyomimesis ilkeleri doğrultusunda değerlendirme yapılmıştır. Sonuç olarak biyomimetik çözümlerin kullanıldığı örnek yapılar; temeli doğa olan biyomimetik bir yaklaşımın, mimarlara yapı kabuğu tasarımlarında, çok yönlü yenilikçi fikirler üretmesinde, günümüzde ve gelecekte ortaya çıkabilecek sorunlara karşı sürdürülebilir çözümler sunması noktasında çok önemli bir kaynak olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** biyomimesis, sürdürülebilirlik, ekolojik tasarım, yapı kabuğu tasarımı

### Evaluation of The Use of Biomimesis In Building Shell Design Through Examples

**Abstract:** Mankind has tended to constantly regulate its environment in order to meet its needs and desires since its existence. For this, he benefited from the order of nature. The operation and sustainability of the cycle in nature has been an inspiration in the design, and sustainable/ ecological designs have begun to be made. Thanks to the development observed in ecological architecture with the developed technology recently, formal and structural concerns have been exceeded. Thus, work has begun in terms of materials, processes and formations. At this point, the science of biomimesis has come to the fore. Biomimesis is a new science that brings sustainable solutions in design by observing the formations, textures and strategies found in nature to the problems of humanity.

Within the scope of the study, it was aimed to determine the use of biomimesis in shell design by associating it with nature in terms of sustainability. In this context, it has been evaluated through sample designs in accordance with determined biomimesis principles. As a result, example structures with biomimetic solutions show that a biomimetic approach based on nature is a very important source in designing structural shells for architects, producing versatile innovative ideas, and providing sustainable solutions to problems that may arise today and in the future.

Keywords: biomimesis, sustainability, ecological design, building shell design

### GİRİŞ

İnsanoğlu yaşamını sürdürebilmesi adına başlangıçtan beri çevrelerinde gelişen olayları keşfedip, kendi ihtiyaçları doğrultusunda örnek alıp kullanmıştır. Doğadan örnek alınarak yapılan araç ve gereçlerin çoğu insanların kendilerini koruma amacıdır. İnsanlar zorlu iklim şartlarından korunmak için barınaklar yapmışlardır. Bunu bazen kuş yuvaları gibi çalı çırpı kullanarak, bazen de mağarada yaşayan hayvanları örnek alarak yapmışlardır.

Endüstri devrimiyle insanların gözlem araçları ve üretim olanakları gelişmiştir. Bu sayede pek çok disiplinde doğadan ilham alınarak her alanda yaşamımızı kolaylaştıran tasarımlar üretilmiştir. Yapılaşma nedeniyle doğaya çok fazla zarar veren mimari yönünü doğaya çevirerek, doğadaki oluşumları ve sistemleri araştırıp, inceleyerek doğa gibi üretmeye çalışmaktadır.

\*İlgili E-posta: mine.gndo@gmail.com

International Symposium For Environmental Science And Engineering Research (ISESER 2019)(25-27 Mayıs 2019) sunum yapılmıştır.

Tarihsel sürece bakıldığında doğadan esinlenmenin daha çok formla kısıtlı kaldığını söyleyebiliriz. Biçimsel benzerlik üzerine kurulu analogilerden ve bilişsel süreç ile çıkarsamalar içeren metaforlardan yararlanılmıştır. Bu biçimsel benzerlik ve yüzeysel çağrışımlardan öte, doğanın üretken tavrının günümüzde tasarımlara da yansiyebileceği belirlenmiştir. Bu noktada “biyomimesis” bilimi ön plana çıkmıştır.

Mimaride bir yapıya estetik ve biçimsel açıdan bakıldığında ilk gözlemlenen yer olan bina cephesi, yaşam alanları ile doğal çevrenin kesiştiği noktada birçok sorunla karşı karşıya olan problemlili bir araştırma alanıdır. Doğadaki organizmalarının ciltleri, bina kabuğuyla benzerlik gösterir ve doğanın cildi oluşturmak için tasarım geliştirme stratejilerine bakmaya yönlendirir.

Bu çalışmanın temel motivasyonunu biyomimetik çözümlerin kullanıldığı örnek yapıların mimarlara yapı kabuğu tasarımlarında, çok yönlü yenilikçi fikirler üretmesinde, günümüzde ve gelecekte ortaya çıkabilecek sorunlara karşı sürdürülebilir çözümler sunması noktasında çok önemli bir kaynak olup olmadığının araştırılması olmaktadır.

## MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada doğadaki çözümlerin mimaride yenilikçi yapı kabuğu tasarımında nasıl kullanıldığı sorusu üzerinden yola çıkılmıştır. Bu bağlamda ilk olarak bir literatür taraması yapılmıştır. Çalışmanın ana konusu biyomimesisin yapı kabuğunun tasarlanmasına olan etkisini biyomimetik ilkeler doğrultusunda incelenmesidir. Bu konu kapsamında çalışmanın amacı biyomimesisin yapı kabuğu tasarımına etkilerini belirlemeyi, deneysel tasarımlar ve uygulanan projeler üzerinden, doğadan nasıl ilham alınarak bunun tasarımda ne şekilde kullanıldığını, yenilikçi ve sürdürülebilir ne tür çözümler üretildiğinin analiz edilmesidir.

Çalışma kapsamında biyomimesisin yapı kabuğu tasarımında kullanımının doğa ile ilişkilendirilerek bunun sürdürülebilirliğe etkisi ve yapı kabuğu tasarımlarında nasıl bir çözüm ürettiği karşılaştırmalı bir tabloyla analiz edilmiştir.

## İNSAN-DOĞA-MİMARLIK ETKİLEŞİMİ

İnsanoğlu yaşamını sürdürebilmesi adına doğayla ilişki içinde olması gerektiği için, başlangıçtan beri insanlar çevrelerinde gelişen olayları keşfetme, kendi ihtiyaçları doğrultusunda örnek alıp kullanarak öğrenmeye yönelmiştir. M.Ö. 400 yılında antik Yunan filozofu Demokritos bunu şu şekilde açıklamıştır: “Hayvanları taklit ederek önemli şeyler öğreniyoruz. Bizler örümcekten giysi dokumayı, kırlangıçlardan ev inşa etmeyi, kuşlardan ve tarla kuşlarından şarkı söylemeyi öğrenmiş çiraklarız”. Görüldüğü gibi doğadaki sistem problem çözümünde olduğu gibi tasarıma yansımaktadır<sup>[1]</sup>.

Geçmiş dönemlerde insan doğa ile daha bütünleşik yaşamaktaydı ve bu karşılıklı ilişki uyumlu etkileşimleri sağlamaktaydı<sup>[2]</sup>. Barınma ihtiyacı ve bununla ilişkili olarak doğa- mimarlık ilişkisi, bu etkileşimlerin en önemli kısmını açıklar niteliktedir.

İnsanoğlu doğadan elde ettiği malzemeler yardımıyla, bilerek ya da farkında olmadan doğal biçim ve yapıları gözlemleyerek ya da taklit ederek, ilk barınağını yapmıştır. Bu bağlamda mimarlık, günümüzde bilimin her alanında yaygın şekilde başvurulmakta olan, “doğadan esinlenme/öğrenme/uyarlama ve/veya uygulama” yönteminin kullanıldığı ilk alan olarak söylenebilir<sup>[3]</sup>. Yapılaşma nedeniyle doğanın tahribatına yol açan mimari, günümüzde, insanoğlunun doğal çevresiyle ilişkisini tekrar onarmaya çalışmakta, insanlar için daha yaşanabilir mekânlar üretme amacı doğrultusunda, sorunların çözümlerini doğada aramaktadır. Yönünü doğaya çeviren mimari, doğadaki oluşumları ve sistemleri araştırıp, inceleyerek doğanın üretkenliğinden esinlenmektedir.

## MİMARİ TASARIM VE BİYOMİMESİS

Çok sayıda mimar geçen yüz yılda yayımladıkları manifestolarda ve tasarladıkları yapılarda doğadan esinlenme yoluyla bazı tasarım yöntemleri geliştirdiklerini bildirmişlerdir. Tarihsel sürece bakıldığında doğadan esinlenme belirli dönemlerde, belirgin olarak da 20. yüzyılın ortalarına kadar karşılaşılan örneklerde dekoratif öğelerin doğanın taklidi ile yapılması bazen de doğadaki renk, doku ve desenler yorumlanarak cephe ve kütle tasarımında kullanılmıştır. Bu noktada analogi ve metafor kullanımından bahsedebiliriz.

Doğada bulunan bir varlığın şekilsel özelliklerinin kopyalanarak biçimsel kaygılarla yapıya yansıtılan, biçimsel analogi de diyebileceğimiz ve pek çok alanda rastlayabileceğimiz tasarımlara sıklıkla karşılaşılmaktadır. Mimaride metafor kullanımı ise daha çok doğadaki objeleri model olarak

alır, doğada gözlemlenebilen oranları kullanır. “Daha iyi bilinen konulara dayanarak daha az bilinen konuları aydınlatmada yararlı olur.” “Bir nesneyi diğerine referans verirken ya da bir nesneyi başka bir şeymiş gibi görmeye çalıştığımızda başvurduğumuz benzetme” gibi tanımları vardır [4]. Mimarlıkta metafor kullanımını analogiden ayıran nokta, bu yöntemin daha çok yaratıcılığa ulaşma ya da anlam çıkarma amacıyla kullanılmasıdır. Tanım olarak incelendiğinde de, daha çok dille ilgili ve bir anlatım ya da ifade amaçlı olduğu görülmektedir[5].

Tasarımcıya bir çıkış noktası sağlaması gibi yararları olan bu kavramların, mimarlıkta kullanımının formla kısıtlı olup yüzeysel kaldığı görülmektedir. Ancak doğanın üretkenliğinin günümüzde tasarımlara da yansiyebileceği belirlenmiştir. Geleneksel numerik matematiğin ve statik sistemlerin doğanın karmaşıklığını açıklamakta yetersiz kalmasıyla birlikte, birçok disiplin doğal ve yapay oluşumları hesaplamalı teori ve algoritmik düşünce ile tanımlamaya yönelmiştir [6]. Bu noktada “biyomimesis” bilimi ön plana çıkmıştır.

### **Biyomimesis**

Biomimesis ilk olarak 1950 yılında Amerikan biyofizikçi ve poli matematikçi Otto Schmit tarafından kullanılmıştır [7]. Yunancada bios (yaşam) ve mimesis (taklit etme) kelimelerinin birleşiminden gelen biyomimesis, insanlığın problemlerine doğada bulunan oluşumları, dokuları ve stratejileri gözlemleyerek tasarımda sürdürülebilir çözümler getiren yeni bir bilim dalıdır [8]. Janine Benyus’un 1997 yılında yayımlanan “Biomimicry: Doğadan İlham Alan Yenilik” kitabında geniş bir çerçevede anlatılmıştır. Benyus’a göre doğada insanoğlunun çözmeye çalıştığı birçok sorun hâlihazırda çözülmüş durumdadır, önemli olan insanların aradıkları çözüm için doğaya bakmalarıdır [7].

Doğadaki döngünün işleyiş özellikleri ve doğadaki malzemelerin ve formların ihtiyaç duyulan sağlamlık, hafiflik, dinamik ve statik yüklere dayanıklılık, enerji korunumu sağlayan formel ve yapısal özellikleri, sessizlik, kendini onarabilme gibi özelliklerinin gözlemlenmesi, çözümlenmesi ve modellenmesi birçok bilim insanının dikkatini doğadaki canlı ya da cansız oluşumlara yöneltmiştir [9].

İnsanoğlu doğayı gözlemleyip buradan deneyimler elde etmiştir. Günümüzde doğayı bir model olarak almanın yanı sıra, doğayı tasarımı değerlendirirken bir ölçüt ve akıl hocası olarak görüp dersler çıkarmaya başlamıştır

Tasarımda Biyomimesis iki farklı yöntemle ele alınabilir [10];

**Biyolojiden tasarıma yönelik yaklaşım:** Biyolojik olarak tanımlanan bir organizma ya da ekosistemin belirli bir özellik, davranış ve ya işleyişini inceleyip elde edilen verileri tasarım sorununu çözmeye kullanarak yeni bir seçenek sunmaktadır. Lotus yaprağının kendini temizleyebilme özelliğinin camlarda ve dış cephe boyalarında kullanılması önemli bir örnektir. Prof. Bharat Bhushan tarafından geliştirilen kendini temizleyebilen cam için, Nilüfer yaprağından esinlenilmiştir. İsmi lotus çiçeğinden alan Lotusan dış cephe boyası da lotus yaprağının kendini temizleme özelliğini taklit edilir [11] (Şekil 1).



Şekil 1. Kendini temizleme özelliğine sahip Lotusan boyası [12].

**Tasarımdan biyolojiye yönelik yaklaşım:** Bir ihtiyacın ya da tasarım sorununun tanımlanarak ihtiyaç duyulan işlev tanımlanır. Çözüm için doğadaki organizmaların ve ekosistemlerin bu işlevi nasıl gerçekleştirdikleri incelenmesi yöntemidir. Bu yaklaşım Mercedes-Benz'e bağlı Daimler Chrysler'in tasarladığı biyotek otomobilinde uygulanmıştır(Şekil 2). Bu örnekte amaçlanan minimum malzeme kullanarak maksimum hacim elde etmek ve küçük tekerlekli bir araç üretmektir. Araca şekli verilirken kutu balığından (ostracion meleagris) esinlenilmiştir. Aracın tasarımında balığın hareket özellikleri ile şekli arasındaki ilişkiden esinlenilmiştir. Bu araç ulaşım – taşıma alanına yeni bir yaklaşım getirmese

de, mevcut sistemler yeniden incelendiğinde nasıl daha etkili sonuçlara ulaşılabileceği konusunda önemli bir gelişmedir [13].



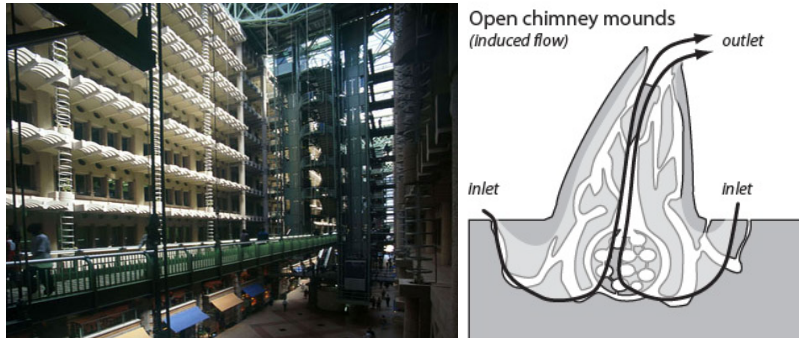
Şekil 2. Daimler Chrysler'in biyomimetik araç tasarımı [14].

Mimaride biyomimesis uygulamalarında tasarım probleminin çözümü noktasında doğa üç seviyede taklit edilmektedir: organizma seviyesi, davranış seviyesi, ekosistem seviyesi. Organizma seviyesinde, bitki ya da hayvan gibi belirli bir organizma tamamı ya da bir kısmı ele alınıp taklit edilir [15]. Namibya Üniversitesi Hidroloji Merkezi, organizma seviyesinde biyomimesis için iyi bir örnektir. Çölde az bir miktar yağış ile yaşayabilen Namibian çöl böceğinin sis yakalayıcı özelliğinden etkilenilerek tasarlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Namibya Üniversitesi Hidroloji Merkezi [16].

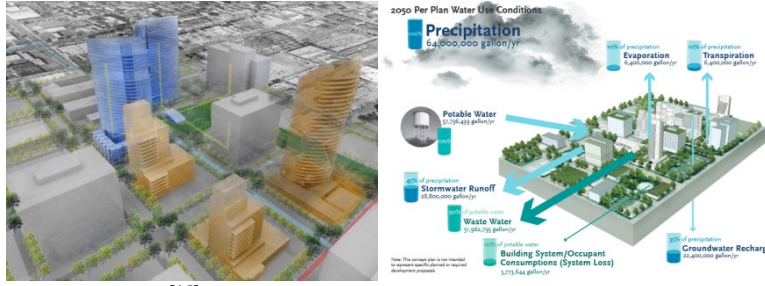
Davranış seviyesinde, organizmanın nasıl davrandığı ve içinde bulunduğu çevreyle etkileşimi incelenir [15]. Mick Pearce'in Harare'deki Eastgate, davranış seviyesinde süreç ve fonksiyonu taklit eden bir yapı olarak örnek gösterilebilir (Şekil 4). Tasarımda termal olarak daha sabit iç mekân oluşturulmaya çalışılırken, akkaranın pasif iklimlendirme ve sıcaklık kontrolünden esinlenilmiştir.



Şekil 4. Eastgate binası ve akkaranca yuvası [17-18].

Ekosistem seviyesinde ise tüm ekosistemin ve ona hatasız bir şekilde işlemini sağlayan fonksiyonlar kazandıran ana ilkelerin taklit edilmesi söz konusudur [15]. Ekosistem düzeyinde taklit olarak Llyod Crossing Project örnek verilebilir (Şekil 5). Portland, Oregon'da tasarlanan bu projede mimarların amacı, projenin yapılacağı arsanın eskiden ekosistem olarak hangi özelliklere sahip olduğu araştırılarak benzer ekolojik performans değerlerini uzun yıllar devam ettirebilmektir.

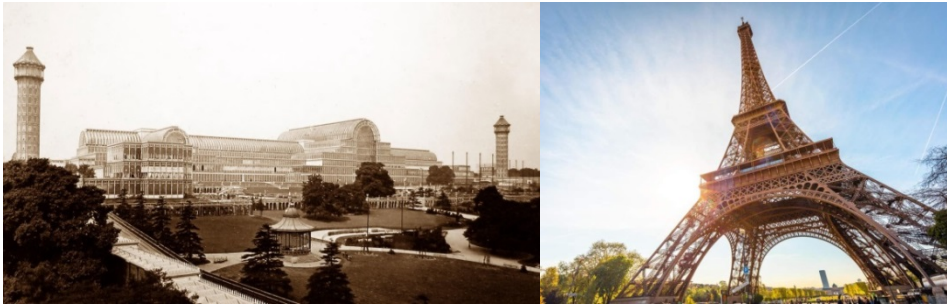




Şekil 5. Llyod Crossing projesi [15].

### Mimari Tasarımda Biyomimesis Uygulamaları

Eiffel Kulesi ve Crystal Palace, mimari tasarımda doğal olguların taklit edilmesine yönelik inşa edilen ilk yapılardır (Şekil 6). Crystal Palace, Joseph Paxton tarafından 1851' de, nilüfer çiçeği üzerine yaptığı çalışmalar çıkış noktası alınarak tasarlanmıştır. Gustave Eiffel tarafından tasarlanan Eiffel Kulesi ise uyluk kemiğinin yapısı temel alınarak inşa edilmiştir[20].



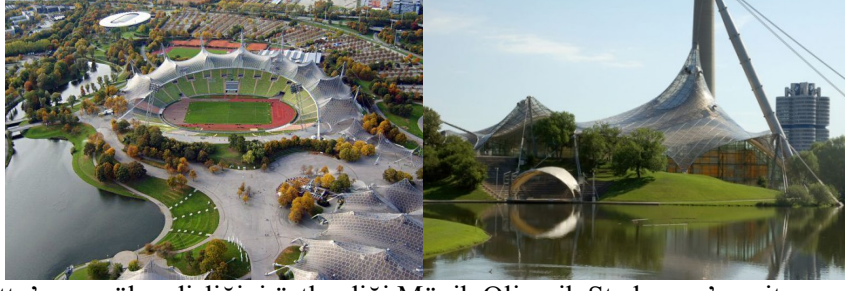
Şekil 6. Crystal Palace ve Eiffel Kulesi [21].

İspanya'da Antoni Gaudi (1852-1926) Ortaçağ mimarisi ile modern mimariyi birleştiren ve çevresinde gördüğü çeşitli canlı ve doğal oluşumları tasarladığı yapılara yansıtmıştır. 1910'da yapımı tamamlanan Barselona'daki Casa Mila'da Sagrada Familia Katedrali'nde doğanın yansımaları görülmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Casa Mila ve Sagrada Familia Katedrali [22]

Amerika'da ise Frank Lloyd Wright 1954 yılında yazdığı "Natural House" kitabında organik mimarlığı tam olarak tanımlayarak, tasarımdaki süslemelerin doğadaki gibi yapıyla bütünleşmesi gerektiğini söyler. Daha sonra Eero Saarinen organik mimarlığın en belirgin örneklerinden biri olan 1962'de New York'taki metaforik olarak kuşun uçuşunu sembolize ettiği, TWA İstasyonu'nu (TWA Terminal) tasarlamıştır. 1970 sonrası Santiago Calatrava ve Frei Otto gibi mimarlar organik mimarlardan biyomimetik mimarlığa doğru giden tasarımlarıyla gelişimi devam ettirmişlerdir [23]. Frei Otto'nun mühendisliğini üstlendiği, 1972'de yapımı tamamlanan, Münih Olimpiyat Stadyumunda kullanılan sistem Alp dağlarının şekline esinlenilerek tasarlanmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Frei Otto'nun mühendisliğini üstlendiği Münih Olimpik Stadyumu'na ait Görüntüler [24].

İspanyol mimar ve mühendis Santiago Calatrava tasarımlarında çıkış noktası olarak doğadaki formların işlevsel yönlerini alır. 2001'de tamamlanan Milwaukee Sanat Müzesi Quadracci Pavilion'u biyomimesiste strüktürde form taklidi ve yapıya yeni işlevler katılmasına uygun bir örnektir (Şekil 9).Yapı kuş kanadı şeklinde olup, açılıp kapanabilen bir çatı sistemine sahiptir. Kanatlar gündüzleri açılarak müzeye giren güneş ışığının kontrolünü sağlarken, geceleri ve olumsuz hava koşullarında da kapanarak müzeyi dış etkilere karşı korur[25].



Şekil 9. Milwaukee Sanat Müzesi kanatların kapalı hali ve açık hali [26].

Doğadan esinlenen yukarıdaki örnekler gibi biyomimetik anlayışa sahip mimari tasarımları çoğaltmak mümkündür. Sonuç olarak, doğadan esinlenen tasarımların, malzeme kullanımından yapım teknolojisine ve estetik kaygılara kadar çeşitli teknolojik yöntemlerle desteklenen, disiplinler arası iletişim gerektiren, sürdürülebilir bir mimarlık anlayışına sahip olduğu söylenebilir.

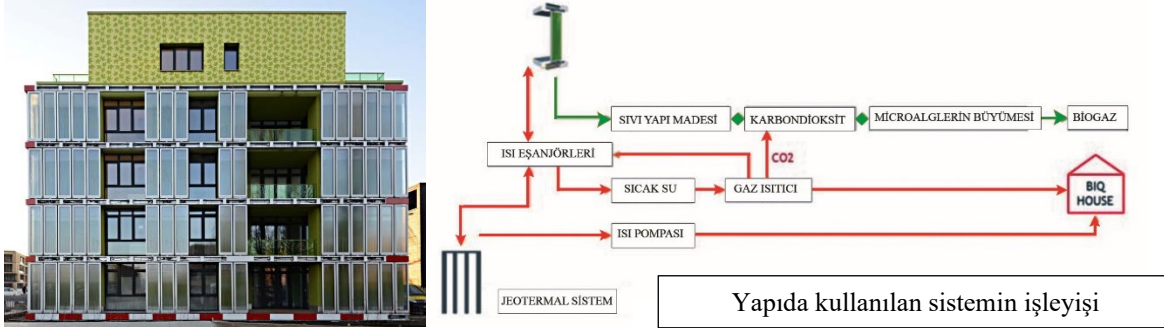
## YAPI KABUĞU TASARIMINDA BİYOMİMESİS KULLANIMININ ÖRNEKLER ÜZERİNDEN ANALİZİ

“Cilt” terimi, genel olarak insan, bitki ve hayvan örtülerine atıfta bulunmak için kullanılmaktadır. Cilt, koruma, duyum, ısı ve su düzenlemesi dahil olmak üzere çeşitli işlevleri yerine getiren karmaşık yapıdır [27]. Canlı organizmalar sürekli değişen iç ve dış koşullara kendilerini adapte etmeleri gerekir [28]. Örneğin; Kum kertenkelesinin havadan nemi emmesi ve yeterince su üretmesi için higroskopik bir cildi vardır [29]. Bitki yüzeyleri çevresel koşullar için birden fazla çözüm sunar, örneğin ışık yansımaları, süperhidrofobik veya süperhidrofilik yüzeyler içerebilir[30]. Balon balığı, avcılara karşı kendini savunmak amacıyla midesine su pompalayarak vücut hacmini üçe katlayabilir. Burada yapısal ve işlevsel uzmanlık vardır. Bazı hayvanlar, özel olarak tasarlanmış yuvalarla farklı koşullara yanıt verir. Örneğin, termitler sabit bir sıcaklığı korumak için höyüklerini inşa eder [31].

Yukarıda belirtilenler ve diğer bölümlerde anlatılan örnekler, doğal kabukların, bina kabuklarının nasıl davranması gerektiğine dair iyi modeller olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, mevcut bina kabuğu, yapıyı olumsuz dış etkilere karşı doğal bir cilt gibi filtreler. Binanın kabuğu enerji, malzeme ve bilgi alışverişi yapabilen karmaşık bir zar olarak düşünülebilir. Doğanın cildi oluşturmak için uyguladığı tasarım geliştirme stratejilerini taklit etmek başarılı olabilir. Doğadaki organizmaların cildi, bina kabuğuyla benzerlik gösterir ve bu onların stratejilerine bakmaya yönlendirir. Stratejilerin biyolojiden mimariye dönüştürülmesi farklı şekillerde mümkündür.

### BIQ (Bio Intelligent Quotient) Binası

BIQ evi, inşaat sektöründe CO<sub>2</sub> azaltımı ve karbon tutumu için pilot bir uygulamadır. Enerji verimli binalar için sürdürülebilir bir enerji tasarımıyla, kendi kabuğundan enerji üretebilir, saklayabilir ve kendisi kullanabilir. Kendi cephesi tarafından üretilmiş alg biyokütlelerini kullanarak enerji üretebilir(Şekil 10).



Şekil 10. BIQ Binası<sup>[32]</sup>.

Ayrıca, cephe, güneş termal ünitesinde olduğu gibi, algler tarafından kullanılmayan ışığı emerek ve ısı üreterek enerji toplar, bu daha sonra doğrudan sıcak su veya ısıtma için kullanılır. Ek olarak, cepheler ayrıca binanın ses, sıcaklık ve soğuktan izole edilmesinde geleneksel amaçlara hizmet ederken, gölgelendirmeyi de sağlar. Alglerin karbonla yakalanma özelliği sayesinde, bina aynı zamanda karbon salınımlarını depolar ve bu sayede atmosferde onları temizler<sup>[32]</sup>. Proje, kentsel gelişimde yenilikçi enerji üretimi ve hava kirliliğinin azaltılmasının tesisini göstermektedir. Akıllı bir enerji çözümü kullanarak, gelecekteki kentsel ortamlar ve düşük karbon gelişimi için şehirlerin de uygun olduğunu gösterir.

### Torre De Especialidades Bina Kabuğu

Italcementi tarafından geliştirilen çimentodaki fotokatalitik TiO<sub>2</sub>, son birkaç yıldır duman yutma malzemesi olarak bilinmektedir. Malzeme, cephe ışıkla temas ettiğinde hava kirliliğini yakalar, sonra kirliliği atıl tuzlara dönüştürür ve böylece ortamdaki kirli hava seviyelerini azaltır. Bu yeni formülasyon dünyanın en kirli mega kentlerinden biri olan Mexico City'deki Manuel Gea Gonzalez Hastanesi binasının kabuk tasarımında uygulanmıştır(Şekil 11)



Şekil 11. Torre de Especialidades Hastane ek binası<sup>[33]</sup>.

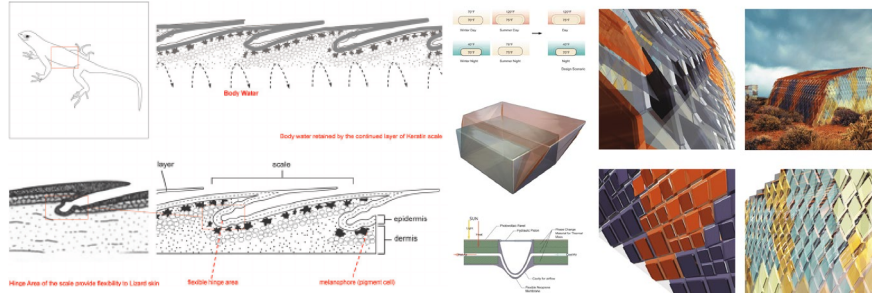
2500 m<sup>2</sup> cephesi, Berlin merkezli mimarlık firması Elegant Embellishments tarafından tasarlanmıştır. Bina, "proSolve370e" adında yeni bir çini türünden oluşan bir cepheye sahip olup, döşemelerin düzensiz ve biyomimetik dokusu sünger ve mercanlara dayanan kuasikristal veya Penrose ızgarasıdır ve Rhino ile tasarlanmıştır.

Prosolve'in modülleri bir ABS-polikarbonat plastik levhadan üretilmiştir. Dış kabuğun her bir parçası birden fazla kabartmaya sahip olduğundan, kirletici parçacıklar çeşitli yönlerden yakalanabilir. Mimarlar, binanın hava kirliliğinin etkisini ortadan kaldırmaya çalıştığını ve hastanenin yakın çevresine biraz daha taze hava sağlayabileceğini ifade etmiştir<sup>[34]</sup>.



**S.C.A.L.E.S. (Smart, Continuous, Active, Layered, Environmental, System), (Akıllı, Sürekli, Aktif, Katmanlı, Çevre, Sistem)**

Yan lekeli kertenkelenin (*Uta stansburiana*) özelliklerinden ilham alan bir projedir. Güney Kaliforniya Mimarlık Enstitüsünde Ilaria Mazzoleni (2010, 2011) önderliğinde bir grup mimarlık öğrencisi tarafından hayvan biyolojisi analiz edilmiştir. Kertenkelenin çöl iklimi için davranışlarını taklit eden ve cildinin fizyolojik özelliklerini kullanan yapı kabuğu tasarlanmıştır (Şekil12).



Şekil 12. Kertenkele ve S.C.A.L.E.S. Projesi, [35].

Yapının sahası, Palm Springs, California'dadır kertenkele cildinin fizyolojik görünüşü yapının duvarlarını tasarlamada bilgi verir. Kertenkelenin davranışsal yönleri binanın "akıllı" güneş izleme sistemine çevrilir ve hidrolik sistem tarafından çalıştırılır [36].Kertenkelenin çeşitli özelliklere sahip pulları sürekli bir yüzeye bağlantılıdır. Tasarlanan binada kullanılan örtüde, bu özellikten yararlanılarak yönünde ve boyutlarında değişiklik yapabilen özel fotovoltaik paneller kullanılmıştır[36].Böylece kullanıcının konfor ihtiyacına yönelik ısı düzenleme sağlanır.

**ARAŞTIRMA BULGULARI**

İncelenen üç proje örneği; a) Biyomimetik olarak hangi canlı organizmadan, b) Biyomimesisin hangi seviyesinde nasıl bir yaklaşımla esinlendiği, c) Esinlenen yöntemin işlevi, bunun sürdürülebilirlik açısından yapı kabuğu tasarımında nasıl bir çözüm ürettiği, kriterleri doğrultusunda karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Biomimesisin yapı kabuğu tasarımındaki uygulamaları

	BIQ BİNASI	TORRE DE ESPECIALIDADES	S.C.A.L.E.S
<b>Örnek çalışma</b>			
<b>Organizma</b>	Alg	Sünger ve Mercan	Kertenkele
<b>Biyomimikri Yaklaşımı</b>	Biyolojiden tasarıma yönelik yaklaşım	Tasarımdan biyolojiye yönelik yaklaşım	Biyolojiden tasarıma yönelik yaklaşım
<b>Biyomimikri Seviyesi</b>	Organizma ve davranış	Organizma	Organizma ve davranış
<b>Biyomimikri Kavramının İşlevleri</b>	Alglerin CO <sub>2</sub> emme ve biyokütle üretmesi, Yenilenebilir enerji üretme	Sünger ve mercanların morfolojik yapısı, emme yüzeyini artırır ve zararlı maddeler çeşitli yönlerden yakalanabilir.	Esnek, birbirine bağlı ölçekler Renkli ve dokulu deri ile ısı düzenleme Nem hasadı
<b>Biyomimikri Kavramı Sürdürülebilirliği Nasıl Etkiler</b>	Kentsel gelişimde yenilikçi enerji üretimi ve hava kirliliğinin azaltılmasını sağlar. Binalarda sürdürülebilir enerji tasarımıyla, kendi kabuğundan enerji üretebilir, saklayabilir ve kendisi kullanabilir.	Hava kirliliğinin etkisini ortadan kaldıracak ve Her gün 8.750 otomobil tarafından üretilen kimyasalları nötralize edebilir. Enerji tasarrufu sağlar.	Davranışsal yönleri binanın "akıllı" güneş izleme sistemi hidrolik sistem tarafından çalıştırılır. Kabuk fotovoltaik panellerden oluşmaktadır. Termal düzenleme kabuk sayesinde yönetilir.



<b>Cephe İçin Çözümler</b>	Dinamik gölgeleme, ısı yalıtımı ve ses azaltma, enerji amaçlı yüksek kaliteli biyokütle üretir, doğal günışığı olarak kullanılabilir.	Kabuk binanın içinde gölgeler üreterek, serin kalmasına yardımcı olur. Dinamik yapısıyla estetik bir görünüm sunar.	Akıllı güneş takip sistemi Renkli ve dokulu kabuk Su düzenleyen kabuk
----------------------------	---	---	---

Yapılan literatür taraması ve çıkarılan tabloya göre şu sonuçlara varılmıştır;

- Yapı kabuğu esinlendiği doğal organizmadan ilham alarak gölgelendirme, ısı ve ses yalıtımını sağlar ve kendi enerjisini üretebilir.
- Hava kirliliğini önleyerek de kentsel sürdürülebilirliğe katkı sağlar.
- Atık su yönetimi ve su tasarrufunda etkili yöntemler sunar.
- Görsel etki olarak doğayla uyumlu estetik bir görünüm sağlar.
- Bulunduğu çevrede çeşitli koşullara karşı farklı tekniklerle uyum sağlayabilen yapı kabuğu çevresi ile bütünleşebilir, bu da sürdürülebilirliği hakkında bilgi verir.

## DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Günümüzde bazı yapılarda görebiliyoruz olsak da, gelecekteki yapı kabuğu tasarımlarının doğal ciltlerin özelliklerine sahip olması amaçlanmaktadır. Mimar, mimari bir nesne ya da yapı kabuğu oluştururken doğa yasalarını, biyomimesis ilkelerini en özelden en genel seviyeye kadar yorumlayabilmelidir. Biyomimesiste, biyolojik bilginin, tasarımda yararlı diğer disiplinlerin bilgi alışverişinde mimarın inşaat mühendisliği, biyoloji, fizik, kimya, klimatoloji, fizyoloji, ekoloji, bilgisayar mühendisliği ve yapay zeka gibi çeşitli disiplinlerle işbirliği yapmasını gerektirir. Bu sayede yenilikçi, sürdürülebilir çözümler üretilir. Sonuç olarak; temeli doğa olan biyomimetik bir yaklaşım, mimarlara yapı kabuğu tasarımlarında, çok yönlü yenilikçi fikirler üretmesinde, günümüzde ve gelecekte ortaya çıkabilecek sorunlara karşı sürdürülebilir çözümler sunması noktasında çok önemli bir yere sahiptir. Sonuç olarak biyomimetik çözümlerin kullanıldığı örnek yapılar şunu gösterir; temeli doğa olan biyomimetik bir yaklaşımın, mimarlara yapı kabuğu tasarımlarında, çok yönlü yenilikçi fikirler üretmesinde, günümüzde ve gelecekte ortaya çıkabilecek sorunlara karşı sürdürülebilir çözümler sunması noktasında çok önemli bir kaynaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] Beyaztaş, H.S., 2012, Mimari tasarımda ekolojik bağlamda biçim ve doğa ilişkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 33-38.
- [2] Senosian, J., 2003. *Bio-Architecture*, Oxford, Amsterdam.
- [3] Selçuk, S., A., ve Sorguç, A., G., 2007, Mimari Tasarım Paradigmasında Biomimesis'in Etkisi, <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/75609>, Erişim tarihi: 21.12.2018.
- [4] Antoniadis, A. C., 1992, *Metaphors in Poetics of Architecture*, Van Nostrand Reinhold NY, 29-49.
- [5] Yeşilyurt, E., 2008, Biyoloji temelli bilimsel kuramlar ile mimari tasarım ilişkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 53-55.
- [6] Delanda, M., 2005, "Intensive science and virtual philosophy", Continuum, New York.
- [7] Benyus, J., 1997. *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. HarperCollins Publishers Inc.
- [8] Güler, B., 2000. Mimari-Doğa İlişkisi ve Doğayla Uyumlu Mimari Tasarım Yaklaşımları Üzerine Bir İnceleme, *İTÜ, Y. Lisans Tezi*, İstanbul.
- [9] Selçuk, S., ve Sorguç, A., 2004. Similarities in Structures in Nature and Man-Made Structures: Biomimesis in Architecture", 2nd International Design and Nature Conference Comparing Design in Nature with Science and Engineering, Rodos, 45-54, 28-30.
- [10] Biomimicry Guild, 2007, *Innovation Inspired by Nature Work Book*, April.
- [11] Dunster, A.M., 1997, *Naturally Innovative: Using Biomimetics in Construction*.
- [12] Şekil 1, <https://www.designanduniverse.com/articles/lotusan.php>, Erişim tarihi: 09.01.2019.
- [13] Vincent, J. F. V., Bogatyrev, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A. & Pahl, A.-K., 2006, Biomimetics - its practice and theory, *Journal of the Royal Society Interface*.
- [14] Şekil 2, <http://breakthroughmechans.blogspot.com/2017/>, Erişim tarihi: 09.01.2019.

- [15] Zari, M. P., 2007, Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability, Transforming Our Built Environment: New Zealand Sustainable Building Conference, Auckland. Erişim Tarihi: 28.12.2018. <http://www.cmnzl.co.nz/assets/sm/2256/61/033-PEDERSENZARI.pdf>
- [16] Şekil 3, Namibya Üniversitesi Hidroloji Merkezi ( <https://asknature.org/strategy/water-vapor-harvesting/>), Erişim tarihi: 15.01.2019.
- [17] Şekil 4, <https://inhabitat.com/building-modelled-on-termites-eastgate-centre-in-zimbabwe/>, <https://inhabitat.com/building-modelled-on-termites-eastgate-centre-in-zimbabwe/>, Erişim tarihi: 15.01.2019.
- [18]Şekil 4, <https://biomimicron.wordpress.com/2012/12/13/biomythology-eastgate-gate-2-or-how-the-eastgate-centre-harare-is-not-like-a-termite-mound/>, Erişim tarihi: 17.01.2019.
- [19]Şekil 5, <https://prosperportland.us/wp-content/uploads/2016/07/Lloyd-Crossing-Plan.Pdf>, Erişim tarihi: 15.01.2019.
- [20] Eggermont M., 2007, Biomimetics as problem-solving, creativity and innovation tool. Schulich School of Engineering, University of Calgary.
- [21] Şekil 6, <https://medium.com/@ryan.guerrero/examining-the-crystal-palace-and-other-cultural-artifacts-of-the-worlds-fairs-c6849c8f09d>, Erişim tarihi: 15.01.2019.
- [22] Şekil 7, <https://blog.prontotour.com/gaudinin-hayal-dunyasi-esliginde-barselona-gezisi/>, Erişim tarihi: 12.01.2019.
- [23] Kronenburg, R., 2001, Spirit of the Machine: Technology as an inspiration in architectural design.
- [24] Şekil 8, <https://www.arkitektuel.com/munih-olimpiyat-stadyumu/>, Erişim tarihi: 19.01.2019.
- [25] Bozkurt, C., 2010, Kinetik sistemlerle çalışan, biyomimetik bir kentsel donatı tasarımı – Urbancot, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 7-11.
- [26] Şekil 9, <http://www.galinsky.com/buildings/milwaukeeart/index.htm>, Erişim tarihi: 13.01.2019.
- [27] Mazzoleni, 2013, I. Architecture Follows Nature-Biomimetic Principles For Innovative Design (Vol. 2). CRC Press.
- [28] Dinur, B., 2004, Interweaving Architecture and Ecology–A Theoretical Perspective. In Proceedings of the 6th International Conference of the European Academy of Design, op. cit.
- [29] Mahmoud, E., 2010, Biomimicry: A New Approach to Enhance the Efficiency of Natural Ventilation Systems in Hot Climate, International Seminar Arquitectonics Network, Architecture and Research, Barcelona.
- [30] Koch, K., Bhushan, B., and Barthlott, W., 2009, Multifunctional Surface Structures of Plants. An Inspiration for Biomimetics. Philosophical Transactions of the Royal Society.
- [31] Yeler, G., Yeler, S., 2017, Kirklareli University Journal of Engineering and Science 3, 142-165
- [32]Şekil 10, [https://pocacito.eu/sites/default/files/BIQhouse\\_Hamburg.pdf](https://pocacito.eu/sites/default/files/BIQhouse_Hamburg.pdf), Erişim tarihi: 15.01.2019.
- [33]Şekil 11, <https://inhabitat.com/mexico-citys-manuel-gea-gonzalez-hospital-has-an-ornate-double-skin-that-filters-air-pollution/prosolve-torre-de-especialidades2/>, Erişim tarihi: 20.12.2018.
- [34]<https://www.medicaldaily.com/mexico-city-hospital-eats-pollution-torre-de-especialidades-features-innovate-facade-tiling-265942>, Erişim tarihi: 27.01.2019.
- [35]Şekil 12, Mazzoleni,I.,2010, Biomimetic Envelopes, [https://www.researchgate.net/publication/307648464\\_Biomimetic\\_Envelopes](https://www.researchgate.net/publication/307648464_Biomimetic_Envelopes), Erişim Tarihi: 18.12.2018.
- [36] Özdemir, E. E., Cengizoğlu, F. P., 2016, Çatı ve Cephe Sistemlerinde Görsel Etki 8. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu ,Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fındıklı- İstanbul.