



T.C.
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

SÜRDÜRÜLEBİLİR VE EKOLOJİK TASARIM BAĞLAMINDA
PEYZAJ MİMARLIĞINDA BİYOMİMİKRİ KULLANIMINA
YÖNELİK TEORİK BİR YAKLAŞIM

(Yüksek Lisans Tezi)

Rayan ALİ

Danışman
Doç. Dr. Deryanur DİNÇER

RİZE
2024

KABUL VE ONAY

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalında, Doç. Dr. Deryanur DİNÇER danışmanlığında, Rayan ALİ tarafından hazırlanan *Sürdürülebilir ve Ekolojik Tasarım Bağlamında Peyzaj Mimarlığında Biyomimikri Kullanımına Yönelik Teorik Bir Yaklaşım* adlı bu tez çalışması, 30/07/2024 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliğiyle/oy çokluğuyla başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Ünvanı, Adı SOYADI	İmza
Başkan	: Doç. Dr. Deryanur DİNÇER	
Üye	: Doç. Dr. Yasin DÖNMEZ	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Fatih BEKİRYAZICI	

ETİK BEYAN

Peyzaj Mimarlığı Tezli Yüksek Lisans Programından mezun olmak üzere teslim ettiğim “Sürdürülebilir ve Ekolojik Tasarım Bağlamında Peyzaj Mimarlığında Biyomimikri Kullanımına Yönelik Teorik Bir Yaklaşım” adlı tezim, bilim ve araştırma etiği prensiplerine riayet edilerek tarafımdan yazılmıştır.

Tez çalışmamda, başka kaynaklardan aktarılan bütün bilgi ve alıntılar, Enstitünüz Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak açıkça gösterilmiştir. Kaynağı gösterilenler dışında kalan bütün bilgiler uygun araştırma yöntemi kullanılarak tarafımdan edinilmiş ve esere bu şekilde yansıtılmıştır. Şahsıma ait olmayan hiçbir bilgi, kasıt veya kusurlar, şahsıma aitmiş gibi gösterilmemiştir. İnternet kaynakları dâhil, sahibine / kaynağına atıf yapılmaksızın hiçbir bilgi kullanılmamıştır. Aksinin ortaya çıkması halinde doğacak bütün hukuki, idari, akademik ve etik sorumluluk tarafıma ait olacaktır. Eserin tesliminden sonra herhangi bir zamanda, bilim etiğine aykırılık tespit edilmesi ve / veya eserimle ilgili intihal veya intihal şeklinde anlaşılabilecek bir durumun ortaya çıkması halinde; Üniversiteniz ve eğitim kadronuzun hiçbir şekilde sorumlu tutulmayacağını hür irademle kabul, beyan ve taahhüt ederim.

30/07/2024

Rayan ALİ

ÖN SÖZ

Sürdürülebilir ve Ekolojik Tasarım Bağlamında Peyzaj Mimarlığında Biyomimikri Kullanımına Yönelik Teorik Bir Yaklaşım konulu araştırma RTEÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek Lisans sürecinin başından sonuna kadar düşüncelerime içinden inanarak tüm aşamalarında her türlü yardım ve desteklerini esirgemeyen, pes ettiğimde yüreklediren, güvenini, sevgisini her zaman hissettiren değerli Doç. Dr. Deryanur DİNÇER danışman hocama teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca uzaktan da olsa her daim yanımda olan, her türlü fedakârlığı gösteren Anne ve Babama, uluslararası öğrencilik macerasında sayesinde güvenli adımları birlikte attığım, zorlukları beraber aştığım, bana her zaman ilgiyle yaklaşan ablam ve kardeşime minnettarım.

Yolumu azimle yürümemde en içtenlikle destek olan, sevecen kalbiyle hep yanımda olan sevgili Yasemin hocama teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca Karadeniz Teknik Üniversitesi, Dijital Dönüşüm Ofisi Öğr. Gör. Ahmet Ayaz ve Yönetim Bilişim Sistemleri bölümü Arş.Gör Beyza Güdek hocalarıma bibliyometrik analiz konusunda önemli katkı ve destekleri için teşekkür ederim.

Rayan ALİ

Rize/2024

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	I
ETİK BEYAN.....	II
ÖN SÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET	VI
ABSTRACT.....	VII
KISALTMALAR.....	VIII
TABLolar LİSTESİ.....	IX
ŞEKİLLER LİSTESİ	X
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER	4
1.1. Doğadan Öykünme: Tarihsel Bakış	4
1.2. Biyomimikri: Doğadan İlham Alan İnovasyon.....	10
1.2.1. Biyomimikrinin Tanımı.....	10
1.2.2. Biyomimikri İle Karıştırılan Kavramlar	12
1.2.3. Biyomimikri Uygulamasının Temelleri	17
1.2.3.1. Biyomimikrinin Tasarım Yaklaşımları.....	22
1.2.3.2. Biyomimikri Tasarım Spirali	24
1.2.3.3. Biyomimikri Seviyeleri	27
1.2.3.4. Biyomimetik Tasarım Örnekleri.....	28
1.3. Ekoloji ve Sürdürülebilirlik Bağlamında Biyomimikri.....	35
1.4. Peyzaj Mimarlığının, Doğa, Ekoloji Ve Sürdürülebilirlik İle İlişkisi	38
1.5. Bibliyometrik Analiz.....	44
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	45
2.1. Materyal	45
2.2. Yöntem.....	45
2.2.1. Veri Tabanı Seçimi.....	47
2.2.2. Yazılım Seçimi	47
2.2.3. Araştırma Kriterlerinin Belirlenmesi.....	48
2.2.3.1. Sınırlılıklar.....	48

2.2.4. Verinin Toplanması, Analizi Ve Görselleştirilmesi	49
3. BULGULAR.....	51
3.1. Scopus Veri Tabanında Belge Sayılarına Ait Bulgular.....	51
3.1.1. Biyomimikri'ye Ait Bibliometrik Analize Yönelik Bulgular	54
3.1.1.1. Scopus Veri Tabanında Ulaşılan Belgelere Ait Genel Bulgular	54
3.1.1.2. Biyomimikri Konusunda Yayın Yapan dergilere Ait Bulgular.....	57
3.1.1.3. Biyomimikri Konusunda Yayın Yapan Yazarlar, Kurumları Ve Ülkelerine Ait Bulgular	59
3.1.1.4. Biyomimikri İle İlgili Yapılan Bilimsel Literatürlere Ait Bulgular	68
3.1.1.5. Biyomimikrinin Kavramsal Entelektüel Ve Sosyal Yapı Açısında Değerlendirilmesine Yönelik Ait Bulgular.....	76
3.1.2. Biyomimikri, Tasarım, Sürdürülebilirlik Ve Ekolojik Tasarım'a Ait Bibliometrik Analize Yönelik Bulgular	81
3.1.2.1. Biyomimikri, Tasarım, Sürdürülebilirlik Ve Ekolojik Tasarım'a Ait Genel Bulgular.....	81
3.1.2.2. Biyomimikri, Tasarım, Sürdürülebilirlik Ve Ekolojik Tasarım Konusunda Yayın Yapan Dergilere Ait Bulgular	83
3.1.2.3. Biyomimikri, Tasarım, Sürdürülebilirlik Ve Ekolojik Tasarım Konusunda Yayın Yapan Yazarlar, Kurumları Ve Ülkelerine Ait Bulgular.....	84
3.1.2.4. Biyomimikri, Tasarım, Sürdürülebilirlik Ve Ekolojik Tasarım Konusunda Bilimsel Literatürlere Ait Bulgular	91
3.1.2.5. Biyomimikri, Tasarım, Sürdürülebilirlik Ve Ekolojik Tasarım Konusunun entelektüel ve sosyal yapı açısından değerlendirilmesine Ait Bulgular	94
3.1.3. Peyzaj Mimarlığında Sürdürülebilir Ve/Veya Ekolojik Tasarım Bağlamında Biyomimikriye Ait Literatürlere İlişkin Bulgular	97
4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	98
4.1. Öneriler	106
KAYNAKÇA.....	108

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Anabilim Dalı : Peyzaj Mimarlığı
Tez Türü : Yüksek Lisans Tezi
Danışman : Doç. Dr. Deryanur DİNÇER
Hazırlayan : Rayan Ali
Yıl : 2024
Sayfa Sayısı : 122

ÖZET

SÜRDÜRÜLEBİLİR VE EKOLOJİK TASARIM BAĞLAMINDA PEYZAJ MİMARLIĞINDA BİYOMİMİKRI KULLANIMINA YÖNELİK TEORİK BİR YAKLAŞIM

Dünya genelinde insanların refahı ve konforu için sürekli gelişen teknoloji, aynı zamanda insanlık için en büyük tehdit olan çevre sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Günümüzde artarak büyüyen bu tehdit karşısında insanlar yine doğaya yönelmiş ve doğayı taklit eden tasarımlar geliştirmeye başlamışlardır. Doğadan öykünme pratiği olan *Biyomimikri*, doğanın sürdürülebilir ve ekolojik sırlarını tasarımlara yansıtırma yöntemini kapsamaktadır. Hem doğal yaşamı hem de insan konforunu göz önünde bulunduran, insan yapımı mimari mekânları ve doğayı tasarımlarında bir araya getiren *Peyzaj Mimarlığı* biyomimikri ile doğrudan ilişkilidir. Buradan hareketle kurgulanan bu çalışmada, hem biyomimikri, hem de biyomimikri ile peyzaj mimarlığının sürdürülebilir ve ekolojik tasarım anlayışı arasındaki ilişkiye niceliksel olarak netlik kazandırmak ve böylece konuyla ilgili farkındalık oluşturma yanında, bu konuda çalışacak araştırmacılara ışık tutmak hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda Scopus veri tabanında aşamalı taramalar yapıldıktan sonra seçilen veri setlerine yönelik bibliyometrik analiz gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın sonucunda, *biyomimikri* için de olduğu gibi *sürdürülebilir ve/veya ekolojik tasarım bağlamında biyomimikri* ile ilgili yapılan bilimsel çalışmaların yoğunluğu, en etkili yazarların kimler olduğu, en etkili yayınlar, en fazla kullanılan anahtar kelimeleri hangileridir vb. konuları içeren mevcut durum belirlenmiş ve *peyzaj mimarlığında sürdürülebilir ve/veya ekolojik tasarım bağlamında biyomimikrinin* kullanım durumu ortaya koyulmuştur. Elde edilen sonuca göre *biyomimikri* ile ilişkili 1634 adet, *biyomimikri ile sürdürülebilir ve ekolojik tasarım* ile ilişkili 210 adet ve *peyzaj mimarlığının olduğu biyomimikri, sürdürülebilir ve ekolojik tasarım* ile ilişkili sadece 3 adet belgeye ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyomimikri, Peyzaj Mimarlığı, Tasarım, Sürdürülebilirlik, Ekoloji, Bibliyometrik Analiz

Recep Tayyip Erdogan University Institute of Graduate Studies

Department : Landscape Architecture

Thesis Type : Master's Thesis

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Deryanur DİNÇER

Author : Rayan ALİ

Year : 2024

Pages : 122

ABSTRACT

A THEORETICAL APPROACH TO THE USE OF BIOMIMICRY IN LANDSCAPE ARCHITECTURE IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE AND ECOLOGICAL DESIGN

The continuous advancements in technology for the welfare and comfort of people worldwide have also brought along environmental problems, which are considered the greatest threat to humanity. Thus, in the face of this growing threat, people have been involved in multiple essays trying to find definitive solutions. Although, it seems that they have finally found the way back to nature by giving start to develop designs that mimic it. *Biomimicry*, known as the practice of emulating nature, includes the process of imitating sustainable and ecological secrets of nature in human-made designs. Hence, the discipline of *Landscape Architecture* which plays a bridging role integrating human-made architectural spaces with nature is directly related to biomimicry by taking into account both natural life and human comfort in its designs. In this study, beside raising awareness on biomimicry and its relationship with landscape architecture in the context of sustainable and ecological design approach, it is aimed to quantitatively clarify the status of academic studies related to these topics and provide guidance for researchers who will work in this field. For this purpose, bibliometric analyses were performed on data sets selected after progressive searches made in the Scopus database.

The results of the study revealed that there are 1634 documents related to *biomimicry*, 210 documents related to *biomimicry and sustainable and/or ecological design*, and only 3 documents related to *biomimicry, sustainable and ecological design, and Landscape Architecture*. Besides this, findings on these bibliometrically analyzed collections such as the current status concerning the intensity of researches, the most influential authors, the most impactful publications, the most frequently used keywords, and other relevant topics has been presented.

Keywords: Biomimicry, Landscape Architecture, Design, Sustainability, Ecology, Bibliometric Analysis

KISALTMALAR

ABC	:	American Bird Concervancy/Amerikan Kuş Koruma Derneği
ABD	:	Amerikan Birleşik Devletleri
bk.	:	Bakınız
c.	:	Cilt
çev.	:	Çeviren
drl.	:	Derleyen
ed.	:	Editör
H	:	Hicri
I	:	Issue
MCP	:	Multiple Conutry Publication/Çok Ülkeli Yayın
No.	:	Numara
s.	:	Sayfa
SCP	:	Single Conutry Publication/Tek Ülkeli Yayın
ss.	:	Sayfadan sayfaya/sayfalar
UV	:	Ultraviyole veya Morötesi
vb.	:	Ve benzeri, ve benzerleri, ve bunun gibi
vd.	:	Ve diğerleri
vol	:	Volume
vs.	:	Vesaire

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1. Doğanın İlkeleri (BioLeran)	20
Tablo 2. Biyomimikrinin Yaşam Prensipleri (Oguntona ver ark, 2016, Sandzen, 2015; Baumeister vd., 2014)	22
Tablo 3. Biyomimikri tasarım yaklaşımlarının literatürlerdeki adlandırmaları.	23
Tablo 4. Scopus veri tabanında Biyomimikri tarama alanının Tasarım, Sürdürülebilirlik, Ekoloji, Peyzaj Mimarlığı ve eşdeğer anahtar kelimeleriyle özelleştirilmesine yönelik yapılan tarama sonuçları	53
Tablo 5. 1634 belgenin verisine ilişkin genel bilgiler.....	55
Tablo 6. Sorumlu yazarların ülkelerine göre belge sayısı, SCP ve MCP değerleri ..	64
Tablo 7. Biyomimikri ile ilgili ülkelerin bilimsel üretkenliği.....	65
Tablo 8. 1634 belgenin verisine göre en çok yerel atıfta bulunulan 10 referans	70
Tablo 9. 1634 belgenin analizinde eşdeğer olarak değerlendirilen terim grupları....	72
Tablo 10. 1634 belgeye ait yazar anahtar kelimeleri (Author keywords) ve belge başlıkları (Title) içinde en sık kullanılan kelimeler ve sıklıkları	72
Tablo 11. 210 belgenin verisine ilişkin genel bilgiler.....	81
Tablo 12. 210 belgenin sorumlu yazarlarının ülkelerine göre toplam belge sayısı, Tek-ülkeli (SCP) ve Çok-ülkeli (MCP) belge sayısı, frekans ve MCP-oran.....	87
Tablo 13. 210 belgenin verisine göre ülkelerin konu ile ilgili bilimsel üretkenliği..	89
Tablo 14. 210 belgenin verisine göre global olarak en çok atıfta bulunulan belgeler.	92
Tablo 15. 210 belgenin verisine göre yerel olarak en çok atıfta bulunulan belgeler.	92
Tablo 16. 210 belgenin verisine göre yerel olarak en çok atıfta bulunulan referanslar.	93

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Leonardo Da vinci çizim çalışmaları (Da Vinci, 1505)	6
Şekil 2. İbn Al-Haytham'ın Optik kitabındaki görme sisteminin şeması (McQuaid, 2019).	7
Şekil 3. Camera obscura prensibinin çizimi (1671) ve Camera Obscura aracılığıyla bir dış mekân sahnesini izleyen çocuklar (1887) (Britannica, 2014).	8
Şekil 4. Cırt-cırt (Velcro) Bandı (URL-4)	9
Şekil 5. Kıyafet üstüne yapışan Dulavrat otu (URL-5)	9
Şekil 6. Kubbenin modern çizimi (Dean, 2021)	9
Şekil 7. Santa Maria del Fiore Katedrali (URL-6)	9
Şekil 8. Biyo-İlham ve ona bağlantılı kavramların sınır haritası (Fayemi vd., 2014).	14
Şekil 9. Biyomimikri, biyomorfizm ve biyokullanım (URL-8)	16
Şekil 10. Biyomimikrinin Temel Unsurları, Biomimicry 3.8 (2015) kaynağından uyarlanmış olup CC-BY-SA lisanslıdır.	17
Şekil 11. Model, ölçüt ve akıl hocası olarak doğa, Benyus, 1997/2022 kaynağından uyarlanmıştır.	19
Şekil 12. Biyomimikrinin Yaşam Prensipleri, Biomimicry 3.8 (2015) BY-NC-ND lisanslıdır.	21
Şekil 13. Biyomimikri tasarım yaklaşımlarının aşamaları (Othmani vd., 2022; Aziz vd., 2015).	24
Şekil 14. Biyomimikri tasarım spirali (Biomimicry Institute, 2017).	25
Şekil 15. Cama çarpan kuş (URL-10)	28
Şekil 16. Doğa manzarasının cam yüzeye yansması (ABC)	28
Şekil 17. Örümcek ağı (Biomimicry Institute,2006)	29
Şekil 18. UV ışığında örümcek ağı (Zenhui, 2013).	29
Şekil 19. Biyometrik kuş dostu cam Örneği (URL-8)	30
Şekil 20. Entropy Karo Halılar (Interface)	31
Şekil 21. Kendi kendini temizleme mekanizması (Barthlott vd., 1997)	32
Şekil 22. N.nucifera süperhidrofobik yüzey mikro yapısı (Barthlott vd., 1997; Thielicke,2017)	33

Şekil 23. N. nucifera yaprağının üstündeki su damlacıkları (Angel, 2019)	33
Şekil 24. Sto Corp boya kullanımı öncesi ve sonrası (Biomimicry Institute, 2010) .	34
Şekil 25. Termit böceği höyüğün kendi kendini soğutma sistemi (Ison, 2021; Sustainability Illustrated, 2020)	34
Şekil 26. Pasif soğutma sistemini gösteren Eastgate binasını kesiti (Pearce, 2016) .	35
Şekil 27. Çalışmada uygulanan yöntemin şeması	46
Şekil 28. Scopus veri tabanındaki belge sayısına göre alan sınır haritası	54
Şekil 29. 1634 belgenin verisine göre yıllık bilimsel üretim.....	56
Şekil 30. Anahtar Kelime (DE), Atıf yapılan referans (CR) ve Yazar (AU)’lara ilişkin Üç-alanlı grafiği.	56
Şekil 31. Yazar (AU), Yazar ülkesi (AU-CO) ve Dergi (SO)’lere ilişkin Üç-alanlı grafiği	57
Şekil 32. Biyomimikri ile ilgili yayın yapan en ilgili 10 dergi.....	58
Şekil 33. Biyomimikri ile ilgili ilk 10 derginin zaman içindeki belge üretimi.	58
Şekil 34. Belge sayısına göre biyomimikri ile en ilgili ilk 10 yazar	59
Şekil 35. Belge sayısı ve yıllık toplam atıfa göre en ilgili ilk 10 yazarın zaman içindeki üretimi	60
Şekil 36. Toplam atıf (TC) indeksine göre yerel olarak en etkili 10 yazar	60
Şekil 37. H-indeksine göre yerel olarak en etkili 10 yazar.....	61
Şekil 38. Biyomimikri ile en ilgili ilk 10 kurum	62
Şekil 39. En ilgili 10 kurumun zaman içindeki üretimi.....	62
Şekil 40. Sorumlu yazarların ülkelerine göre biyomimikri ile en ilgili ülkeler.....	63
Şekil 41. Biyomimikri ile ilgili ülkelerin bilimsel üretkenliği	65
Şekil 42. Ülkelerin Biyomimikri ile ilgili zaman içerisindeki bilimsel üretkenliği ..	66
Şekil 43. Türkiye’nin biyomimikri ile ilgili zaman içindeki üretkenliği.....	67
Şekil 44. Toplam atıf sayısına göre biyomimikri ile ilgili en çok atıf yapılan 20 ülke.	67
Şekil 45. Ortalama atıf sayısına göre biyomimikri ile ilgili en çok atıf yapılan 20 ülke.	68
Şekil 46. 1634 belgeden global olarak en çok atıf yapılan 10 belge	69
Şekil 47. 1634 belgeden en çok yerel atıfta bulunan 10 belge	70
Şekil 48. Yazar Anahtar kelimelerin kelime bulutu	73

Şekil 49. Belge başlıkların kelime bulutu.....	73
Şekil 50. Yazar anahtar kelimeleri için en çok kullanılan ilk 10 kelimenin zaman içindeki kullanım sıklığı.....	74
Şekil 51. Belge başlıkları içinde en çok kullanılan ilk 10 kelimenin zaman içindeki kullanım sıklığı	75
Şekil 52. Yazar anahtar kelimelerine göre zaman içindeki trend konular ve kullanım sıklıkları	76
Şekil 53. Yazarların anahtar kelimelerinin ko-okürans ağı (birlikte-kullanım ağı)...	77
Şekil 54. Yazarlara göre ortak-atıf ağı.....	78
Şekil 55. Belgelere göre ortak atıf ağı	78
Şekil 56. Yazarlar arası işbirlik ağı	79
Şekil 57. Ülkeler arası işbirlik ağı	80
Şekil 58. Kurumlar arası işbirlik ağı.....	80
Şekil 59. 210 belgenin verisine göre yıllık bilimsel üretim.....	82
Şekil 60. 210 belgenin verisine ilişkin üç-alanlı grafik	83
Şekil 61. 210 belgenin verisine göre konu ile en ilgili dergiler.....	83
Şekil 62. 210 belgenin verisine göre en ilgili dergilerin zaman içindeki üretimi.....	84
Şekil 63. 210 belgenin verisine göre konu ile en ilgili ilk 10 yazar.	85
Şekil 64. 210 belgenin verisine göre konu ile en ilgili ilk 10 kurum.	85
Şekil 65. 210 belgenin verisine göre en ilgili 10 kurumun zaman içindeki üretimi..	86
Şekil 66. 210 belgenin verisine göre sorumlu yazarların ülkeleri.	87
Şekil 67. 210 belgenin verisine göre ülkelerin konu ile ilgili bilimsel üretkenliği. ..	88
Şekil 68. 210 belgenin verisine göre ülkelerin zaman içindeki bilimsel üretkenliği. 89	
Şekil 69. 210 belgenin verisine göre Türkiye’nin konuyla ilişkili bilimsel üretimi..	90
Şekil 70. 210 belgenin verisine göre toplam atıf sayısına göre en çok atıfta bulunulan 15 ülke.....	90
Şekil 71. 210 belgenin verisine göre ortalama atıf sayısına göre en çok atıfta bulunulan 15 ülke.....	91
Şekil 72. 210 belgenin verisine göre yıllara içinde trend konular ve kullanım sıklığı	93
Şekil 73. 210 belgenin verisine göre yazarların ortak-atıf ağı.....	94
Şekil 74. 210 belgenin verisine göre belgelerin ortak atıf ağı	95

Şekil 75. 210 belgenin verisine göre ülkeler arası işbirlik ağı.....	95
Şekil 76. Ülkeler arası işbirlik haritası	96
Şekil 77. 210 belgenin verisine göre kurumlar arası işbirlik ağı	96



GİRİŞ

Son yıllarda dünyanın en önemli gündemlerden birisi olan iklim krizine karşı, önlem çağrıları her geçen gün artarken, dünya iklimindeki olumsuz değişimler de hız kesmeden devam etmektedir. Bu çağrılar kesin çözümlerle sonuçlanmasa da farkındalığın küresel biçim almasını sağlamıştır. Buna rağmen iklim değişikliği hızına çözüm arayışı için atılan *Yeşil* politikalar adı altında olan adımlar yetersiz kalmakta ve bu değişikliğin hızını kesememektedir (Sinn, 2016; Maizland, 2023; Ares vd., 2020). NASA/GIS 2023 kayıtlarına göre kayıtların tutulmaya başlandığı 1880 yılından bu yana dünyanın ortalama yüzey sıcaklığının en yüksek olduğu yıl 2023 yılı olup sıcaklığın en yüksek olduğu yıllar ise son on yıldır (NASA, 2023). Tüm dünya kalıcı çözüm bulma sürecinde yoğun çaba harcarken, birçok ucu olan problemlerde olduğu gibi şu an gelinen noktada bu problemin de sadece birkaç ucundan tutulabilmiştir. Dolayısıyla belki de kendisini “doğa bağımlısı” olarak tanımlayan, biyomimikri enstitüsü kurucusu ve inovasyon danışmanı Amerikalı biyolog, yazar, Janine Benyus’un (URL-1) ifade ettiği gibi asıl sorunun “*Cevapların elimizde olmaması değil, bulmak için doğru yere bakmıyoruz*” ifadesindeki gibi olup, çözüm arama yönteminin değişmesi gerektiğindedir.

Janine Benyus, 1997’de yazdığı *Biomimicry: Innovation Inspired By Nature* isimli kitabında bu durumun, tarım devrimiyle ihtiyacımız kadar yetiştirmeyi bırakıp “*kilerlerimizi doldurmayı*”, bilim devrimiyle “*sırları için doğayı işkence etmeyi*”, sanayi devrimiyle ise makinelerin insan gücünün yerini aldığını ve bunun sonucunda “*dünyayı sarmayı öğrendik*” ifadelerinde nasıl bu hale geldiğini özetlemiştir. Ayrıca doğanın kendi dengesini koruyan kurallarına göre, her canlının doğada eşit haklara sahip olduğunu belirtirken, bu kuralları yok sayıp tüm kaynaklara sahip olmaya kalkanın kendini geliştirmek isterken türünü yok etme yoluna gideceğini vurgulamıştır (Benyus, 1997/2022).

Sanayi devriminden beri insan faaliyetlerinde kullanılan başta olmak üzere fosil yakıtın yakılması küresel ısınmaya yol açan sera gaz seviyelerin artmasında baş sebeptir. 1950’lerden bu yana insan faaliyetlerinin bir sonucu olan mevcut ısınma eğilimi binlerce yıldır benzeri görülmemiş bir hızla ilerlemektedir (NASA, 2024). Hem üretirken hem tüketirken çok sayıda çevresel sürdürülebilirlik sorunuyla

karşılaşmaktayız. Doğada var olan dengeye göre ise, sadece üretime ya da sadece tüketime yönelik bir ekosistem olmadığı oldukça açık bir şekilde görülebilmektedir. İnsan varlığı hem üretim hem tüketim üzerine kurulu yaşam şartlarına dâhil olsa da uzun yıllardır eskimeyen dünyayı kısa sürede tüketerek, onu yok etmek için adımları hızlandırmaya devam etmektedir (Erzincan vd., 2021).

Problemlerin ana kaynağı doğanın uygun olanı, uyum içinde yaşayabileni, işe yarayanı ve kalıcı olanı göstermesine rağmen, insanın onu taklit etmemesi ve ondan ilham almamasıdır (Benyus 1997/2022). İçerisinde birçok karmaşıklığı barındıran Dünya'nın "*İnsandan-başka*" varlıklar için bir yer olduğu düşünülmemiştir. Dünyanın içindeki kaynakların, insan olmayan tür ve maddelerle paylaşılır ve sınırlı konumda olduğunun henüz farkına varılmamıştır (Wakkary, 2021).

Günümüz mühendislik, mimarlık ve tasarım gibi birçok meslek disiplini insanı merkezde görmekte ve neredeyse sadece ona hizmet etmektedir. İnsan merkeziliğin sonucu olarak tasarımda da ilke olarak değerlendirilen *İnsani-İlerleme*, insani olmayan her şeyin tüketilmesine, diğer türlerin devam eden yok oluşlarına ve ekolojik anlamda da iklim değişikliği gerçeğine sebep olmaktadır (Wakkary, 2021).

Tasarımın, inşa ettiği hayata sorumlu olması gerektiğini söyleyen Wakkary (2022) onun hem dünyamızı hem de insanın ne olduğunu şekillendirdiğini ifade etmiştir. Endüstriyel faaliyetlerden ortaya çıkan çevresel sorunları düzeltmek ve doğal sistemin bütünlüğüne zarar vermeden insanların ihtiyaçlarını karşılayan bir toplum yaratmak için 1980'li yıllarda tanımlanan *Sürdürülebilir Kalkınma*, tasarımda sürdürülebilirliği gündeme getirmiştir (Rainey, 2006; WCED 1987; Mensah, 2019; Bhamra vd., 2021). Bunun sonucunda tasarımda sürdürülebilir ve ekolojik kriterlere önem verme gerekliliği ön plana çıkmıştır (Bhamra vd., 2021). Böylece doğadan öykünme pratiği yoluyla doğanın sürdürülebilir çözüm yöntemleri arayışına girilmiştir (Erzincan vd., 2021).

Günümüzde bilimin geldiği noktada artık doğada ekosistemlerin bütününden en küçük parçalarına kadar yaşamın nasıl sürdürebildiğini ne biçimler aldığını ve ne şekilde işlev gördüğünü oldukça net görebilmekteyiz (Benyus, 1997/2022). Biyomimikri, doğayı okuyan, doğada gerçekleşen işlevleri inceleyen disiplindir. Bununla birlikte doğal formları, süreçleri ve ekosistemleri tespit eden daha sonra sürdürülebilir tasarımlar yaratmak için onları taklit eden bir yöntemdir (Baumeister

vd., 2014). Başka bir deyişle doğadan öykünme yoluyla problem çözmeye yönelik hem tasarım hem ekolojik disiplinleri içine alan bir keşif aracıdır (Sandzen, 2010; Benyus, 1997). Ekolojik ve sürdürülebilir tasarım, biyomimikrinin bir uzantısıdır (Çelikel vd., 2020). Açık bir ansiklopedi gibi olan doğa, içinde tecrübe sınavından geçmiş sayısız, mühendis, kimyacı, fizikçi vb. rolünü oynayabilen sayısız organizma, ekonomik topluluklar, uyum ve işbirliği içinde yaşayabilen ekosistemler barındırmaktadır (Baumeister vd., 2014). Pawlyn (2019)'a göre Buckminster Fuller'in amacı olan *“Mümkün olabilecek en kısa sürede, Dünya'nın kendi içerisinde gelişebilecek işbirliği yoluyla, çevreye zarar getirmeden ve kimseye dezavantaj oluşturmada onu insanlığın yüzde yüzü için çalışır hale getirmek”* doğayı bir deha olarak gören biyomimikri yoluyla gerçekleştirilir.

Bu çalışmada biyomimikrinin doğa, tasarım, sürdürülebilirlik ve ekoloji ile ilişkisine dikkat çekerek bu konularda çözüm arayışında olan peyzaj mimarlığı başta olmak üzere tüm tasarım alanları için farkındalık oluşturmak hedeflenmiştir. Bununla birlikte biyomimikriye, onun sürdürülebilir/ekolojik tasarım ile ilişkisine ve Peyzaj mimarlığında kullanımına yönelik niceliksel olarak netlik kazandırmak amaçlanmıştır. Bu doğrultuda bütünden parçaya aşamalı değerlendirmeler yapıp Scopus veri tabanından yararlanılarak birinci aşamada; *biyomimikri* (3.1.1. bk.), ikinci aşamada; *sürdürülebilir ve/veya ekolojik tasarım bağlamında biyomimikri* (3.1.2. bk.) için bibliyometrik analizler gerçekleştirilmiş ve *Peyzaj mimarlığında sürdürülebilir ve/veya ekolojik Tasarım bağlamında biyomimikrinin* (3.1.3. bk.) kullanımına yönelik mevcut durum incelenmiştir.

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Doğadan Öykünme: Tarihsel Bakış

İnsanoğlu varoluşundan bu yana doğaya ve diğer canlı organizmalara aidiyetlik, yakınlık ve duygusal bağlılık hissetmektedir (Kellert vd., 1993; Gaekwad vd., 2022). İnsan yaşamını sürdürmek için doğaya, diğer varlıklara muhtaç ve bağımlıdır. Varlığı boyunca problemlere karşı cevap aramak için doğaya başvurmuştur. Onu diğer canlı varlıklardan ayıran akıl, düşünme ve analiz etme kabiliyeti sayesinde doğadaki olayları, diğer canlı ve cansız varlıkları birçok yerde model almıştır (Keskindürk, 2010).

Günümüz kültüründe insan psikolojisi üzerine doğanın etkisi gözönüne ele alındığında yaygın olan düşünce doğanın şifacı olduğudur. Bu teori çağın psikolojik hastalıkları olan depresyon, stres, kaygı, dikkat bozukluğu vs. gibi hastalıkların tedavisinde doğanın etkisini gösteren çok sayıda araştırmalar bulunmaktadır (Jimenez vd., 2021; Barton, 2010; Jiricka-Pürner vd., 2019; Kruize vd., 2020; Lackey vd., 2019; Willis, 2015). İngiltere'deki Ruh Sağlığı Vakfı (Mental Health Foundation) 2021 yılı raporunda doğa'nın pek çok kişi için önemli bir ihtiyaç olduğunu, kişinin duygusal, psikolojik ve fiziksel olarak sağlıklı kalması için hayati önem taşıdığını vurgulamaktadır (Lombardo vd., 2021). Çocuklar üzerine yapılan çalışmalara göre doğaya temasın, çocukların dikkat, yaratıcılık ve problem çözme gibi üst bilişsel becerileriyle pozitif ilişkili olduğunu göstermektedir (Rivkin, 2000; Chawla, 2015; Wells, 200; Brussoni, 2017; Polat, 2021). Doğaya temas ve doğa temelli aktiviteler doğrudan öğrenme aracı olup hem çocuk hem yetişkinlerin öğrenimine ve gelişimine yardımcı olmaktadır (Polat, 2021).

“Düşünen bir organizma” olan İnsan, keşfetme, deneme-yanılma, düşünme ve geliştirme, karşılaştırma, iletişimi ise duyduğu seslerden ve gördüğü davranışlardan taklit ederek öğrenmek, insanın doğasında vardır (Bandura, 1971). Aristoteles'e göre insanlar doğayı ve diğer insanları taklit ederek öğrenir (Ökten, 2007; Yılmaz vd., 2019). Natüralist filozof olan Rousseau'ya göre doğa insan için gerçek bir eğitici, yol gösterici ve öğreticidir. (Rousseau, 2009; Öztürk, 2015).

Endülüslü düşünür, Tıpçı, Tabiatçı olan İbn'u Tufeyl (1106-1185) 1671 yılında Latince çevirisi Spinoza, Karl Marx, John Locke, Christiaan Huygens gibi pek çok

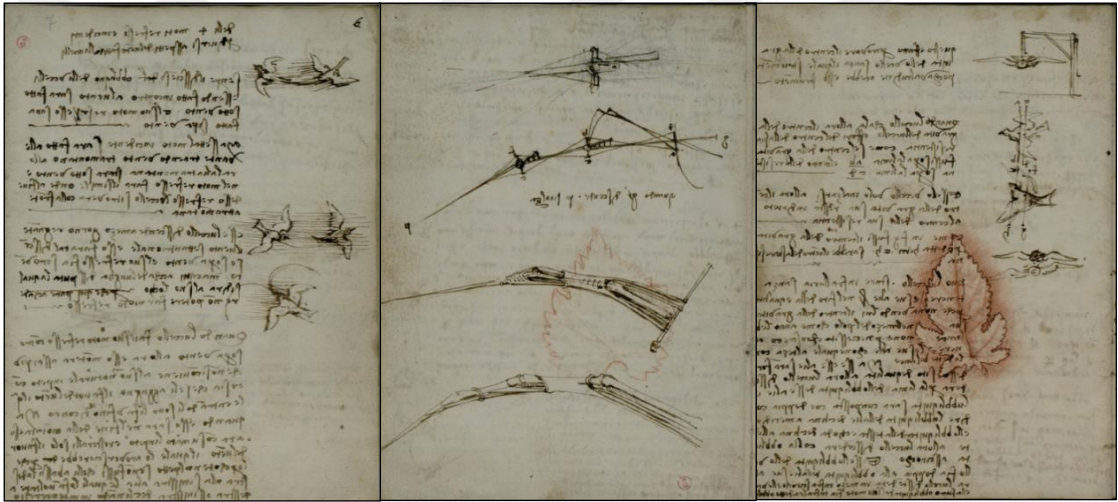
düşünürü etkilemiş olan, *Hayy Bin Yakzan* romanını bilimsel ve felsefi bir dille yazmıştır (Bayrakdar, 2013; Öztürk, 2015). Eserinde hakikatin peşinde olan bir insanın insanlığın bütün keşiflerinden habersiz kaldığında içinde yaşadığı doğayı gözlemleyerek, tabiatı keşfederek kendi kendini nasıl inşa edebildiği, kendi deneyimleriyle kendini nasıl eğitebildiği ve en üst bilgelik aşamasına nasıl kavuştuğunu aktarmaya çalışmıştır (İbn Tufeyl, 2009; Öztürk, 2015). Yazar, doğa ile uyum içinde yaşamının önemini vurgulayarak sürdürülebilir bir yaşam tarzı oluşturma yolunda önemli bir bakış açısı sunmuştur (Öztürk, 2015). Yazdığı felsefi bir masal olsa da okuyucuya insanın hakikati arayışında, yaşamını sürdürürken tüm duyularını kullanarak kâinatı, dünyayı, doğayı gözlemleyerek ve bilgilerini birleştirerek hakikati nasıl kavrayabileceğinin mesajını vermiştir. Ayrıca bilgi kaynağı olan çevreyi ve diğer varlıkları gözlemlemek insanın aydınlanmasına yol açtığı, insanın ilmini ilerletmek için doğanın ilham alınması gereken bir kaynak olduğu fikrini ortaya koymaktadır (İbn Tufeyl, 2009).

Günümüz modern insan için vazgeçilmez olan ve hayatını yeniden şekillendirmekte dönüm noktası rolünü oynayan uçak teknolojisi, doğadan ilham alınan en bariz icattır. Havacılık çalışmalarına ilişkin kayıtlara göre insanların yüzyıllardır kuşların uçuşunu incelemiş ve onlar gibi uçmayı denemişlerdir (ICAO; Shaw, 2021). Olası en eski gerçek deney ise 9. yüzyılda Endülüslü mucit Abbas İbn Firnas'ın (809/810-887) basit bir planör tasarlayıp bir uçurumdan atlaması, havada süzülmesi ve en az 10 dakika boyunca uçuşta kalmasıyla başlamıştır. Abbas-İbn Firnas, insan vücudunun ağırlığını havada taşıyabilen kuş-benzeri kanatlar icat ederek insanın havada uçabileceğini kanıtlamanın ilk adımlarını atmıştır (ICAO; Jamsari vd., 2013).

İbn Firnas kuşların uçuşunu gözlemleyerek ve uçuş tekniğini araştırarak, kuşun yapısından ilham alıp kanata benzer araç icat ederek ilk uçuş deneyimini kısa süreyle gerçekleştirmiştir (Maqqari vd., 1964). Tasarladığı uçan cihaz, insanı havada uçuran ilk insan yapımı nesne olduğundan havacılık çalışmaların öncüsü, havacılığın babası olarak adlandırılmış ve kendisi uçan ilk insan olarak tarihe geçmiştir (Hitti, 1964; Lear, 1961; Masood, 2009; White, 1961; Jamsari vd., 2013;).

Kuşun uçuşma şekli sadece İbn Firnas için bir referans noktası olmakla kalmamış, aynı zamanda günümüz modern havacılık endüstrisi için de bir ilham kaynağı olmuştur (Jamsari vd., 2013).

Firnas'tan 600 yıl sonra, Leonardo da Vinci 1505-6'da *Codice sul volo degli uccelli* (Kuşların uçuşuna ilişkin Kodeks) defterini yazmıştır (Şekil 1) (URL-2; Jamsari vd., 2013). Da Vinci'nin defter üzerine yaptığı çizimlerinde, uçuş mekanizması, yerçekimi, rüzgârın uçuş üzerindeki etkileri, tüylerin işlevi, kanat ve kuyruğun hareketi gibi çeşitli konuları analiz etmiştir. 37 sayfadan oluşan defterin büyük bir kısmında Leonardo'nun kuş uçuşu üzerine ayrıntılı notları ve yaptığı analizleri bulunmaktadır (URL-2; Da Vinci, 1505).



Şekil 1. Leonardo Da Vinci çizim çalışmaları (Da Vinci, 1505)

Leonardo da Vinci, kuş uçuşu üzerine ciddi bir çalışma yapmış ancak hiçbirini yapıya dönüştürmemiştir (White, 1961; Feldhaus, 1913). Fakat, 20. yüzyılın başlarında başarılı bir uçağın geliştirilmesinde yer bulacak bir dizi gözlem ve kavramın ana hatlarını çizmiştir (URL-2).

Bir diğer icat olan kamera, karmaşık bir optik sistemine sahip olan göze oldukça benzemektedir (URL-3). Demokritos, Platon, Aristoteles ve Ptolemy gibi antik Yunan filozofları gözün nesnelerinin renklerini görmesi ile ilgili teoriler geliştirmişlerdir. Bazıları gözün nesneye doğru ilettiği renk ışınlarını ve nesnenin kendi kendine onları yaydığını, gözün renk, şekil, boyut ve mesafe hakkında bilgi gönderen ışınlar ürettiğini düşünüyordu. Bazıları ise bu teoriyi gece vaktinde

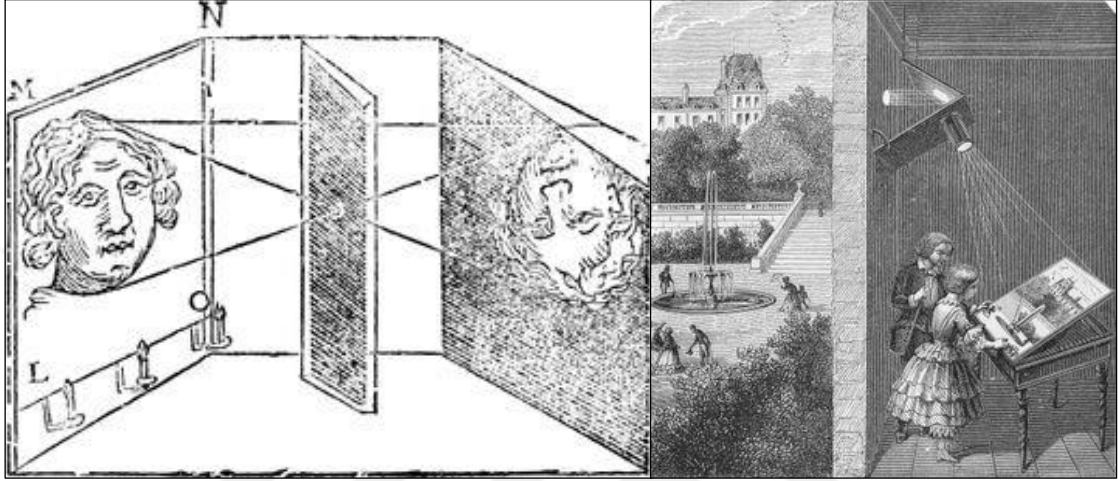
görememekten dolayı reddediyordu (Cianci, 2023, McQuaid, 2019). Optiğin Babası diye adlandırılan ve modern bilimsel yöntemin öncüsü olan İbn Al-Haytham, Fizik, matematik, mühendislik, astronomi, tıp, psikoloji, anatomi, görsel algı ve oftalmoloji üzerine birçok önemli kitap yazmış ve yeni bilimsel yöntem geliştirmiştir (Tbakhi, 2007; Bettany, 1995). Onun en çok tercüme edilen ve optik bilimini yeni bir temel üzerine kuran *Kitab Al Manazer* adındaki Optik kitabı olmuştur. Bu kitabı ışığın ve rengin özellikleri üzerine matematiksel ve deneysel bir çalışma olup yaptığı deney sonuçlarına dayalı olarak geliştirdiği yeni bir ışık ve yeni bir görme teorilerini açıklamıştır (Kuleli, 2015). İbn Al-Haytham gözün çeşitli kısımlarını ayrıntılı olarak tanımlamış, ayrıca görsel algının gözlerden çıkan ışınlarla değil, nesnelerden yansıyan ve göze gelen ışığın ışınlarıyla gerçekleştiği sonucuna varmıştır (Cianci, 2023; Tbakhi, 2007, Daneshfard vd.; 2014). Kendisi gözün çeşitli kısımlarını doğru bir şekilde tanımlamış ve görme sürecinin bilimsel bir açıklamasını yapmıştır. Kitabında göz ve çevresinin anatomisine ilişkin ayrıntılı şemalarla açıklama sunmuştur. Ayrıca Görmenin nasıl gerçekleştiği, ışığın yansıması ve kırılması üzerine yazıları mevcuttur (Şekil 2) (Daneshfard vd., 2014; Tbakhi,2007).



Şekil 2. İbn Al-Haytham'ın Optik kitabındaki görme sisteminin şeması (McQuaid, 2019).

İbn Al-Haytham ışığın ve objenin gözle algılanması yani görmenin nasıl gerçekleştiğini araştırmış ve deneylerinde kendisinin geliştirdiği *Camera obscura*'yı kullanmıştır (Bettany,1995; Wade 2001).

Camera obscura bugünün “Fotoğraf Makinesinin Atası” olarak tanımlanmaktadır (Britannica, 2014). Camera obscura ışığın tek bir küçük delikten girdiği küçük karanlık odadan oluşmakta ve genellikle beyazlatılmış olan karşı duvara dış sahnenin veya bir objenin ters çevrilmiş bir görüntüsü yansıtmak için kullanılmıştır (Şekil 3) (Britannica, 2014).



Şekil 3. Camera obscura prensibinin çizimi (1671) ve Camera Obscura aracılığıyla bir dış mekân sahnesini izleyen çocuklar (1887) (Britannica, 2014).

On altıncı yüzyılın başında görme üzerinde birçok deney yapan Leonardo da Vinci (1472 -1519) Görme Üzerine *On Vision* adlı eserinde Camera obscura ile göz arasında açık bir benzetme yapmıştır (Keele, 1995; Ferrero, 1952; Strong, 1979).

Doğadan ilham alınan tasarımlara başka bir örnek olarak İsviçreli mühendis George de Mestral'ın (1907-1990) cırt-cırt bant tutturma sistemi verilebilir. George de Mestral ormanda yürüyüş yaparken ceketine yapışan Dulavrat otunu mikroskop altında incelemiş ve bu otun tohum kabının, ceketinin ilmekli liflerini kavrayan kanca benzeri uçlara sahip olduğunu görmüştür. Bu keşfi, şimdi her yerde bulunan *Velcro* adlı yeni bir cırt-cırt bant tutturma sisteminin patentini almasına yol açmıştır (Şekil 4, Şekil 5) (Kennedy, 2017; URL-5).

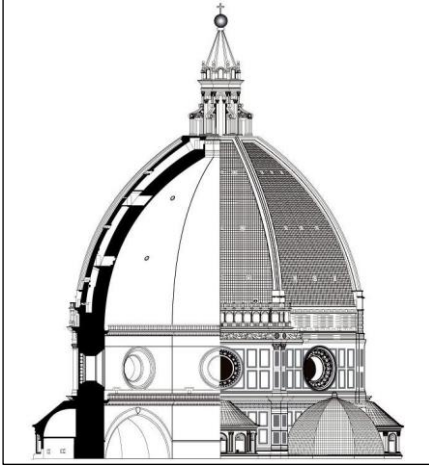


Şekil 4. Cırt-cırt (Velcro) Bandı (URL-4)



Şekil 5. Kıyafet üstüne yapışan Dulavrat otu (URL-5)

Mimaride doğadan öykünmenin erken örneklerinden biri ise, 1436 yılında tamamlanan İtalya'nın Floransa kentindeki *Cattedrale di Santa Maria del Fiore*'dir (Pawlyn, 2019). Filippo Brunelleschi, katedral için devasa kubbeyi tasarlarken bir yumurta kabuğunun yapısından ilham almıştır. Mütevazı bir tavuk yumurtasının yumruk içinde sıkıldığında kırılması için büyük çaba gerektirdiğini fark ederek böylesi kırılğan bir malzemenin mekanik gücü onu etkilemiştir. Doğadan öykünmenin bu kullanımı, şimdiye kadar inşa edilmiş en büyük taş kubbenin inşasını sağlamıştır (Şekil 6, Şekil 7) (Dean, 2021).



Şekil 6. Kubbenin modern çizimi (Dean, 2021)



Şekil 7. Santa Maria del Fiore Katedrali (URL-6)

Sanat, Bilim veya tasarımda doğadan ilham almak yeni bir yöntem değildir. Doğayı gözlemlemek ve ondan ilham alma yöntemi çok eskiden beri kullanılan bir uygulamadır. Leonardo Da Vinci'nin çalışmalarından Fibonacci serisine ve doğadaki

altın oranına kadar, sanat ve tasarım disiplinleri doğadan ilham alma konusunda uzun bir geçmişe sahiptir. İnsanlar binlerce yıldır doğadaki organizmaların özelliklerinden ve davranışlarından ilham alarak çeşitli tasarımlar yapmışlardır (Bar-Cohen, 2006; Vincent vd., 2006; Montana-Hoyos vd., 2016).

1.2. Biyomimikri: Doğadan İlham Alan İnovasyon

1.2.1. Biyomimikrinin Tanımı

Grekçe *Bio* (hayat) ve *Mimesis* (Taklit) kelimelerin birleşiminden oluşmaktadır (Benyus, 1997/2022, Wordreference).

Bio yaşam anlamındayken, *Mimesis* Öykünme anlamına gelmektedir dolayısıyla bu kavramın birebir çevirisi Yaşamın Taklidi'dir (Sörbom, 2002; Bar-cohen, 2006). Biyomimikri, insan yapımı sistemlerde doğal yaşamdan öykünme pratiğidir. Mühendislik, teknolojik ve endüstriyel tasarımın, doğal biyolojik tasarımları veya süreçlerini taklit etme veya kopyalamayı sağlayan bir uygulamadır (Merriam-Webster; Cambridge Dictionary). Kısaca, doğadan ilham alarak insan yapımı sistemler, ürünler ve teknolojiler geliştirmeyi amaçlayan bir disiplindir. Kavramın bu anlamdaki ilk kullanımına 1982'de *Inorganica Chimica Acta* olarak yayımlanan bilimsel dergide rastlanmıştır (OED, Merriam-Webster).

Oxford Üniversitesinin yayınlarından olan *A Dictionary Of Biology* (Biyoloji Sözlüğü)'de biyomimikri yaklaşımına 'Mühendislik, inşaat, teknoloji, tıp ve diğer alanlarda kullanılmak üzere malzeme, cihaz veya makine yapmak için canlı organizmalarda bulunan tasarımları uygulama veya taklit etme bilimi' olarak tanımlanmıştır (In Hine, 2019).

Biyomimikri enstitüsü kurucusu Janine Benyus kavramın icadını yapmamıştır. Ancak 1997'de yazdığı *Biomimicry: İnnovation Inspired By Nature* kitabıyla terimin popüler hale gelmesini sağlamıştır (URL-1). Kendisi biyomimikriyi, "*Doğanın dehasına bilinçli bir öykünme, Doğadan ilham alan inovasyon*" olarak tanımlamaktadır (Çelikel vd., 2020). Bu tanımlamada *bilinçli* ve *öykünme* terimleri özenle seçilmiş olup, bir şeyi tasarlamadan önce öngörüyle doğanın tavsiyelerini arama niyetini bulunması gerektiğini ima ederek taklitten veya katıksız kopyalamadan daha derin bir maksat taşımaktadır (Baumeister vd., 2014). Çünkü ona göre tasarım

yaparken amaç, geniş doğal sisteme sorunsuz bir şekilde uyan ve yaşamın ilkelerini benimseyen ürünler, süreçler ve politikalar yaratmak olmalıdır. Başka bir deyişle, bir organizmayı birebir yeniden üretmek değil, tasarımının prensiplerinden ve yaşamının derslerinden öykünmeye çalışılmalıdır (Baumeister vd., 2014).

Biyomimikri için bilge rehber olarak en iyi model doğadır. Çünkü onun arkasındaki ana fikir, doğanın karşılaştığımız ve çözmeye çalıştığımız tüm zorlukları zaten çözmüş olmasıdır (Cambridge Dictionary; URL-7).

Bar-Cohen (2006)'e göre biyomimikri, doğanın dilini tasarımcıya tercüme eden bir araçtır. Doğa oldukça geniş bir bilgi kaynağı olup en önde gelen tasarım modelidir. *“Doğa her zaman taklit etme ve insanlara hayatlarını iyileştirmek için ilham verme konusunda bir model olarak hizmet etmiştir”* (Bar-Cohen 2006). Tasarım bağlamında biyomimikri, doğayı biçimsel, işlevsel, materyal oluşumları ve süreçleri çerçevesinde dikkatlice ve bilinçli bir şekilde gözlemleyip hem insanların ihtiyaçlarını karşılayan hem de hayatı kolaylaştıran tasarım önerileri geliştirmektir (Çelikel vd., 2020). Doğanın içinde sunulan çözümler de tasarımcılar için her zaman yol gösterici olmuştur. Doğada bulunan mükemmel tasarımlardan esinlenerek yeni tasarımlar oluşturulabilmektedir. (Senoisiain, 2003; Gympel, 1996; Yılmaz vd., 2019). Doğa, tasarımcıların problemine çözüm bulmada, onları biçimlere dönüştürmede ilham kaynağıdır. Aynı zamanda tasarımcıların biçimsel arayışı için görsel biçim, uyum ve düzen açısından görsel analogi kurabilecekleri, sonsuz veri kaynağı oluşturmaktadır. Dolayısıyla, tasarımcılar doğadaki ilişkileri anladıkça, biçim dağarcıkları zenginleşmektedir (Yılmaz vd., 2019). Özetle tasarım bağlamında biyomimikri, *“Biyolojiden analogi yoluyla tasarım”*dır (Kennedy, 2017). Ancak biyomimikri tasarımın görünüşüyle ilgilenmemektedir. Çünkü bir biyomimetik tasarım bir organizmanın formuna bağlı şekil almak zorunda değildir (El-Zeiny, 2012).

Benyus (1997/2022) biyomimikri devrimini sürdürülebilirlikle ilişkilendirmekte olup onun diğer devrimlerden temel ayrımı doğanın sırlarını çalmak, onu yönetmek veya evcilleştirmek olmadığını vurgulamaktadır. Doğanın gücünü, sırlarını kötüye kullanmanın aksine doğaya onun bir parçası olarak alçakgönüllülükle yaklaşmaya, biyomimikri yoluyla uyum içinde yaşamının anahtarları olan sürdürülebilir ve ekolojik sırlarını öğrenmeye çağırmaktadır (Benyus,1997; Baumeister vd., 2014). Dolayısıyla daha geniş bir tanımlamayla biyomimikrinin

sürdürülebilir tasarımları yaratmak, insancıl tasarım etkinliklerini ve karmaşık insan problemlerini çözmek amacıyla doğaya başvuran, doğanın formlarını, süreçlerini ve ekosistemlerini inceleyen, doğada bulunan stratejileri öğrenen ve bunlardan ilham alıp taklit eden uygulamadır (Benyus, 1997/2022). Böylece, biyomimikriyle daha sağlıklı ve daha sürdürülebilir bir gezegen yaratmak için doğanın tasarımlarını ve süreçlerini taklit eden yeni bir disipline isim vermiştir (URL-7). Kısacası “Biyomimikri, sürdürülebilirliğin pratik boyutlarıyla ilgilenen estetik bir uygulamadır” (Parr, 2014).

1.2.2. Biyomimikri ile Karıştırılan Kavramlar

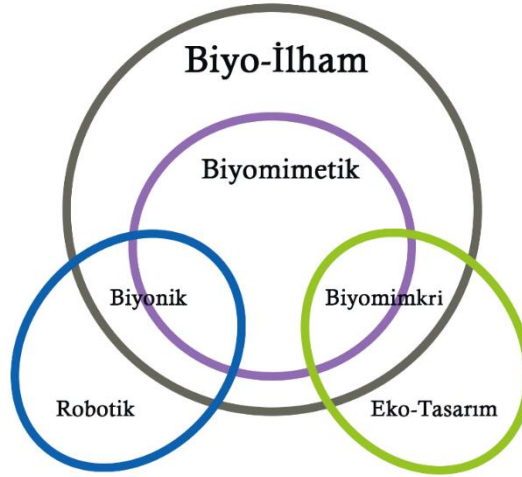
Biyomimikri teriminden önce *Biyometik* ve *Biyonik* terimleri kullanılmıştır (Pawlyn, 2019). *Biyometik* terimi, 1950'lerde mühendis ve biyofizikçi Otto Schmitt tarafından biyolojiden teknolojiye fikirlerin ve analogların aktarılması anlamında icat edilmiştir. Ancak Terim ilk kez 1974 yılında Webster's Dictionary'de yer almıştır (Vincent vd., 2006). *Biyonik* kelimesi ise 1960 yılında ABD Hava Kuvvetleri'nden Jack Steele tarafından ortaya atılmış ve doğadaki bazı işlevleri kopyalayan, doğal sistemlerin özelliklerini taşıyan veya benzerlerini temsil eden sistemlerin bilimi olarak tanımlamıştır (Vincent vd., 2006). *Biyomimikri* terimi ise 1982'den daha sonra, 1997 yılından itibaren yaygınlaşmış olup etkili ve kapsamlı yayın yapan kişiler sayesinde ise son 15 yıldır bu yaklaşıma olan ilgi büyük artış göstermiştir (OED, Fayemi vd., 2014; Pawlyn, 2019; URL-1).

Vincent vd., (2006), *Biyometiği* “Biyoloji biliminin mekanizma ve işlevlerinin mühendislik, tasarım, kimya, elektronik vb. alanlarda pratik kullanımını kapsayan bir çalışma” olarak nitelendirmiştir. Merriam-Webster sözlüğüne göre *Bionik*, biyolojik sistemlerin işleyişine ilişkin verilerin mühendislik problemlerinin çözümü için uygulanan bir bilim dalıdır. *Biyonik*, *Biyometik* ve *Biyomimikri*, genellikle birbirinden ayırt edilmeyen, üç Biyo-Esinleniş disiplini olarak karşımıza çıkmaktadır. Çoğu araştırmacının, bu üç yaklaşımın özellikle yenilikçi ve teknolojik bir odaklanma ile doğadan öğrenme gibi benzerlikleri konusunda hemfikir olduğu görülmektedir. Ancak, *Biyomimikrinin* diğer Bio-Esinleniş disiplinlerden muhtemel temel farkı, ana hedeflerinden birinin yaşamın ve doğanın korunması, dolayısıyla çevresel sürdürülebilirlikle ilgili olmasıdır (Montana-Hoyos vd., 2016).

Vincent vd., (2006), *Biyomimikri, Biyomimetik, Biyonik, Biyognosis, Biyolojik olarak esinlenmiş tasarım ve Biyolojiden kopyalama*, uyarlama veya türetme anlamına gelen benzer kelime ve ifadelerle eş anlamlı olarak değerlendirmiştir. Oguntona (2017)' a göre ise *Biyomimikri* ve *Biyomimetik* kavramları arasında hiçbir fark bulunmamaktadır. Genellikle, insanlığın karşılaştığı zorlukların çözümü için doğaya dayalı bilgi ve ilham aktarımını ortaya koymak adına literatürde bazen Biyo-İlham, Biyomimesis, Biyo-Esinli, Biyoanalog, Biyonik ve Biyognosis terimleri bu iki terimin yerine kullanılır (Oguntona vd., 2017; Vincent, 2006). Pawlyn, (2019) *Biomimicry In Architecture* kitabında *biyomimetik* ve *biyomimikri* terimlerini eş anlamlı olarak kullanmıştır (Pawlyn, 2019).

Biyo-Tasarım, biyolojiye dayalı bir dizi tasarım disiplini kapsamaktadır. Bunlara robotik tasarım, biyomedikal teknoloji icatları dâhildir. *Biyo-İlham* ya da Biyo-Esinlenme, yaşamın ve doğanın özellikle problem çözmede bir ilham kaynağı olarak kullanılmasıdır (Montana-Hoyos vd., 2016). Biyo-İlhamlı kavramının geniş bir tanımlaması olup, biyolojide var olanın ötesinde bir şeyi geliştirme potansiyelini içermesi amaçlamaktadır (Pawlyn, 2019). Çok geniş bir kategori olan Biyo-İlham kapsamında, yaşamdan, doğadan ve canlı organizmalardan ilham alan tüm farklı tasarım yaklaşımlarını kapsayan genel bir terim olarak *Biyo-İlhamlı Tasarım* önerilmiştir (Montana-Hoyos vd., 2016). Biyo-İlhamlı veya Biyo-Esinlenmiş Tasarım geniş bir tanımlamaya sahip olup yüzeysel biçimin taklit edilmesinden, işlevin bilimsel olarak anlaşılmasına ve ondan ilham alarak inovasyon geliştirmeye kadar uzanmaktadır. *Biyomimikri* ve *Biyomimetik* yaklaşımları fonksiyona yani işleve dayalı yaklaşım olmakla bilinmektedirler (Pawlyn, 2019).

Fayemi vd., (2014) çalışmasında *Biyomimikri, Bioymimetik* ve *Biyonik* yaklaşımlarının, *Bio-ilham, Robotik* ve *Eko-tasarım*'la olan ilişkilerine bir sınır haritası belirlemişlerdir (Şekil 8). Biyomimikriyi ise, “Biyo-ilhamın ve eko-tasarımının bir kısmı” olarak tanımlamaktadırlar.



Şekil 8. Biyo-İlham ve ona bağlantılı kavramların sınır haritası (Fayemi vd., 2014).

Fayemi vd., (2014)'e göre *Biyomimetik*, *Biyo-İlhamın* metodolojik yönleriyle sınırlıdır. *Biyonik*, mekanik yollarla biyo-ilhamı taklit etmeye çalışan bir disiplini tanımlamaktadır. *Biyomimikri*'nin ise sürdürülebilirlikle ilişkilendirilen biyo-ilham kısmını içeren bir felsefe olduğunu öne sürmektedir.

Biyomimikri enstitüsünün eski dış ilişkiler direktörü Denise DeLuca (2020)'a göre *Biyomimetik* yaklaşım, doğadaki biyolojik organizmalar veya sistemler tarafından kullanılan işlevsel stratejilerin teknik tercümesini ve gerçekleştirilmesini ifade etmektedir. Ayrıca mevcut teknolojilerden daha iyi performans gösterme amacı olan bu yaklaşım radikal teknolojik inovasyona odaklanmaktadır. Bununla birlikte *Biyomimetik* kavramı için sürdürülebilirliğin açık bir hedef olmadığını söylemektedir. Biyomimikrinin ise, sürdürülebilirlik, insanlara ilham verme ve onları doğaya yeniden bağlama hedefleriyle birlikte, fikir ve eğitime odaklanmakta olduğunu belirtmektedir. Biyomimikriden önce icat ve inovasyona yönelik doğadan ilham alan yaklaşım, *Biyonik*, *Biyo-mühendislik* veya *Biyomimetik* gibi terimlerle anıldığı bilinmektedir. Benyus ise, bu terimlerin okuyuculara fazla teknik olabileceğini düşünerek, daha anlaşılabilir gördüğü *Biyomimikri* terimini kullanmıştır (DeLuca, 2020).

Bu çalışmada *Biyomimetik* ve *Biyomimikri* terimleri eşanlamlı olarak değerlendirilmiş olup Benyus'un biyomimikri tanımlaması dikkate alınmıştır.

Biyomimikri Enstitüsü'ne göre biyomimikri, biyo-ilhamlı tasarımın bir türüdür, ancak biyo-ilhamlı tasarımların tümü biyomimikri değildir. Enstitüye göre

biyomimikriyi diğer biyo-ilhamlı tasarım yaklaşımlarından ayıran önemli faktörün, canlı sistemlerin belirli işlevsel güçlüklerle baş etmek için buldukları rejeneratif çözümlerden öğrenmeye ve bunlara öykünmeye yapılan vurgu olduğunu belirtmiştir (URL-7).

Biyomimikri, *Biyo-morfizm* ve *Biyo-kullanım* kavramlarıyla karıştırıldığından ikisinin arasındaki fark biyomimikri ensitüsüne göre şöyle açıklanmıştır (Şekil 9) (URL-7); *Biyomorfik tasarım*, doğaya benzer, görsel olarak yaşamdaki öğeleri andıran tasarımları kapsamaktadır. *Biyometrik tasarım* ise işleve odaklanır, doğaya benzeyebilir veya benzemeyebilir, önemli göstergesi doğa gibi çalışmasıdır. Dolayısıyla Biyomorfik Tasarım doğaya benzeyen estetik tasarım olması, insanların doğaya ve doğal formlara olan yakınlık oluşturmaları açısından faydalı olabilecektir. Ancak doğa gibi işlev görmediği takdirde biyometrik olmayacaktır (URL-7). Biyomorfik tasarım Biyo-Şekilli tasarım olup biyolojik biçimlere dayalıdır. Biyomimikri ise işlevsel çözümlerle ilgilenmektedir ve estetik konumu olması zorunlu değildir (Pawlyn 2019). Bir çalışmaya işlevselliğinden ziyade bir canlının görünümü yansıtıldığında ona biyomorfizm çalışması denmektedir. Biyomimikri boyutunda yapılan tasarımlarda, doğadaki canlılardan esinlenerek, işlevselliği ön planda tutulmaktadır. Ancak biyomorfizm boyutunda yapılan tasarımlarda ise estetik özelliği ön planda tutularak üretilmektedir (Erzincan vd., 2021).

Biyo-Kullanım, faydalı amaçlar için doğanın doğrudan kullanımını ifade eder (Pawlyn, 2019). Tasarım veya teknolojiye biyolojik materyalin veya canlı organizmaların kullanımı bir biyo-kullanımdır. Bir ofis binasında havanın temizlenmesine yardımcı olmak için bitkilerin yaşayan bir duvar olarak kullanılması biyo-kullanıma örnek olarak verilebilir. Ancak bir tasarımcının bir problemin çözümü için canlı bir organizmayı veya doğal bir malzeme kullanması, tasarımın biyometrik olduğu anlamına gelmemektedir (URL-7, Pawlyn 2019).



Şekil 9. Biyomimikri, biyomorfizm ve biyokullanım (URL-8)

Biyo-Destekli teknolojilerde ise bakteriler kullanılarak suyun arıtılması veya süt üretmek için inek yetiştirilmesi gibi doğal bir organizmayı bir işlevi yerine getirmek için evcilleştirmek anlamına gelmektedir. (Baumeister vd., 2014). Biyomimikri ise, doğrudan kullanmak veya evcilleştirmek yerine organizmalardan bir fikir ödünç almak için danışmaktır. Örneğin fiziksel bir tasarım, kimyasal bir reaksiyonda bir işlem adımı, bir ekosistem ilkesi gibi fikirlerden ilham almaktadır. (Baumeister, 2014; Montana-Hoyos 2010). Biyomimikri, doğayı kullanmak veya tüketmek yerine doğayı inceleyerek ilham alan yenilikler önermekte, doğaya insan sorunları ve ihtiyaçları için bir fikir ve yenilikçi bir çözüm kaynağı olarak bakmaktadır (Montana-Hoyos vd., 2016). Biyomimikrinin ayırt edici özelliği, gözlemleme öğelerini içeren sürdürülebilir çözümler yaratmak için işlevsel stratejilerin incelenmesi ve öykünmesidir (URL-7).

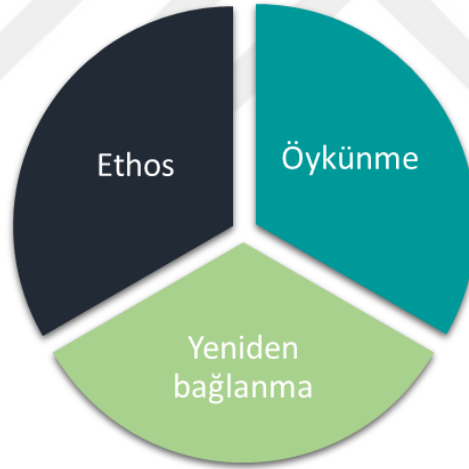
Sentetik biyoloji, doğal dünyada bulunmayan bileşenlerin ve sistemlerin tasarlanması ve üretilmesini, ayrıca mevcut canlı sistemlerin yeniden tasarımını ve imalatını içermektedir. Biyomimikriyle temel farkı ise, biyomimikrinin şu anda canlı bileşenler oluşturma çabası içinde olmamasıdır (Pawlyn, 2019).

Biyofili, insanların ve diğer canlıların içgüdüsel olarak bağ kurduğu bir teori olarak tanımlanmaktadır (Pawlyn, 2019). Bu teori, insanların özellikle çevrenin yaşam özellikleriyle doğal sistemler ve süreçlerle içsel bir bağ kurma eğiliminde olduğunu öne sürmektedir (Wilson, 1984; Montana-Hoyos vd., 2016). Bu yaklaşım doğayla etkileşimin insanlar üzerinde hastalıkların iyileşmesi, iş verimliliği ve benzeri

alanlarda güçlü olumlu etkilere sahip olduğunu gösteren araştırmaları dayanak olarak almıştır (Montana-Hoyos vd., 2016). Biyofilik tasarım ise, Biyofili teorisine dayanır ve yapılı çevrede doğadan gelen faydalı deneyimleri sürdürmenin, geliştirmenin ve yeniden kazandırılmasının önemini vurgulayan yenilikçi bir yaklaşımdır (Kellert vd., 2008).

1.2.3. Biyomimikri Uygulamasının Temelleri

Biyomimikri uygulaması bünyesinde birbirine bağlı olan ancak birbirinden benzersiz olan üç temel unsur barındırmaktadır. Bunlar *Ethos* (Etik ve değerler), *Re-connect* (Yeniden-bağlanma) ve *Emulate* (Öykünme)'dir (Şekil 10). Bu üç bileşen biyomimikrinin doğanın stratejilerini tasarıma uyarlamada uygulama bilimini oluşturur. Ayrıca bu üç temel unsur biyomimikrinin her yönünde mevcuttur. Dolayısıyla bu temel unsurların bir araya getirilmesi, biyo-esinli tasarıma biyomimikri niteliğini kazandırmaktadır (Merriam-Webster; URL-7; Biomimicry 3.8, 2015).



Şekil 10. Biyomimikrinin Temel Unsurları, Biomimicry 3.8 (2015) kaynağından uyarlanmış olup CC-BY-SA lisanslıdır.

Doğanın stratejilerini tasarıma dönüştürülme sürecinde bulundurulması gereken, Biyomimikri Enstitüsünün web sitesine ve ABD merkezli bio-ilhamlı danışmanlık şirketi olan Biomimicry 3.8'in, 2015 yılında yayınladığı *Designlens* yani *Tasarım Merceği* yayınına göre Biyomimikrinin temel unsurları ve açıklamaları şunlardır:

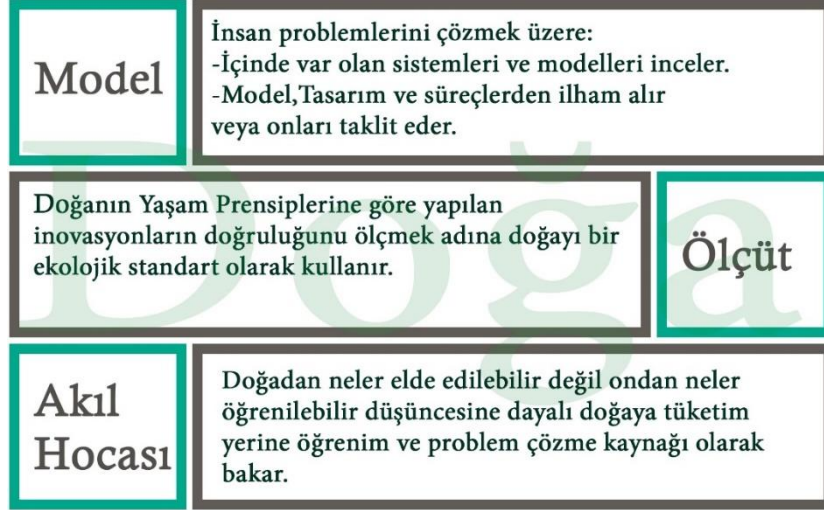
1) Yeniden-Bağlantı (Re-connect): Birbirinden ayrı olarak görünen İnsan ve Doğa aslında derin bir şekilde birbirine bağlıdır. Yeniden-bağlanma, doğal yaşamın içindeki birbirine bağlantılı sistemlerinin bir parçası olarak insanın, *Dünya*'daki yerine yeniden bağlanmanın değerini bulma konseptidir. Bu uygulama insanların, doğanın diğer bileşenleriyle olan ilişkisini araştırır, pekiştirir ve derinleştirir (URL-7; Biomimicry 3.8, 2015).

2) Ethos: Biyomimikriyi uygulama nedeninin altında yatan felsefenin özünü oluşturan etik ve niyetlerdir. Ethos, insanın Ev olan Doğa'ya ve diğer sakinlerine olan saygısını, sorumluluğunu ve minnettarlığını temsil etmektedir. Ayrıca yaşamın işleyişini anlayan ve yaşama elverişli koşulları sürekli olarak destekleyen tasarım yaratma felsefesidir (URL-7; Biomimicry 3.8, 2015).

3) Öykünme (Emulation): Daha rejeneratif tasarımlar geliştirmek için doğanın şekillerini, süreçlerini ve ekosistemlerini anlamak ve bunları taklit etmek için bilimsel araştırmaları temel olarak kullanan bir uygulamadır. Öykünme, doğada bulunan ilke, model, strateji ve işlevleri tasarımı şekillendirmek amacıyla bir araya getirmektir. Bu taklit yaklaşımı insanların, dünya ile uyum içinde ve sürdürülebilir bir şekilde yaşama hedeflerine ulaşmalarında etkin rol oynamaktadır (URL-7; Biomimicry 3.8, 2015).

Bir uygulama olarak Yeniden-bağlanma, yaşamın nasıl çalıştığını anlamak için doğayı anlamaya, gözlemlemeye ve içinde zaman geçirmeye teşvik etmekte, böylece tasarımlarda biyolojik stratejileri daha iyi taklit etmeyi ve öykünmeyi kolaylaştırmaktadır (URL-7).

Biyomimikrinin ana ilkesi doğadan öğrenmektir. Bu ilkenin içerdiği üç kriter ise doğayı bir *Model*, *Ölçüt* ve *Akıl hocası* olarak almaktır (Şekil 11) (Benyus, 1997/2022; Montana-Hoyos vd., 2016).



Şekil 11. Model, ölçüt ve akıl hocası olarak doğa, Benyus, 1997/2022 kaynağından uyarlanmıştır.

Benyus, yaşamı yöneten ve doğanın işleyişini tanımlayan doğanın yasalarını ve stratejilerini nota olarak nitelendirmiş ve onları temel dokuz ilkeyle özetlemiştir (Benyus, 1997/2022). Bunlar:

1. Doğa güneş ışığıyla çalışır.
2. Doğa sadece ihtiyaç duyduğu enerjiyi kullanır.
3. Doğa, biçimi işleve uydurur.
4. Doğa herşeyi geri dönüştürür.
5. Doğa işbirliği ödüllendirir.
6. Doğa çeşitliliğe dayanır.
7. Doğa yerel uzmanlık ister.
8. Doğa içerideki aşırılıkları törpüler.
9. Doğa gücünden sınırında faydalanır.

Biyomimikride doğanın ilkeleri önemlidir ve bu ilkeler biyomimikri konseptinin temelini oluşturmaktadır (Ogunta vd., 2017). Doğadan ilham almanın yaygınlaştırmasını hedefleyen BioLearn projesinin web sitesindeki Eğitimci Rehberi'nde yer alan doğanın ilkelerinin açıklamaları ortaya konulmuştur (Tablo 1) (BioLearn).

Tablo 1. Doğanın İlkeleri (BioLeran)

Yasa	Açıklama
Doğa güneş ışığıyla çalışır.	Doğanın ana enerji kaynağı güneş ışığıdır. Doğanın içindeki organizmalar bu sonsuz kaynaktan gelen ısı ve UV radyasyonunu kullanmaktadırlar.
Doğa sadece ihtiyaç duyduğu kadar enerji kullanır.	Doğa sadece ihtiyacı olan miktarı almaktadır.
Doğa biçimi işleve uydurur.	Doğanın tasarımları işlevleri çerçevesinde oluşturulmuştur. Örneğin, Bir ağaç topraktan su ve besin çekmek için toprağa kök salar, büyümek ve enerji üretmek için güneş ışığını emmek amacıyla dallarını ve yapraklarını geniş bir alana yayar. Tohumlar hafif olup bazıları havada süzûlebilmeleri için bir şemsiye formuyla donatılmıştır.
Doğa her şeyi geri dönüştürür.	Doğada üretilen her şey biyolojik olarak parçalanabilir olup atık yoktur. Örneğin, Bir kiraz ağacındaki çiçeklerin hepsi bir amaca hizmet etmekte olup ya yiyecek ve besin olur ya da yaşamı sona erdiğinde yeni yaşam için temel unsurlara ayrılarak yeniden bir ağaç olmak üzere tohum olup eşerir.
Doğa işbirliği ödüllendirir.	Doğada çok az şey tek başına var olur. Örnek olarak, bitkiler tohumları dağıtmak için tozlayıcılarla işbirliği yapar ve tozlayıcılar nektarla beslenir. Uğur böcekleri yaprak bitleriyle beslenir ve bitkilerin sağlıklı kalmasına yardımcı olur. Doğa, tüm sistemin sağlığını koruduğu için işbirliğini tercih eder.
Doğa çeşitliliğe dayanır.	Çeşitlilik doğanın en iyi sigortasıdır. Bir besin kaynağına ulaşılmadığı durumda başkası bulunabilir. Bitkiler tohum yaymak veya zararlılara karşı savunmak için birden fazla strateji kullanırlar. Ayrıca sınırlı genetik çeşitliliğine sahip türlerin çevresel değişime uyum sağlamakta daha fazla zorluk çeker. Dolayısıyla çeşitlilik açısından zengin ekosistemlerin daha istikrarlı olduğu bilinmektedir.
Doğa yerel uzmanlık ister.	Doğanın sistemleri özünde yereldir. Belirli türler belirli koşullar altında gelişir; toprak, hava kalitesi ve su sıcaklığı gibi diğer koşullar gibi yerel ve bölgesel hava koşulları da önemlidir. İlişkiler yerel olarak kurulur ve yerel kaynaklar kullanılır. Örnek olarak bazı kuşlar uzun mesafeler kat eder ama yiyeceklerini yanlarında götürmeye gerek duymazlar.
Doğa içindeki aşırılıkları törpüler.	Ekosistemler her zaman dengede kalmaya çalışacaktır. Nüfusu dengede tutmak için ne kadar çok fare varsa, baykuşta o kadar olacaktır. Orman yangınları bile, aşırı büyümeyi azaltan ve yenilenmeye izin veren doğal bir fenomenin bir örneğidir.
Doğa gücünden sınırında faydalanır.	Tüm canlılar sınırlamalarla yönetilmektedir. Yaş, iklim, nüfus yoğunluğu ve diğer birçok faktör türlerin ve sistemlerin nasıl gelişeceğini belirler. Doğa, uzun vadede mümkün olduğunca üretken olmak için bu sınırlar dâhilinde çalışmanın yollarını en iyi biçimde kullanacak şekilde yaratılmıştır.

Biyo-İlhamlı danışmanlık şirketi olan Biomimicry 3.8 firması, tablo 1’de bahsedilen *Doğanın İlkeleri*’nin genişletilmiş bir versiyonu olan *Biyomimikrinin Yaşam Prensipleri* veya *Yaşam Prensipleri Listesi*’ni geliştirmiştir. Bu prensipler Biomimicry 3.8’in, 2015 yılında yayınladığı *Designlens* Tasarım Merceği adlı yayınında BY-NC-ND lisanslı olarak bulunmaktadır (Şekil 12) (Biomimicry 3.8, 2015).



Şekil 12. Biyomimikrinin Yaşam Prensipleri, Biomimicry 3.8 (2015) BY-NC-ND lisanslıdır.

Kennedy vd., (2015)’a göre bu liste dünya üzerindeki organizmalar ve ekosistemlerde tekrarlanan kalıpları ve ilkeleri özetlemektedir. Oguntona vd., (2017)’a göre bu prensipler, birçok organizmada bulunan, yaşamın kendi kendini yenileme yeteneğini destekleyen biyolojik stratejilerin soyut halidir. Baumeister vd., (2014)’a göre bu liste doğanın kendi ekolojisini kontrol etme listesi olup, kapsamlı bir konsept belirleme ve değerlendirme aracı olarak hizmet etmektedir. Dolayısıyla bu prensipler biyometik tasarımların, malzemelerin ve uygulamaların sürdürülebilirlik açısından değerlendirildiği araçlar olup, biyomimikri uygulamasının sürdürülebilir olması için uyulması gereken önemli kontrol listesidir (Oguntona vd., 2016). Bu listenin amacı, tasarımcıların doğal sisteme sorunsuz bir şekilde uyabilecek tasarımlar

oluşturmalarına yardımcı olmaktır. Bu nedenle bu prensiplerin sürdürülebilir bir biyosferi de desteklediği düşünülmektedir (Kennedy vd., 2015).

Altı prensipten oluşan Biyomimikri Yaşam Prensipleri'nin 23 alt prensibiyle ortaya konulmuştur (Tablo 2) (Oguntona vd., 2016; Sandzen, 2015; Baumeister vd., 2014).

Tablo 2. Biyomimikrinin Yaşam Prensipleri (Oguntona vd., 2016, Sandzen, 2015; Baumeister vd., 2014)

Prensip	Alt prensipler
Kaynak verimliliği (malzeme ve enerji)	- Çok işlevli tasarım kullanımı - Düşük enerjili süreçler kullanımı. - Tüm malzemelerin geri dönüştürülmesi - Biçimi işleve sığdırmak
Hayatta kalmak için gelişebilmek	- İşe yarayan stratejileri çoğaltmak - Beklenmedik durumları entegre etmek - Bilgi aktarımı ve paylaşımı
Değişen koşullara uyum sağlayabilmek	- Kendini yenileyerek bütünlüğünü sürdürmek. - Çeşitlilik üzerinden esnekliği benimsemek. - Yedeklilik - Merkezsizleştirme - Çeşitliliğin dâhil edilmesi
Gelişimi büyümeyle bütünleştirmek	- Modüler ve iç içe geçmiş bileşenlerin birleştirilmesi - Aşağıdan yukarıya doğru inşa etmek - Kendi kendini organize etme
Yerel olarak uyumlu ve duyarlı olmak	- Hazır bulunan malzemeler kullanmak - Serbestçe bulunabilen enerjiden yararlanma - İşbirlikli ilişkilerinin geliştirilmesi - Döngüsel süreçlerden yararlanma. - Geri bildirim döngüleri kullanmak.
Yaşam dostu kimya kullanmak	- Küçük bir bileşen alt kümesi ile seçerek inşa etmek. - Ürünleri iyi huylu bileşenlere ayırmak. - Suda çözülen kimya kullanmak

1.2.3.1. Biyomimikrinin Tasarım Yaklaşımları

Biyomimikrinin tasarım yöntemleri iki kategoriye ayrılmaktadır (Montana-Hoyos, 2016; Aziz vd., 2015; Zari, 2007). Montana-Hoyos vd., (2016)'a göre bu iki tasarım yaklaşımı *Tasarımdan biyolojiye (Problem odaklı biyomimikri veya İnsan ihtiyacından biyolojiye)* ve *Biyolojiden tasarıma (Çözüm odaklı biyomimikri veya Biyolojiden insan ihtiyacına)* olarak adlandırırken Zari (2007) bu iki yaklaşımı *Biyolojiye bakan tasarım* ve *Tasarımı etkileyen biyoloji* olarak adlandırmıştır. Aziz vd., (2015) ise literatür taramasında iki yaklaşımın farklı isimlerle ifade edildiği ancak bu ifadelerin aynı anlama geldiğini öne sürmüştür. Aziz vd., (2015), Zari (2007) ve

Montana-Hoyos, (2016)'un ifade ettiği adlandırmalar tek bir tabloda toplanmıştır (Tablo 3).

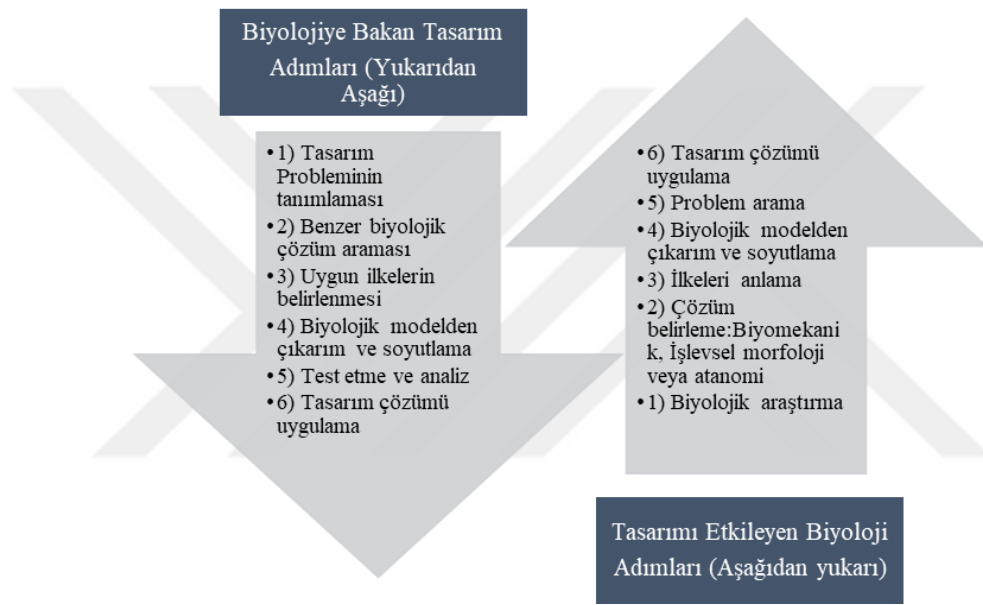
Tablo 3. Biyomimikri tasarım yaklaşımlarının literatürlerdeki adlandırmaları.

Birinci Yaklaşım	İkinci Yaklaşım
Biyolojiye Bakan Tasarım	Tasarımı Etkileyen Biyoloji
Yukarıdan Aşağıya Yaklaşımı	Aşağıdan Yukarıya Yaklaşımı
Problem Odaklı Biyolojik Esinli Tasarım	Çözüm Odaklı Biyolojik Esinli Tasarım
Tasarımdan Biyolojiye	Biyolojiden Tasarıma
İnsan İhtiyacından Biyolojiye	Biyolojiden İnsan İhtiyacına
Problemden Biyolojiye	

Biyolojiye bakan tasarım yaklaşımı, insan ihtiyacını veya tasarım sorununu tanımlamak ve diğer organizmaların veya ekosistemlerin bu sorunu nasıl çözdüğünü belirlemektir (Aziz vd., 2015; Biomimicry Guild, 2007). Tasarımcılar amaçlarını bilmelerinin bir sonucu olan bu yaklaşımla tasarımlarına çözüm bulmak için doğaya ve organizmalara başvururlar. Böylece tasarımcılar, tasarım problemlerini tanımlar ve benzer problemleri çözmüş organizmalar ve canlılarla eşleştirir (Aziz vd., 2015). Tasarımcıların çözümler için canlılar dünyasına baktığı bu tasarım yaklaşımı, tasarımcıların sorunları tanımlamasını ve ardından biyologların benzer sorunları çözmüş organizmalarla tasarımları eşleştirmesini gerektirir. Dolayısıyla tasarımcıları biyologlarla işbirliği yapmaları gerekmektedir (Zari, 2007).

Aziz vd., (2015)'a göre ikinci yaklaşımı olan *Tasarımı etkileyen biyoloji*, belirli bir probleme doğada uygun bir çözüm aramak yerine daha önce yapılmış bir biyolojik araştırmanın sunduğu çözümlerini bir tasarım problemine uygulamaktır. Başka bir deyişle bir organizma veya ekosistemdeki belirli bir özelliği, davranışı veya işlevi tanımlayarak bunu insan tasarımlarına dönüştürmektir (Aziz vd., 2015; Biomimicry Guild, 2007). Bu yaklaşım çözüm odaklı olup tasarımcıları doğal bir organizmayı bulmaya, onu analiz etmeye ardından ondan bir tasarım çözümü geliştirmeye teşvik eder (Montana-Hoyos vd., 2016). *Biyolojinin tasarımı etkilemesi* yaklaşımı, bu ismini biyolojik bilginin insan tasarımının üzerine etkisi olduğundan almaktadır. Uygulanması ise tasarım problemlerinin başlangıçta belirlenmiş olması değil, önceden biyolojik veya ekolojik araştırmalar hakkında bilgi sahibi olmaya bağlıdır (Zari, 2007). *Biyolojiden tasarıma* olarak da bilinen bu yaklaşım belirli bir problem yerine biyolojik

ilhamla başlar. Çünkü bazen biyomimikri, önce doğal dünyayı keşfedip gözlemleyerek ve onunla etkileşime girerek içinde ilginç bir mekanizmayı fark ettikten sonra onu bir uygulamaya dönüştürmekle ortaya çıkabilir (Biomimicry Institute, 2017). *Problemden Biyolojiye* yani *Biyolojiye bakan tasarım* yaklaşımında ise öncelikle bir tasarım problemi tanımlamakta ve ardından onu çözmek için biyolojide aktif olarak ilham olabilecek modeller aranmaktadır. Bu iki tasarım yaklaşımı birbirilerine benzese de aslında birbirlerinin tersi olup *Aşağıdan yukarı* ve *Yukarıdan aşağı* adlandırılarak her biri altı adımla özetlenmiştir (Şekil 13) (Keskin vd., 2019; Zari, 2007; Aziz vd., 2015).

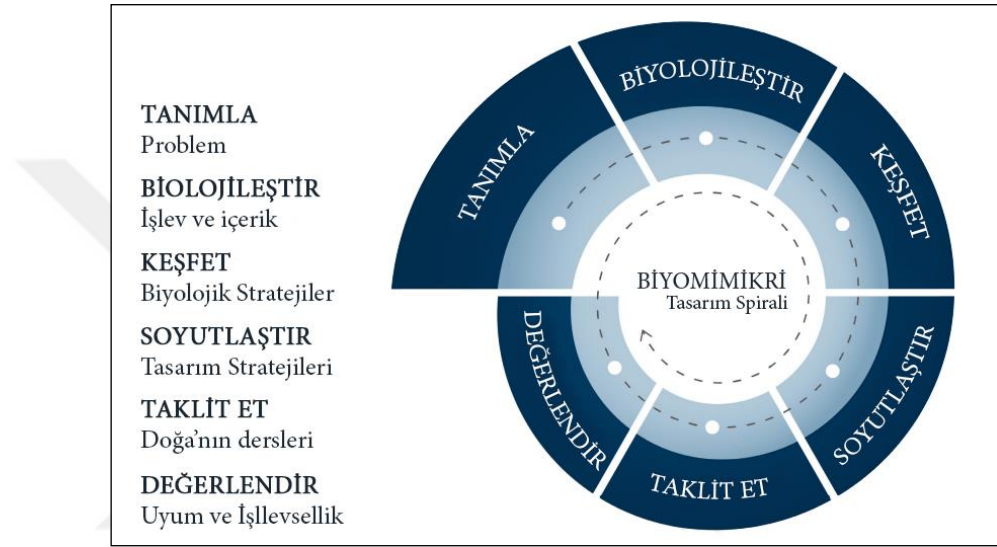


Şekil 13. Biyomimikri tasarım yaklaşımlarının aşamaları (Othmani vd., 2022; Aziz vd., 2015).

1.2.3.2. Biyomimikri Tasarım Spirali

Biyomimikri Tasarım Spirali Carl Hastrich tarafından bir tasarım aracı olarak geliştirilmiştir. Biomimicry Enstitüsü'nde geliştirdikleri Biomimicry Toolbox olarak adlandırılan Biyomimikri Araç Kutusu *Problemden biyolojiye* yaklaşımına odaklandığı için burada gösterilen Tasarım Spirali, genellikle çözmeye çalışılan sorunun belli olduğunda kullanılır (Şekil 14) (Biomimicry Institute, 2017; DeLuca, 2016).

Biyomimikri Tasarım Spirali tasarımcıların tasarım problemlerine biyometik çözüm üretme sürecinde, doğanın tasarımlarını rehber alarak atmaları gereken adımları kısa ve öz bir şekilde altı adımla özetlemektedir (Biomimicry Institute, 2017). Biyomimikri Tasarım Spirali doğanın stratejilerini, yenilikçi ve sürdürülebilir tasarım çözümlerine dönüştürmek için adım adım ilerleyen başarılı bir biyometik tasarım için yararlı bir araçtır (DeLuca, 2016; Biomimicry Institute, 2017).



Şekil 14. Biyomimikri tasarım spirali (Biomimicry Institute, 2017).

Problemden Biyolojiye Tasarım Spiralinin adımları sırayla; *Tanımla*, *Biyolojileştir* (Çevir), *Keşfet*, *Soyutlaştır*, *Taklit et* (Öykün) ve *Değerlendir*'dir.

Bir sorunun çözülmesi, tasarımcının sorunun boyutlarını belirlemesini ve anlamasını gerektirir. Çünkü iyi tanımlanmış bir sorunun hemen hemen yarısı çözümlenmiş olur. Dolayısıyla *Tanımla* adımı ile tasarımdan gerçekleştirmesi beklenen işlev veya işlevler belirlenmektedir (DeLuca, 2016; Biomimicry Institute, 2017). Bu adım bağlamında tasarımcı gerçek zorlukları belirleyip neyi tasarlamak istediğini değil, tasarımının ne yapmasını istediğine ilişkin bir tasarım özeti geliştirmektedir (Biomimicry Institute, 2017).

Biyolojileştir (Çevir) adımı ise bir önceki aşamada belirtilen işlevleri biyolojik terimlere çevirmektir (DeLuca, 2016). Bir diğer anlamda çözülmesi gereken sorunu biyolojik bir bağlamda yeniden çerçevelendirmek. Tasarımın çözümü için

temel işlevleri analiz ederek, onları biyolojik terimlerle yeniden tanımlamaktır (Biomimicry Institute, 2017).

Keşfet adımı ise, doğanın bir önceki adımda belirlenen bu işlevleri yerine getirmek için kullandığı stratejileri keşfetme adımıdır (DeLuca, 2016). Tasarımın çözümüyle aynı işlevleri ele alan doğal modelleri destekleyen stratejileri belirleme, araştırma ve bilgi toplama sürecidir. Yani, çeşitli türler, ekosistemler ve ölçekler üzerinde durarak, doğanın problemleri çözmesine yönelik çeşitli stratejik yöntemleri öğrenmeyi gerektirir (Biomimicry Institute, 2017).

Soyutlaştır adımı, keşfedilen stratejileri teknik terimlere dönüştürme aşamasıdır (DeLuca, 2016). Biyolojik stratejileri başarılı kılan temel özellikleri veya mekanizmaları dikkatle incelemenin ardından, bu özelliklerin nasıl çalıştığına dair sade ve soyut bir dil kullanarak, çizimler yardımı ile aktarmayı gerektirir (Biomimicry Institute, 2017).

Taklit et (Öykün) adımı, soyutlanan stratejileri tasarımın çözümünde taklit etme sürecidir (DeLuca, 2016). Tasarımcının bu stratejilere dayalı tasarım konseptleri geliştirdikten sonra, doğa örneğini gözönüne alarak tasarımına model olabilecek bir plan yakalamaya çalıştığı bir süreçtir. Bu süreç doğal çözüm örneğinin aynısı yeniden üretmek değil, ondan öykünme sürecidir (Biomimicry Institute, 2017).

Değerlendir adımı ise, Tasarım Spirali'ndeki son adım olup tamamen değerlendirme ile ilgilidir. Bu aşamada birinci adımda geliştirilen tasarım özeti ve bir değerlendirme aracı olan *Yaşam Prensipleri* kullanılır (DeLuca, 2016). *Taklit Et* adımı sırasında geliştirilen tasarım konseptinin, çözülmesi gereken problemin kriterlerini ve kısıtlamalarını ne kadar iyi karşılayabileceğinin ele alındığı, Dünya'nın kusursuz sistemine ne kadar uyum sağlayabileceği ve ne kadar uygulanabilir olacağı açısından inceleme adımıdır (Biomimicry Institute, 2017).

Tasarım Spirali'nde genellikle süreç tanımlama adımıyla başlatılır. Ancak Tasarım Spirali akışkan bir süreç olduğundan, projenin amacına göre herhangi bir noktadan da başlanabilir. Örneğin; amaç tamamen yeni bir şey icat etmek ise *Keşfet* adımıyla, yenilikçi ve sürdürülebilir tasarım stratejileri ile çözüm havuzu genişletilmek isteniyorsa, *Soyutlaştır* adımıyla, yaratıcılığı tetikleyip rutinden çıkmak isteniyorsa *Taklit Et* adımıyla ya da mevcut bir tasarımın sürdürülebilirliğini

değerlendirmek ve geliştirmek isteniyorsa, *Değerlendir* adımıyla başlanabilir (DeLuca, 2016).

1.2.3.3. Biyomimikri Seviyeleri

Biçim, süreç ve ekosistem olmak üzere üç biyomimikri seviyesi bulunmaktadır (Biomimicry Guild, 2007; Zari, 2007; Aziz vd., 2015). Bu seviyelerin amacı, bir sürecin, formun veya ekosistemin kopyasını yeniden üretmek değil ancak doğal bir formun, sürecin veya ekosistemin tasarım ilkelerini fikir üretmede tetikleyici olarak kullanmaktır (Kennedy vd., 2015). Biyomimikri ile çözüme kavuşturulan bir tasarım, biyolojiden aktarılan ilkeleri açık bir şekilde göstermelidir (Kennedy vd., 2015).

Form ya da biçim seviyesi, birinci seviye olup biçime öykünmedir. Bir organizmanın doğal formunun taklit edilmesinden ibarettir. Ancak bu seviye bir başlangıç seviyesi olup sürdürülebilir bir sonuç verebilir veya vermeyebilir. Şöyle ki, bir organizmanın biçimini taklit eden tasarım için çevreye zarar veren malzemeler tercih edilebilir (Kennedy vd., 2015; Baumeister vd., 2014).

Biyomimikrinin ikinci ve daha derin olan süreç seviyesi, doğal biyolojik süreçlerin ya da bir şeyin nasıl yapıldığının taklit edilmesidir (Kennedy vd., 2015; ; Baumeister vd., 2014). Ancak hem biçimi hem de süreci taklit etmek net sıfır veya net pozitif çevresel etkiye sahip bir ürünün geliştirilmesinin garantisi olmamakla birlikte, bu seviyelerdeki tasarım daha büyük ekosisteme uyumu değerlendirildiğinde eksik kalabilmektedir (Kennedy vd., 2015).

Ekosistem seviyesi ise, doğal ekosistemlerin taklit edilmesidir (Baumeister vd., 2014). Bu seviye Biyomimikrinin en üst seviyesi olup, taklit edilmesi en zor olanıdır. Çünkü tasarımın biyosfere sorunsuz bir şekilde uyum sağlamasını gerektiren bir aşamadır. Dolayısıyla biyomimetik bir tasarımın ekosistem düzeyinde sürdürülebilirliğini değerlendirmek için Biyomimikri Yaşam Prensipleri kullanılır (Kennedy vd., 2015).

Zari (2007) biyomimikri seviyelerini *Organizma, Davranış ve Ekosistem* olarak tanımlamış ve her birinde taklit kapsamında beş olası alt boyut daha mevcut olduğunu ifade etmiştir. Bu boyutları; tasarım örneğinin neye benzediği (biçim), nasıl yapıldığı (yapı), neyden yapıldığı (malzeme), nasıl çalıştığı (süreç) veya ne yapabildiği (işlev) şeklinde ifade etmiştir. Zari (2007)'a göre tasarım belirlediği boyutlardan

herhangi bir boyutu taklit ediyorsa biyomimetik tasarımıdır. Organizma seviyesi, bir organizmanın bir kısmını veya tamamını taklit etme süreci iken, davranış seviyesi bir organizmanın davranışını, ekosistem seviyesi ise ekosistemin işlevini taklit etmektir (Shahda vd., 2014). Organizma seviyesi, belirli bir organizmanın taklit edilmesini veya tüm organizmadan bir parçanın taklit edilmesini göstermektedir. Davranış seviyesi, organizmanın yaptığı davranışların taklit edilmesidir. Ekosistem seviye ise tüm ekosistemin taklit edilmesidir ve bu seviyenin taklit edilmesi işlevsel olarak en zor seviyedir (Aziz vd., 2015). Aziz vd., (2015)’a göre bu seviyeler çok önemli olup biyomimikri yaklaşımları için tamamlayıcı rolü oynamaktadır.

1.2.3.4. Biyomimetik Tasarım Örnekleri

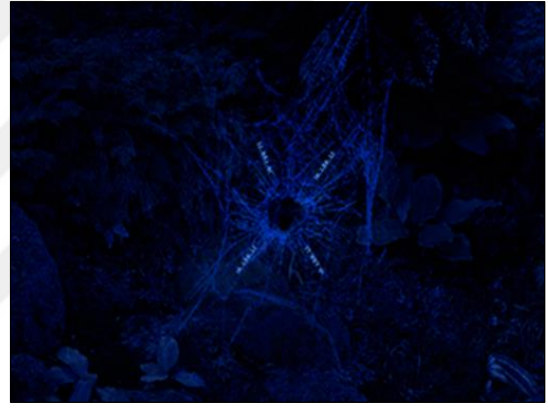
İnsan ürünü yapıların cam yüzeyleri, her yıl yüz milyonlarca kuşun ölümüne neden olarak kuş topluluklarının hızla azalmasında önemli bir faktör olarak görülmektedir. Bu durum, büyük şehir gökdelenlerinden kişisel konutlardaki pencerelere kadar her türlü yapı için geçerli olmaktadır. Çünkü cam yüzeylerinin yansıtıcı ve şeffaf özellikleri genellikle kuşlar tarafından fark edilmemektedir (Şekil 15). Bitki örtüsünün, manzaraların veya gökyüzünün cama yansımaları kuşlar tarafından gerçek olarak algılanması bu cam yüzeylerden görülebilen habitatlara veya diğer çekici mekânlara kuşların ulaşmaya çalışmalarına ve dolayısıyla kuşların ölümüne neden olan bir etkidir (Şekil 16) (URL-8; Biomimicry Institute, 2006-a; URL-9; URL-10; American Bird Conservancy).



Şekil 15. Cama çarpan kuş (URL-10) **Şekil 16.** Doğa manzarasının cam yüzeye yansımaları (ABC)

Bu sorunun çözümüne yönelik ArnoldGlas cam imalat firmasının geliştirdiği Orniflux kuş dostu cam biyomimetik tasarım örneklerinden bir tanesidir. Arnold

firması kuşların bu problemine çözüm olarak örümcekten ilham alarak, kuşların camlara ölümcül çarpışmalarını engellemeyi kolaylaştırmıştır (Biomimicry Institute, 2006-a; Cederberg, 2017). Firma, ürettikleri cama UV (Ultraviyole) yansıtıcı şeritler ekleyerek kuş dostu camlar üretmiştir. UV yansıtıcı şerit fikrini ise örümcek ağlarından ilham alarak tasarımlarına dâhil etmişlerdir. Şöyle ki, Aranidae familyasına ait Küre dokumacı örümcekleri gibi bazı örümcekler, ultraviyole spektrumda ışığı görme yeteneğine sahip olan kuşlar da dâhil olmak üzere büyük hayvanlara ağlarını görünür kılmak için ağlarına UV yansıtıcı ipek şeritleri eklemektedir (Şekil 17, Şekil 18). Böylece örümcekler ağlarını korurken, arı gibi bazı böcekleri avlamak için çekebilmektedir (Biomimicry Institute, 2006; Zenhui, 2013).



Şekil 17. Örümcek ağı (Biomimicry Institute,2006) **Şekil 18.** UV ışığında örümcek ağı (Zenhui, 2013)

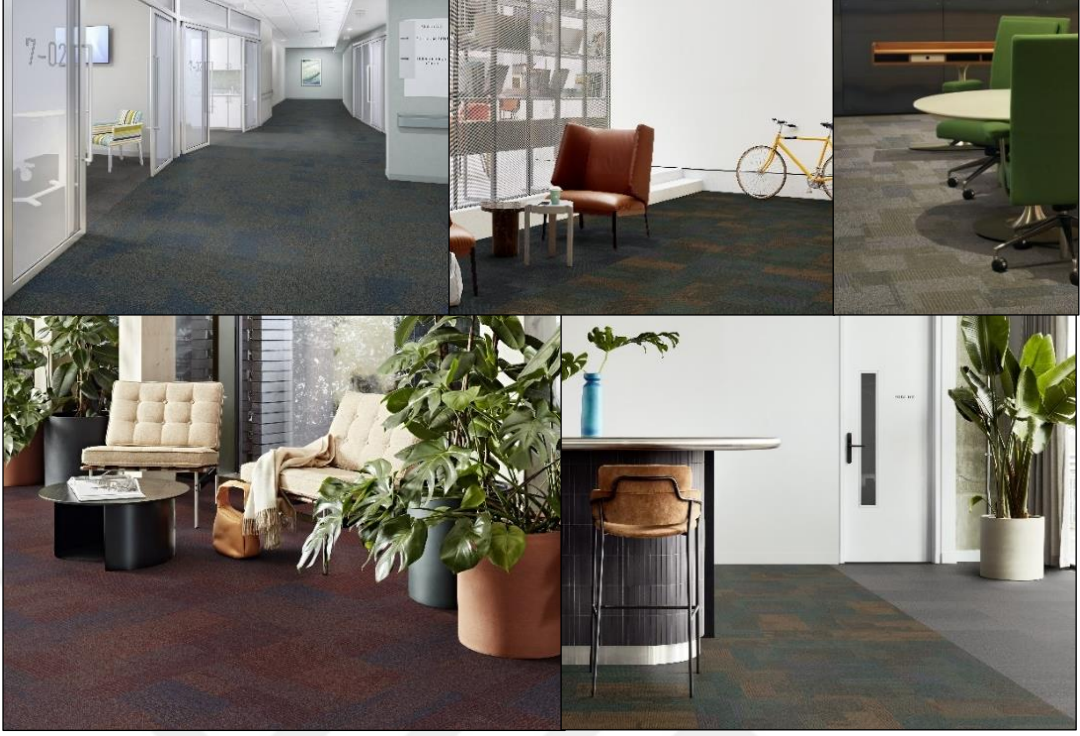
Arnold firması tarafından örümcek ağlarından ilham alınarak üretilen bu cam, kuşlar tarafından görülebilen, ancak örümcek ağlarına benzer şekilde insan gözü için neredeyse şeffaf olan desenli, UV yansıtıcı bir kaplamaya sahiptir (Şekil 19) (Biomimicry Institute, 2006-a; Cederberg, 2017).

Biyolojiden tasarıma yaklaşımının bir ürünü olan bu tasarım Form/Süreç seviyesinde olup, çok işlevli kullanımı, yerel çevreye uyumlu ve duyarlı olması ile de yaşam prensiplerine uyumludur. Ayrıca bu tasarımın kuş ölümlerini azaltması sürdürülebilir bir kazanım sağlamaktadır (Biomimicry Institue, 2006-a).



Şekil 19. Biyomimetik kuş dostu cam Örneği (URL-8)

Bir diğer sürdürülebilir biyomimetik tasarım ise InterfaceFLOR firması tarafından geliştirilen Entropi Karo Halı zemin kaplamasıdır (Şekil 20). Bu halılar, doğadaki “organize edilmiş kaosu” zemin kaplamalarından esinlenerek tasarlanmıştır. Ürün tasarımcıların, doğadaki zemin kaplama tasarımını keşfetmek için doğayı incelemeleriyle ortaya çıkmıştır. İncelemelerinin sonucunda doğadaki her birimde bir farklılık olduğunu ayrıca her bir birimin benzersiz bir boyut ve şekle sahip olduğunu gözlemlemişlerdir. Bununla beraber, birimleri doğada doğal bir rastgelelikle düzenlendiğini ve renk eşleştirmesine gerek olmadan benzer tonlarda birden fazla renk kullanıldığını fark etmişleridir (URL-9). Bu gözlemlerden yola çıkarak Entropi karo halı zemin kaplamasını, ormanın içinde rüzgâr ve yerçekimiyle rastgele dağılmış yumuşak yapraklardan esinlenerek tasarlanmıştır. Karolardan oluşturulan bu halıların özelliği renk eşleştirmesine gerek olmadan, her bir parçanın sıra veya yön olarak herhangi bir kurala bağlı kalmadan yerleştirilebilmesi ve zamanla oluşabilecek yıpranma durumunda tüm kaplamanın değiştirilmesi yerine yıpranan karoların tek tek değiştirilebilmesine olanak sağlamasıdır. Firmaya göre bu tasarımda, montaj yöntemiyle değiştirme sayesinde israfı en aza indirirken, aynı zamanda çöplüklerde halı atıklarının azalmasına da katkı sağlamıştır (URL-9).



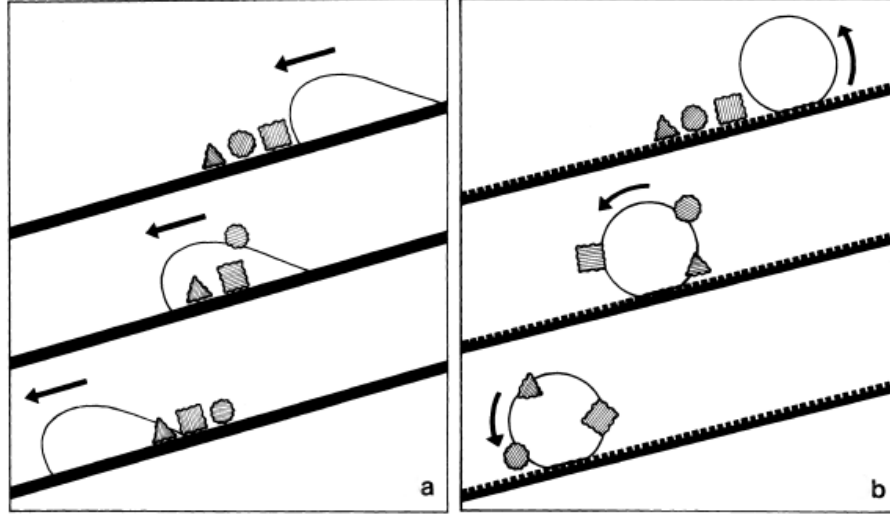
Şekil 20. Entropy Karo Halılar (Interface)

Bu tasarım problemden biyolojiye olan yaklaşımın bir ürünü olup form seviyesindedir. Hazır malzeme ve enerji kullanımı ile döngüsel süreçlerden yararlanması bu tasarımın yaşam prensiplerine uygun olduğunu göstermektedir. Ayrıca çeşitli renk serierlini içeren, tek tek değiştirilebilen, rahatlıkla birleştirilebilen ve yön değiştirmeyen bu karo halı tasarımı sürdürülebilir bir kazanım da sağlamaktadır (URL-9).

Doğada var olan bir diğer ilham kaynağı ise hidrofobik ve süperhidrofobik yüzeylerdir. Bunlar su damlacıklarının yayılmayıp itildiği yüzeyler olup boya, tekstil ve teknoloji sektörlerinde ıslanmayan ve kir tutmayan yapay yüzeyler geliştirmeye ilham vermiştir (BYU, 2014). Hidrofobik yüzeyin mikroskobik pürüzleri ve bileşenleri nedeniyle su itici özellikte olup, yüzeylerin kirlenmesine karşı çok etkili bir anti-yapışkan özelliği taşımaktadır. Bu özellik Kendi-kendini temizleme mekanizmasını ortaya getirmektedir. Bu mekanizma birçok mikro yapıli biyolojik yüzeyin en önemli işlevlerindendir (Barthlott vd., 1997).

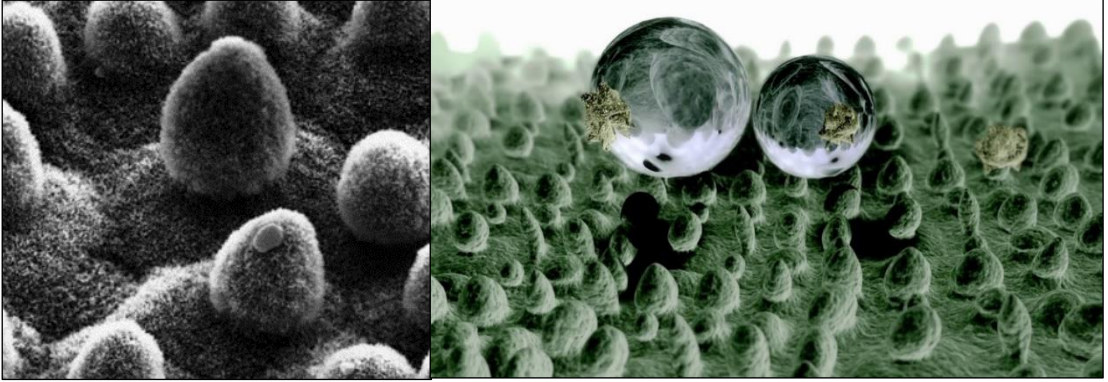
Barthlott vd., (1997) pürüzlendirme ve kendi kendini temizleme mekanizması arasındaki bağlantıyı şekil 15'teki diyagramda özetlemiştir. Pürüzsüz yüzeylerde parçacıklar çoğunlukla su tarafından yeniden dağıtılır (Şekil 21-a). Ancak pürüzlü

yüzeylerde damlacık yüzeylerine parçacıklar yapışır ve damlacıklarla yuvarlanarak uzaklaşırlar (Şekil 21-b) (Barthlott vd., 1997).



Şekil 21. Kendi kendini temizleme mekanizması (Barthlott vd., 1997)

Lotus bitkisi süperhidrofobik yüzeye sahip olan bitkilerden birisidir (BYU, 2014). Bu yüzden kendi kendini temizleme mekanizması *Lotus Etkisi* olarak da adlandırılmaktadır. Çünkü Kutsal Lotus çiçeği (*Nelumbo nucifera*) yaprağının üst yüzeyinin taramalı mikroskobik görüntüsüne göre yaprak yüzeyi pürüzlü özelliğe sahiptir (Şekil 22). Su moleküllerinin yüzeye yapışmasını engelleyen bu mikroskobik tümsekler (pürüzler) yaprak yüzeyine gelen su damlacıklarının yuvarlandığı yol boyunca mevcut olan kiri almaktadır (Biomimicry Institute, 2006-b). Bu özelliğiyle lotus yaprağı kendi kendini temizleme yeteneğini kazanmıştır (Barthlott vd., 1997). Bu da tipik olarak çamurlu habitatlarda yaşayan bir su bitkisi için dikkat çekici bir avantajdır. Çünkü Lotus bitkisi yaprakları herhangi bir ortamda olursa olsun deterjan kullanmadan veya enerji harcamadan leke, toz, su, kir tutmamakta ve temiz kalabilmektedir (Şekil 23) (Biomimicry Institute, 2006-b).



Şekil 22. N.nucifera süperhidrofobik yüzey mikro yapısı (Barthlott vd., 1997; Thielicke,2017)



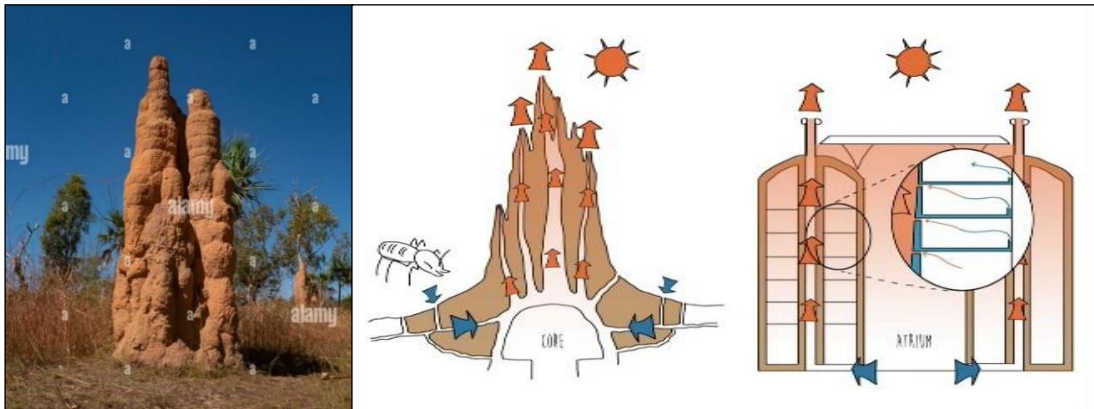
Şekil 23. N. nucifera yaprağının üstündeki su damlacıkları (Angel, 2019)

Sto Corp Lotus-Effect® firmasının teknolojisiyle, lotus yaprağının kendi kendini temizleme özelliğini taklit ederek kiri ve suyu iten mikro dokulu ve süperhidrofobik bir yüzey boyası geliştirmiştir. Kiri ve su için son derece küçük bir temas alanı oluşturan mikro-dokulu ve süperhidrofobik yüzey, kir parçacıklarının yüzeye gevşek bir şekilde yapışmasına ve onları yağmur tarafından kolayca taşınabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu sayede Sto Corp'un Lotus-Effect® Teknolojisi, cephelere kendi-kendini temizleme ve sürdürülebilir bir şekilde yosun ve mantarlardan koruyabilme özelliğini kazandırmıştır (Şekil 24) (Biomimicry Institute, 2010).



Şekil 24. Sto Corp boya kullanımı öncesi ve sonrası (Biomimicry Institute, 2010)

Zimbabve'nin Harare şehrinde büyük bir ofis ve alışveriş kompleksi olarak, Arup Associates'in mühendisleri ve mimar Mick Pearce tarafından tasarlan Eastgate Center (Pearce, 2016), işlevi ve süreci taklit eden davranış düzeyinde biyomimetik tasarımın bir örneğidir (Zari 2007). 1996 yılındaki açılışından beri binanın içinde klima veya ısıtma sistemi %90 oranında doğal yollarla sağlanmasıyla, sürdürülebilirlikte küresel dönüm noktası olarak ön planda olmuştur. Pearce, binanın iç sıcaklığını düzenlemenin olası maliyetlerini en aza indirmek için Afrika termitlerinin kendi kendine soğuyan höyüklerinden esinlenmiştir. Termit höyüğü milyonlarca termit böceğinin yaşam alanı olup, kaba bir yapı olarak görünmesine rağmen içine havayı kolayca geçirebilen çok sayıda küçük deliklere sahiptir (Şekil 25). Bu da yapının gün boyunca sıcaklığın değişimiyle nefes almasını sağlamaktadır (National Geographic, 2018).



Şekil 25. Termit böceği höyüğün kendi kendini soğutma sistemi (Ison, 2021; Sustainability Illustrated, 2020)

biyomimikri ve sürdürülebilirlik arasındaki ilişkinin, biyolojik sistemlerin zaman içinde test edilmiş stratejilerini taklit etmek açısından direkt bağlantılı olduğunu ve bu ilişkinin bu gerçeğe sınırlı olmayıp çok daha derin bir konuma sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca biyomimikri yardımıyla tasarımcıların, net sıfır veya net pozitif çevresel sonuçları olan teknolojileri geliştirebildiklerini vurgulamışlardır. Bununla beraber biyomimetik çözümlerin işlevsel olarak oldukça etkili olduğunu eklemişlerdir (Kennedy vd., 2015). Ancak biyomimikri sadece sürdürülebilir sonuçlar doğuramakta ve işlevsel olarak etkili olması sürdürülebilir açısından eksik olamayacağı anlamına gelmemektedir. Zira biyomimetik tasarımlar, potansiyel olarak tehlikeli ve ters etki yaratabilecek şekilde de kullanılabilirler. Örneğin biyomimetik bir buluş olan uçak, insanları kıtadan kıtaya uçurtmak için kullanıldığı gibi gökten bomba yağdırmak için de sıklıkla kullanılmıştır (Kennedy vd., 2015; Benyus, 1997/2022). Ayrıca biyomimetik bir bina, bir organizmaya sadece biçimsel veya estetik olarak benzetilirken işlev olarak benzetilmediği durumunda muhtemelen biyomimetik olmayan bir binadan daha sürdürülebilir olmayacaktır. Diğer yandan, işlev olarak doğal süreçleri taklit edebilen, yapımından kullanımına kadar bir ekosistem gibi işleyebilen bir bina, rejeneratif yapıları çevrenin bir parçası olmak için daha büyük bir potansiyele sahip olacaktır. Her iki bina da biyomimetik olarak adlandırılrsa da sürdürülebilirlik potansiyeli açıkça farklı olacaktır (Zari, 2007). Dolayısıyla, Kennedy vd., (2015)'a göre biyomimikriyi kullanarak daha sürdürülebilir tasarımlar oluşturmayı amaçlayan tasarımcıların, biyolojik stratejileri hem biçim, hem süreç, hem de ekosistem olmak üzere üç düzeyde taklit etmeye çalışmaları gerekir. Onlara göre bu çok düzeyli yaklaşım, sürdürülebilir performans açısından oldukça başarılı çözümler elde etmek için en etkili olan yöntemdir.

Diğer yandan Benyus, bir projeye ilginç bir teknolojiyi eklemenin iyi bir başlangıç olabileceğini ancak sürdürülebilirlik sorununu tamamen çözmeyeceği konusunda uyarmıştır (Rossin, 2010). Kennedy vd., (2015), net pozitif etki sağlamayan, ancak mevcut duruma kıyasla çevresel veya sosyal performansı açısından herhangi bir artışla iyileştiren bir biyomimetik tasarım takip edilmeye değer olduğunu vurgulamıştır. Üstelik her bir biyomimetik tasarımın, birbirimizle ve doğal çevremizle daha iyi bir ilişki kurma yarışında en az bir adım öne taşıyabildiğini ifade etmiştir. Kennedy vd., (2015)'a göre biyomimikrinin mutlaka sürdürülebilir sonuçlar

doğurmasının garantisi yoktur. Ancak DeLuca (2016)'nın düşüncesine göre biyomimikri radikal sürdürülebilir inovasyona ulaşmak için gereken süreyi en aza indirme potansiyeline sahiptir.

Zari (2007)'e göre biyomimikri, mimari bir projenin sürdürülebilirliğini arttırmanın bir yolu olarak düşünülecekse, bu hedefi başlangıçta yani tasarıma başlamadan önce dikkate almak gerekir. Bir diğer ifadeyle genel ekosistem ilkelerinin taklit edilmesinin en erken aşamada tasarıma dâhil edilmesi gerektiğini ve tasarım süreci boyunca bir değerlendirme aracı olarak kullanılmasını önermiştir. Dolayısıyla, sürdürülebilirliğin kontrol listesi olarak biyomimikri ilkelerinin kullanılması gerekmektedir (Oguntona vd., 2017). Rossin (2010) çalışmasında, tasarım sürecinde biyomimikri ilkelerinin uygulanmasının tasarımcıyı yeni sürdürülebilir uygulamalar, teknolojiler ve yaklaşımlar çağına taşıyacağı sonucuna vardığını ifade etmiştir. Ayrıca biyomimikrinin insan sorunlarını sürdürülebilir bir şekilde çözmeye yardımcı olmak için uygulanabilir bir yaklaşım olarak kabul edildiğini eklemiştir.

Araque vd., (2021), kısıtlı kaynaklar ve geleneksel uygulamaların artık sürdürülebilirlik sorununu çözmede yetersiz kaldığına, tasarım düşüncesini değiştirmenin ve biyomimetik temelli yeni stratejiler kullanarak doğanın yaptığı gibi sorunları çözmede en verimli yolları bulmanın önemine dikkat çekmişlerdir. Demografik büyümenin, aşırı ısınmanın ve kentsel ısı adası etkisinin artmasına dikkat çeken Araque vd., (2021), bu durumu iyileştirmek için biyomimikriye dayalı stratejilerin değerlendirmesine yönelik araştırmalara teşvik edilmesi gerektiğini ifade etmişleridir. Çalışmalarında Panama'daki tarihi bir miras kentinde çeşitli biyomimikri temelli soğutma stratejilerinin termal performansını incelemiş ve Envi-met yazılımı kullanarak zebra derisi, insan derisi, evaporatif soğutma ve karınca derisi gibi stratejilerin etkisini değerlendirmişlerdir. Bu stratejilerin “hava sıcaklığını düşürdüğü, radyan sıcaklığını azalttığı ve termal konforu arttırdığı” sonucuna varan Araque vd., (2021) sürdürülebilir stratejilerin biyomimikriye dayalı düşünceyle geliştirilmesinin önemini vurgulamışlardır.

Helmy vd., (2020), biyomimikri kavramının sürdürülebilirliğin artmasına katkıda bulunabileceğini ve yapılı-doğal çevrenin arasındaki dengeyi kurmanın bir yolu olduğunun sonucuna varmışlardır. Bununla beraber iklim değişikliğinin etkilerini ele alabilecek uzun vadeli çözümlerin de biyomimikriden elde edilebileceğini ifade

etmişlerdir. Biyomimikrinin yapılı çevrede sera gazı emisyonlarını azalttığını ve karbonun biyomimetik olarak tutulması ve depolanmasının, geleceğin şehirlerinde yaşanabilirliği iyileştirmenin ve doğayı korumanın bir yolu olduğunu eklemişlerdir. Ayrıca biyomimetik yöntemlerin doğru kullanımı durumunda, kentsel çevre için sadece sürdürülebilir çözümlere ulaşılmasını sağlamakla kalınmayacağını, aynı zamanda doğal sistemin yenilenmesi ve restore edilmesini de sağlayabileceğini savunmaktadırlar.

Bhatia vd., (2018)'a göre doğayı taklit etmenin, mimarlık ve tasarımın hem yapılı çevrenin bir parçası olması açısından hem de yenilikçi fikirler sunması için en iyi yaklaşım haline geldiğini düşünmektedirler. Ayrıca geleceğin tüm binalarının sürdürülebilir olması için, mimarların ve tasarımcıların doğanın en iyi fikirlerini taklit eden biyo-esinli tasarım uygulamaları üretmesi gerektiğinin şiddetli bir ihtiyaç olduğunu vurgulamışlardır.

Shahda vd., (2014)'e göre doğa; bize sistemleri, malzemeleri, süreçleri, yapıları ve estetiği öğretebilecek en önemli öğretmendir. Yüksek verimli binaların, sürdürülebilir enerji ve malzemelerin biyomimikrinin sonuçları olabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca Biyomimikriyi kullanarak, karmaşık ekosistemler gibi işleyen şehirlerin tasarlanabileceğini de düşünmektedirler.

Omran'a göre (2016) biyomimikriyle yaşamı ya da doğayı kopyalayarak ya da taklit ederek milyarlarca yıllık deneyimden faydalanabilir, hiçbir israf ya da bakım gerektirmeden sonsuza kadar yaşayabilecek ürünler üretilebilir. Dolayısıyla Biyomimikriye dayalı tasarım süreçlerinde hem zaman tasarrufundan yararlanılır hem de sağlam sonuçlar elde edilebilir (Erzincan vd., 2021).

1.4. Peyzaj Mimarlığının, Doğa, Ekoloji ve Sürdürülebilirlik İle İlişkisi

Peyzaj, Fransızca dilinden aktarılmış bir sözcük olup görünüm, manzara, arazi parçası veya araziye ait bir mekân birimi anlamına gelmektedir. Ayrıca bu terim bir arazi parçasının yapısal, ekolojik, fonksiyonel, biyolojik karakteristiklerinin toplamını ifade eder (Çepel, 1988). Tschakert vd., (2023), peyzajın sadece belirli bir noktadan görülen bir manzaradan ibaret olmadığını ancak belirli bir bölgede bir arada bulunan çevresel ve insani olayların birleşiminden ibaret olduğunu ifade etmişlerdir. Murphy (2016)'a göre *Peyzaj* karmaşık bir terim olup, tasarlanmış bir ortam, doğal bir sahne

ya da enerji ve maddeyi organize eden ekolojik bir sistem olarak tanımlamıştır. Avrupa Peyzaj Sözleşmesine göre ise *Peyzaj* teriminin tanımına “İnsanlar tarafından algılandığı şekliyle, karakteri doğal ve/veya insanî unsurların eyleminin ve etkileşiminin sonucu olan bir alan anlamına gelir” şeklinde tanımlamıştır (URL-11). Bununla birlikte Hunt vd., (2023), peyzajı genel olarak Dünya yüzeyinin bir yerden görülebilen bir parçası şeklinde ifade etmişlerdir. Ancak onun kültürel ve doğal olmak üzere iki türe ayrıldığını eklemişlerdir. Doğal peyzaj, doğada doğal haliyle var olan dağ, nehir, kanyon, ağaç vs. gibi unsurları içeren manzaralardır. İnsanların değiştirdiği peyzaj ise kültürel peyzajdır. Örnek olarak insanların yetiştirdikleri bitkiler, baktıkları hayvanlar ve inşa ettikleri yapılar kültürel peyzajları oluştururlar (Hunt vd., 2023). Çevre, hava, su, hayvanlar, ormanlar, dağlar, nehirler, kanyon, vadi ve benzerleri gibi peyzajın içindeki doğal orijinli şeylerden ibarettir (Marsh, 2010). *Peyzaj*, dere, orman vb. olan doğal yerleri kapsadığı gibi bina, yol vb. olan insan yapımı yapıları da kapsayabilmektedir. Çevre ve Peyzaj terimlerin arasındaki fark, Çevre genellikle sadece insanların etkileşimde bulunduğu insan dışındaki olguları kapsarken *Peyzaj* ise hem insanı hem de insan dışındaki diğer olguları kapsamaktadır. Dolayısıyla peyzaj yaklaşımının özellikleri ne tamamıyla doğal ne de tamamıyla insan yapımıdır (Tschakert vd., 2023). Özet olarak peyzajlar doğal sistemlerle oluşturulur ancak tarih ve kültür tarafından da şekillendirilir (Adedeji, 2011).

Peyzaja ve birbirine bağlı olan çeşitli disiplinler mevcuttur (Marsh, 2010). Örneğin Çepel, (1988)’in eşdeğer olarak değerlendirmiş olduğu *Peyzaj Düzenleme*, *Peyzaj Planlama*, *Peyzaj Amenajmanı*, *Çevre Düzenleme* ve *Çevre Planlama*, bunlardan bazılarıdır. Marsh (2010)’a göre *Çevresel planlama*, sosyal, kültürel, siyasi ve çevresel faktörlerin odak noktası olduğu planlama ve yönetim faaliyetlerin uygulandığı genel bir başlıktır. *Peyzaj Planlamanın* ise coğrafya, peyzaj mimarlığı, şehir ve bölge planlaması gibi peyzaj alanlarının çevre mühendisliği ve halk sağlığı ile daha yakından bağlantılı olan diğer çevre planlama alanlarından ayırmak için kullanılan bir terim olduğunu eklemiştir. Avrupa Peyzaj Sözleşmesine göre *peyzaj planlama*, “Peyzajların geliştirilmesi, restore edilmesi veya yaratılması için yapılan ileri görüşlü, güçlü eylem anlamına gelir” (URL-11).

Marsh (2010) peyzaj planlamanın çevresel sürdürülebilirlikle ilişkisine dikkat çekerek onun en önemli görevlerinden birisinin, “Kalkınmayı, çevre duyarlı

planlamalara ve uzun vadeli sürdürülebilir peyzajlar sağlayan, arazi kullanımı ile çevre arasındaki uyumsuzlukları önleyen tasarımlara yönlendirmek” olduğunu ifade etmiştir. Adedeji (2011)’e göre Peyzaj Planlama hem kentsel hem de kırsal ortamlarda mevcut ve gelecek nesillerin yararına başarılı ortamlar yaratmak için büyük ölçekli stratejilerin, politikaların ve planların geliştirilmesi ve uygulanmasıdır. Ayrıca çevre tahribatlarını, sağlam arazi kullanımı ve sağlam peyzaj planlamanın ilke ve teknikleri ile durdurulabileceğini ve olumsuz etkilerin tersine çevrilebileceğini düşünmektedir.

Peyzaj mimarlığı, şehir ve bölge planlaması peyzaj planlama ve tasarımın alanlarından olup coğrafya, jeoloji, hidroloji, toprak bilimi, ekoloji gibi bilim dallarıyla direkt ilişkilidir (Marsh, 2010). Peyzaj mimarlığı, peyzajı anlamaya ve şekillendirmeye adanmış bir tasarım disiplini. Onun birincil rolü, yaşamın işlevini, sağlığını ve deneyimini iyileştirmek için peyzajın karmaşıklığını anlaşılabilir, üretken ve güzel mekânlar olarak düzenlemektir (Murphy, 2016). Peyzaj mimarları, peyzajın hem doğal hem de inşa edilmiş olgularıyla çalışır ve onları kullanışlı ve hoş ortamlarda harmanlamaya çalışırlar (Marsh, 2010). Çepel (1988) peyzaj mimarının doğal kaynaklardan optimum düzeyde yararlanmayı sağlayacak estetik planlar yapan ve bunları uygulayan, biyolojik ve teknik bilgilere sahip bir meslek elemanı olarak tanıtmaktadır. Ayrıca peyzaj mimariyi doğal verileri, estetik ve ekolojik ilişkisini dikkate alarak plan yapan bir meslek elemanı olarak da tanıtmıştır (Çepel, 1988). Ayrıca Çepel (1988) peyzaj mimarları, peyzaj plancıları, coğrafyacılar, tasarımcı ve mimarlar tarafından doğal ve kentsel sistemler arasında bir köprü kurmak için geliştirilen ve modern ekolojinin bir dalı olan *peyzaj ekolojisi* yaklaşımını vurgulamaktadır. Bu yaklaşımın insan, hayvan, bitki ile bunların fiziksel çevrelerini ve bunlar arasındaki ilişkileri konu alan bir bilim dalı olup çeşitli disiplinler arasında bağ kurduğuna dikkat çekmiştir. Şahin, (2009)’a göre “Peyzaj ekolojisi biliminin peyzajın planlaması ve yönetiminde doğanın karmaşık yapısının tanımlanmasında en önemli temeli sağlamakta” olduğunu öne sürmüştür. Peyzaj ekolojisi yaklaşımı peyzaj mimarlığında bir bölgenin doğal, tarihi, sosyal ve kültürel faktörlerini dikkate alarak yalnızca çevresel açıdan sürdürülebilir değil, aynı zamanda kültürel ve estetik açıdan da uygun ortamlar yaratma ve geliştirmek için katkıda bulunma potansiyeline sahiptir. Bu yaklaşım peyzaj mimarları için, bir bölgenin kendine has özellikleri ve bağlamıyla

uyumlu mekânlar tasarlamayı ve bu mekânların hem doğal hem de kültürel peyzaja olumlu katkıda bulunmasını sağlar (Makhzoumi, 2000; Makhzoumi, 1999).

Adedeji (2011)'a göre peyzaj tasarımında, insanın yaşadığı ve etkileşimde bulunduğu doğal dünyanın temel bileşenleri olan iklimin, bitki örtüsünün, suyun, topografyanın, rölyefin, drenaj düzeninin ve toprağın etkisi göz ardı edilmemelidir. Kullanıcı ihtiyaçları her ne kadar tasarım sürecinin temelini oluşturuyor olsa da peyzaj tasarımında iklim, jeoloji, bitki örtüsü, vahşi yaşam ve diğer doğal çevredeki unsurların karmaşık etkileşimini dikkate alınması gerekir. Bu yaklaşım peyzaj tasarımının doğal süreçlerle uyum içinde olması ve sürdürülebilir bir şekilde kullanıcı ihtiyaçlarını karşılaması için gereklidir. Diğer yandan Murphy (2016)'e göre peyzaj mimarlığının değerleri estetik, ekolojik ve sosyal olmak üzere üç geniş alana yayılmıştır. Ona göre Peyzaj mimarlığı hem insan deneyimini geliştirmeye hem çevresel kaliteyi sürdürmeye hem sosyal eşitliği sağlamaya kendini adanmış bir meslektir. Üstelik bir disiplin olarak peyzaj mimarlığı çevre, tasarım, sanat, bilim ve sosyal bilimlerin kesişim noktasında yer almakta olup onları birbirleriyle birleştirme rolüne sahiptir (Murphy, 2016; IFLA,2020). IFLA (2020)'nın Peyzaj mimarlarının görevlerini tanıtırken ekolojik sürdürülebilirliği vurgulanmıştır. Şöyle ki tanıma göre peyzaj mimarları, doğal ve inşa edilmiş çevreleri planlar, tasarlar ve yönetirlerken ekolojik sürdürülebilirlik, estetik, bilimsel ilkeler ve sosyal adalet gibi değerleri göz önünde bulundururlar. Ayrıca, iklim değişikliği, ekosistemlerin istikrarı, sosyo-ekonomik gelişmeler ve toplum sağlığı gibi faktörlerle de ilgilenirler. Bu şekilde IFLA (2020)'a göre peyzaj mimarları çeşitli disiplinlerle işbirliği yaparak onları yönlendirerek ve koordine ederek sosyal ve ekonomik refahı artırmak için doğal ve kültürel ekosistemler arasındaki etkileşimlerle ilgilenirler ve çeşitli mekânlar yaratırlar.

Seçkin vd., (2011)'a göre iyi bir peyzaj tasarımı, canlı organizmaların sağlığını koruyarak ve iyileştirerek doğal olayların hem faydalı hem zararlı olan tüm yönlerini dikkate alır. Başarılı bir sürdürülebilir peyzaj tasarımı, bölgesel ve hatta küresel çevresel sorunları göz önünde bulundurmalıdır. Bu yaklaşım, etkin enerji kullanımı, en düşük su tüketimi ve bakım maliyetleriyle birlikte dayanıklı ve yaşanabilir bir dış mekân oluşturmayı amaçlar. Tasarım sürecinde, ortamdaki tüm canlı organizmaların yaşamını koruyarak, bölgesel koşullara uyum sağlanır ve doğal olaylardan en iyi

şekilde faydalanılır. Mevcut peyzaja minimum zarar verilmesi için dönüşümlü ve yerel malzemeler tercih edilir (Seçkin vd., 2011). Sürdürülebilir peyzajlar sürdürülebilir binalara nazaran, genellikle daha büyük, daha karmaşık ve planlama ve tasarım problemleri olarak daha zorlu olan doğal sistemlere bağımlıdır. Çünkü sürdürülebilir binalar ondan büyük ölçüde imal edilmiş sistemlere bağımlıdır. Sürdürülebilir sistemler yaratmak için daha az teknolojik müdahale ve doğanın çözümlerine daha fazla dikkat edilmesi gerekmektedir (Marsh, 2010). Marsh, (2010)'a göre peyzaj planlamasındaki hedef, peyzajın sistemlerini uzun vadeli performansını koruyacak şekilde değişime yönlendirme olmalıdır.

Murphy (2016)'nin ifade ettiği üzere insanlık tarihi boyunca insanların peyzajı kendi ihtiyaçları ve istekleri doğrultusunda şekillendirme kabiliyetleri artmıştır. Ancak insanın peyzajı değiştirme gücü arttıkça, onu akıllı bir şekilde yapma, peyzajı değeri yüksek bir kaynak olarak görüp onu koruma ve inşa edilmiş çevreye amaç veya anlam kazandırma sorumluluğu da arttığını vurgulamıştır. Ancak bugün kolektif olarak bir yaşama yeri olan *Peyzaj* insanların ortak sorumluluğu olan bir çevreden daha çok, mülk edinebilecek veya sahip olunması gereken, bir bölge olarak görülmekte ve değerlendirilmektedir (Gintis, 2007; Murphy, 2016). Şahin (2009)'e göre modern dönem, insanın esasta doğanın bir parçası olduğunu unutturmuş ve onun doğanın efendisi olduğu kanaatine getirmiştir. Bununla birlikte Çepel (1988) ileri teknolojinin insana refah ve konforu getirmekle kalmadığını, uluslararası rahatsızlık olan çevre sorunlarını da beraberinde getirdiğini vurgulamıştır. Şahin (2009) çevresel ve ekolojik sorunların temelini *toplumsal* olarak nitelendirmiştir. Çünkü insan-doğa ilişkisi olması gerektiği gibi irdelenmemekte, kenstel ortamlarda insan-doğa ilişkisi toplumlarda yer edinememiş ve doğa *öteki* konumunda görülmektedir (Şahin, 2009).

Çepel (1988) ekolojik anlamda en önde olan temel ilke olarak, doğal sistemlerin yapı ve işlevlerinin incelenip öğrenilmesi gerektiğine dikkat çekmiştir. Çünkü doğal sistemlerdeki canlı toplumlar ile çevreleri arasında “doğa yasalarına göre kurulmuş oldukça hassas bir denge” vardır (Çepel, 1988). Ayrıca Arne Naess'in vurguladığı gibi içerisinde karmaşık ilişkilerin olduğu doğada yüksek işbirliği yeteneği bulunmaktadır (Şahin, 2009). Marsh (2010) ise peyzajın gerçek karakterini bulmanın yolu, arazinin nasıl işlediğini, nasıl değiştiğini ve yaşamla nasıl etkileşime girdiğini anlamaktan geçtiğini öne sürmüştür. Zira ona göre iyi bir doktor insan vücudundaki

bir organın formunda veya bileşimindeki değişikliklerden işlevsel sorunları okuyor ve anlayabiliyorsa, iyi bir arazi öğrencisi de arazide bunu yapabilmelidir. Çünkü insan vücudundaki organlarda olduğu gibi arazide de biçim ve işlev birbirine bağlıdır (Marsh, 2010).

Murphy (2016), geçmişte peyzaj mimarları tarafından yapılan tasarımların amacının işlevsel, estetik ve ilham verici olduğunu, gelecekte ise insanlar için olduğu kadar peyzajlar için de onarıcı, yaşamı sürdürücü ve yenileyici olmaları gerektiğini vurgulamıştır. Seçkin vd., (2011) bir peyzaj alanının, izole edilen bir ada olarak değil, çevresel bütünlüğün bir parçası olarak görülmesi ve değerlendirilmesi gerektiğine dikkat çekmişlerdir. Marsh (2010)'a göre ise peyzaj planlamasının sonucu eylem ve değişikliklerin 'doğa tarafından büyük ölçüde görünmez' olacak şekilde, sürdürülebilir bir peyzaja doğru ilerliyor olması gerekmektedir.

Ian McHarg profesyonel peyzaj mimarı, şehir plancısı ve aynı zamanda ilham alan bir ekoloğtur. Doğaya ve insan faaliyetlerine ekolojinin dış bakışıyla bakmakla kalmamış olup, kendini onun içerisinde bir aktör ve katılımcı olarak görmektedir (McHarg, 1995). Editör olan Lewis Mumford'e göre McHarg'ın *Design With Nature* (Doğayla tasarım) kitabı, insan yaşamının doğa güçlerine bağlı olduğunu, doğanın hükmedilmesi gereken bir yer olmadığı, yolların anlaşılması ve öğütlerine saygı duyulması gereken bir dost olarak görülmesi gerektiğini kamuoyuna kabul ettirmiştir (McHarg, 1995). McHarg (1995) *Doğa ile Tasarım* başlığıyla doğanın kendisi veya tasarımın kendisi değil, insanın ve doğanın içindeki biyolojik *ortaklığı* ima eden *İle* edatı üzerine vurgulamıştır. McHarg (1995)'a göre peyzaj mimarlığı doğanın verdiği heyecanı başkalarına (Önek olarak kendi tabiriyle olan "makinenin esareti altındaki şehir sakinlerine") vermeyi mümkün kılmaktır. Ancak bu mesleğin uygulanmasını engelleyen ise insan dünyasında doğanın önemine inanan çok az kişi olması ve doğayla birlikte tasarım yapacak çok az kişi olması olduğunu söylemiştir. İnsanın algılayabilen bilinçli ve ifade edebilen tek varlık olduğunu söyleyen McHarg, biyosferin koruyucusu olması gerekliliğini yerine getirmek için, doğayla birlikte tasarım yapması gerektiğinin vurgulamıştır. Bununla birlikte insan için doğayı yalnızca dekoratif bir arka plan veya şehri iyileştirecek bir kaynak olarak değil, onu bir yaşam kaynağı, yaşam ortamı, öğretmen, kutsal alan olarak görmek, içindeki bilinmeyen ve anlamın kaynağını yeniden keşfetmek ve bunları sürdürme gerekliliğini öne sürmüştür (McHarg, 1995)

1.5. Bibliyometrik Analiz

Bibliyometri nicel bir araştırma yöntemi olup kitap, yayın ve belgeleri ölçme bilimidir (Doğan, 2019). Tarihsel olarak bibliyometrinin kökeni bibliyografyaların istatistiksel çalışmalarına dayanmaktadır. *İstatistiksel bibliyografya*, bilim ve teknoloji tarihi sürecinin belgelerini nasıl daha anlaşılır hale getirilebileceğini tanımlamak için kullanılmıştır. Ancak istatistiksel bibliyografya terimi 1969 yılında Pritchard tarafından *bibliyometri* terimiyle ile değiştirilmiştir (Osareh, 1996). Pritchard (1969)'a göre bibliyometri bilgi paylaşım araçlarından olan kitap, dergi, yayın ve makalelerin matematiksel ve istatistiksel tekniklerle incelenmesidir.

Donthu vd., (2021)'a göre bibliyometrik analiz, sistematik inceleme ve meta-analizden farklıdır. Bibliyometrik analiz Al vd., (2004)'a göre, yayınların veya belgelerin konu, yazar, yayın bilgisi, atıf yapılan kaynaklar gibi özelliklerinin niceliksel bir analizi olup büyük miktardaki bilimsel verilerin araştırılması ve analiz edilmesine yönelik titiz bir yöntemdir. Bu yöntem, belirli bir alanın gelişim sürecini ve evrimsel detaylarını ortaya koyarken, aynı zamanda o alandaki yeni konulara da ışık tutmaktadır (Donthu vd., 2021). Ayrıca hem entelektüel yapıyı hem de kavramsal çerçeveyi anlamaya yardımcı olmakta, belirli konulardaki araştırmaların ilerleyişine dair fikir verme ve değerlendirme süreçlerini kolaylaştırmaktadır (Zupic, 2015). Bibliyometrik araştırma kütüphane koleksiyonları yanında Scopus, Web of Science, Google Scholar gibi akademik veri tabanlarından elde edilen bilgilerin üretimi, yayılımı ve kullanımına yönelik niceliksel analiz yoluyla bilimsel bir belgeleme yöntemidir. Böylelikle bilimsel araştırma mekanizmasının daha iyi anlaşılmasına katkı sağlamaktadır (Osareh, 1996; Büyükkıdık, 2022). Bunun yanı sıra bibliyometrik araştırma; herhangi bir konudaki en verimli araştırmacıların belirlenmesine, ülkeler arasında karşılaştırma yapılabilmesine, kurumlar arasında karşılaştırma yapılabilmesine, çeşitli disiplinlerde bilimsel iletişimin nasıl gerçekleştirildiği hakkında bilgiler edinilmesine de katkı sağlamaktadır (Doğan, 2019). Özetle bibliyometrik analiz, bir çalışma konusunun büyümesini ve gelecekteki olasılıklarını belirlemek için etkili bir analiz yöntemidir (Varshabi vd., 2022).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışmanın materyalini bilimsel bir literatür veri tabanı olan Scopus veri tabanında farklı bilimsel dergilerde basılan ve biyomimikri konusunda çalışmaların artış gösterdiği 1994 yılından itibaren 2023 yılına kadar olan makale ve derlemeler oluşturmaktadır.

2.2. Yöntem

Çalışmanın amacı kapsamında *peyzaj mimarlığı alanında sürdürülebilir ve/veya ekolojik tasarım bağlamında biyomimikrinin kullanım* durumunu akademik çalışmalar vasıtasıyla sayısal olarak ortaya koymak için Scopus veri tabanında bütünden parçaya ulaşılacak şekilde, adım adım değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan bu çalışmanın amacı doğrultusunda veri tabanında bulunan akademik çalışmalar vasıtasıyla;

1.*Biyomimikrinin* konusunda yapılan akademik çalışmaların mevcut durumu (3.1.1 bk.),

2.*Sürdürülebilir ve/veya ekolojik tasarım ile birlikte biyomimikrinin* ele alındığı akademik çalışmaların mevcut durumu (3.1.2. bk.),

3.*Peyzaj mimarlığında sürdürülebilir ve/veya ekolojik tasarım ile birlikte biyomimikrinin* ele alındığı akademik çalışmaların mevcut durumu irdelenmiştir (3.1.3. bk.).

Belirtilen bu her üç bölüm için çalışmamızda aşağıdaki sorular aranmıştır:

- (1) Yapılan akademik çalışma sayısı kaç adettir?
- (2) Çalışmaların yıllara göre dağılımı hangi düzeydedir?
- (3) En etkili yazarlar kimlerdir?
- (4) En etkili yayınlar hangileridir?
- (5) En etkili dergiler hangileridir?
- (6) En etkili ülkeler ve üniversite veya kurumlar hangileridir?

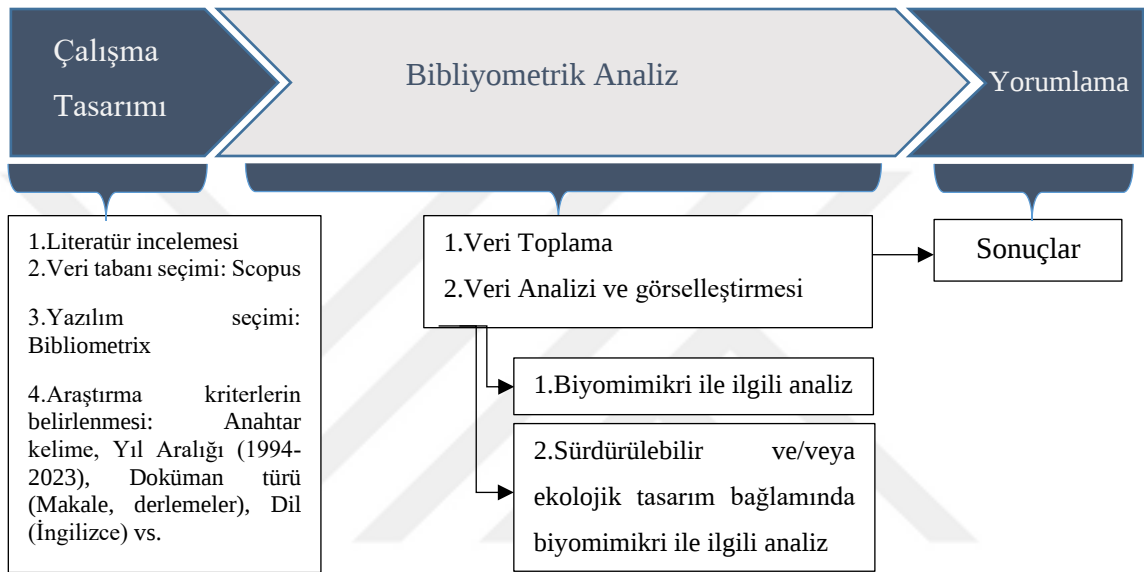
Bu çalışmada benimsenen metodolojinin üç ana aşaması aşağıda detaylandırılmıştır. Çalışmanın iş akışı şeması Zupic (2015)'in önerilen standart bilim haritalama iş akışından, Ayrıca Aria vd., (2017), Varshabi vd., (2022)'nın

çalışmalarından esinlenerek üç aşamadan oluşturulmuştur. Şekil 27’de belirlenen yöntem ve aşamaları yer almaktadır. Buna göre çalışma yöntemi;

1. Aşamada literatür incelemesi, veri tabanı seçimi, yazılım seçimi ve araştırma kriterlerin belirlenmesini kapsamaktadır.

2. Aşama olan bibliyometrik analiz süreci, veri toplama, veri analizi ve görselleştirmesini kapsamaktadır.

3. Aşama, analiz bulgularını yorumlama sürecini kapsamaktadır.



Şekil 27. Çalışmada uygulanan yöntemin şeması

Çalışmada kullanılan bibliyometrik analiz yöntemi, istatistiksel yöntemler kullanılarak akademik yayınların, yazarların, kurumların kalitesiyle ilgili nitel ve nicel değerlendirmeler sağlar. Bu yöntemlerde atıflar, etki faktörleri ve zaman aralığı verileri gibi çeşitli ölçütler kullanılır (Dalavi vd., 2022). Günümüzde bilimsel keşifler arttıkça bilgi birikimi de artmakta ve bibliyometrik göstergeler gün geçtikçe daha kritik hale gelmektedir (Durieux, 2010; Büyükkıdık, 2022). Doğru bir şekilde planlanıp uygulanmış bibliyometrik çalışmalar, bir bilim alanını daha ileri ve doğru yollarla ilerletmek için sağlam bir temeldir. Şöyle ki, bibliyometrik çalışmalar sayesinde araştırmacılar belirli bir alana genel bir bakış elde ederek, bilgi boşluklarını görebilir, araştırmaları için yeni fikirler türetebilir ve alana amaçlanan gerekli katkıları doğru bir biçimde de konumlandırabilirler (Donthu vd., 2021).

2.2.1. Veri Tabanı Seçimi

Bibliyometrik analizler, uygun veri tabanlarından veri çıkararak gerçekleştirilebilir. Scopus, Clarivate, SCImago, Mendeley, ScienceDirect, DBLP, Google Scholar ve Study Doors, vb. en yaygın olan yayın veritabanlarıdır (Kshirsagar, 2021).

Çalışmanın veri toplama aşamasında uygun anahtar kelimeler yardımıyla Scopus veri tabanı kullanılmıştır. Çünkü Scopus, hakemli akademik özetlerin ve alıntıların ana koleksiyonudur (Kshirsagar, 2021). Ayrıca, açık erişimli, geniş bir konu yelpazesi için en kapsamlı veri kaynaklarına sahip olup içerik erişilebilirliği ile ilgili karışıklık veya ek kısıtlamaların olmadığı bibliyografik veri tabanlarından biri olarak kabul edilmektedir (Pranckute, 2021; Verbrugghe; 2023). Schotten vd., (2017), Scopus veri tabanını araştırmaları izlemek, analiz etmek ve görselleştirmek için akıllı araçlara sahip, indekslenmiş, hakemli, bilimsel literatürün en büyük özet veri tabanı olarak tanımlandığını ifade etmişlerdir. Ayrıca Scopus, Institute for Scientific Information ve Scopus tarafından endekslenen ve sıralanan makaleleri içermektedir (Secinaro vd., 2020; Oakleaf, 2010).

2.2.2. Yazılım Seçimi

Bibliyometrik analiz aşamasında ise, Bibliometrix paketindeki Biblioshiny uygulamasından yararlanılmıştır. Bibliometrix, bilimsel literatürün kapsamlı bilim haritalama analizini yürütmek için açık kaynaklı bir araçtır. Paket istatistiksel hesaplama ve grafikler için bir programlama dili olan R dilinde programlanmıştır. Massimo Aria ve Corrado Cuccurullo tarafından oluşturulmuş ve geliştirilmiş olan Bibliometrix, bibliyometrik analizler gerçekleştirmek için önerilen standart iş akışını desteklemektedir (URL-12; Aria vd., 2017). Bibliometrix paketi, bibliyometri alanında nicel araştırmalar için bir dizi araç sağlamaktadır. Ayrıca SCOPUS, Clarivate Analytics Web of Science, Cochrane Database of Systematic Reviews (CDSR) ve RISmed PubMed/MedLine olmak üzere dört ana bibliyografik veri tabanından çıkarılan verilerle çalışabilmektedir (Aria vd., 2017). Biblioshiny, Bibliometrix paketine dâhil edilmiş bir web tabanlı uygulamadır. Bu uygulama kodlayıcı olmayanların Bibliometrix'i kullanmasını kolaylaştırmakta olup kodlayıcı-olmayan kullanıcı dostudur (URL-13). Bu aşamada Scopus veri tabanından alınan bibliyografik

veriler Biblioshiny programında analiz edilmiştir. Scopus veri tabanında ilgili anahtar kelimelerle yapılan arama sonuçlarının bibliyometrik verileri Biblioshiny uygulamasının haritalama yöntemleri ile analiz edilerek görselleştirilmiştir.

2.2.3. Araştırma Kriterlerinin Belirlenmesi

Çalışmada, Scopus veri tabanındaki taramada *biomimicry* kelimesi birincil anahtar kelime olarak seçilmiştir. Belgelerin incelemesi, Mayıs 2024'te tarihinde gerçekleştirilmiştir. *biomimicry* terimiyle yapılan arama hiçbir sınırlamaya tabi tutulmadan Scopus'da 1982 yılından 2024 yılına kadar makale, derleme, konferans bildirisi, kitap bölümü gibi çeşitli dokümanlarla 16216 sonucu vermiştir. Ancak araştırma, bir mikro alan üzerindeki bilgi yapısını görselleştirmeyi amaçlamaktadır. Dolayısıyla arama birkaç filtrelemeye tabi tutulmuştur. Ayrıca Mayıs 2024'te tarihinde ilgili tüm veriler, veri tabanlarının düzenli olarak güncellendiği göz önünde bulundurularak tek bir günde toplanmıştır.

2.2.3.1. Sınırlılıklar

Birinci Aşama; İnceleme ilk etapta Scopus veri tabanında *biomimicry* anahtar kelimesi kullanılarak *Article Title*, *Abstract and keywords* olan (başlıklar, özetler ve yazar anahtar kelimeleri) arama seçeneğini kullanarak gerçekleştirilmiştir. Scopus veri tabanında, biyomimikri ile ilgili yeterli literatürü elde etmek için çok sayıda yayından yararlanmıştır. *Article Title*, *Abstract and keywords* arama sonucuna göre 1982-2024 yılları arasında 2718 belge elde edilmiştir.

Bir sonraki adımda yalnızca hakemli bilimsel yayınlar dikkate alınmıştır. Dolayısıyla konferans bildirileri ve kitaplar dâhil edilmemiştir. Çünkü hakemli inceleme süreci güvenilir bilimsel iletişimi kolaylaştırmakta, anlamlı araştırma sorularını teşvik etmekte ve doğru sonuçlara ulaşılmasını sağlamaktadır (Kelly vd., 2014; Secinaro vd., 2020). Bu nedenle, Scopus'ta yalnızca *Article* (makale) ve *Review* (derleme) içeren *Document Type* (Belge türü) filtresi kullanılmıştır. Ayrıca *Source type* (kaynak türü) filtresi için sadece *Journal* (Dergi) filtresi kullanılmış, *Publication stage* olan yayın aşaması filtresi *Article in press* olan basımdaki belgeler çıkarılmıştır. *Language* (Dil) filtresi için ise sadece İngilizce dili seçilmiş olup coğrafi yayılım açısından en temsili sonucu elde etmek için *Country/Territory* olan (Ülke/Bölge)

filtrelemesi yapılmamıştır. Yıllar içinde bir araştırma eğilimi sağlamanın amaçlandığı nedeniyle araştırma süresinin uzun olması istenmiştir. İlk ortaya çıkan Nihai örneklem, 1994 ile 2023 yılları arasında yayımlanan 1634 bilimsel kaynaktan oluşmaktadır.

İkinci Aşama; Bu aşama bir önceki aşamada sonuçlanan örneklemin detaylandırılmasını içermektedir. Scopus arama yöntemi, kullanıcıların daha spesifik sonuçlar üretmek için anahtar kelimeleri AND, NOT ve OR gibi operatörlerle birleştirmelerine olanak tanıyan bir arama türü olan Boolean sözdizimini desteklemektedir. Boolean yöntemiyle Scopus arama çubuğunda *Kelime 1* AND *Kelime 2* yazılması arama sonucu yalnızca iki kelimeyi içeren belgelerle sınırlandırılacaktır (URL-14). Bir diğer deyişle Scopus veri tabanında aratılan iki terim arasında AND (ve) yazılması, çıkacak sonuçların içinde iki terimin aynı anda geçmiş olduğu sonuçları gösterir. OR (veya) yazıldığında ise, iki terimin aynı anda geçme zorunluluğu olmaksızın iki terim arasından herhangi birinin geçtiği yayınları gösterir çünkü OR aramada art arda yazılan terimlerden sadece birinin dokümanlarda bulunmasının yeterli olduğunu durumlarda kullanılır. Dolayısıyla arama terimlerini birleştirerek sonuçları daraltmak için AND, genişletmek için ise OR kullanılır. Bu yöntem araştırılan konunun çoklu anlamlar içeren terimlere sahip olduğu durumunda konuya odaklanmak ve tam olarak aranan konunun bulunmasını sağlayacak farklı bilgileri birleştirmek için kullanılır (URL-15).

Bu bağlamda birinci etapta kullanılan filtrelemelerin aynısını ikinci etapta kullanılarak tez amacına bağlı olacak şekilde araştırmayı daha spesifik bir alana yönlendirmek amacıyla Scopus veri tabanında *biyomimikri* anahtar kelimesini *tasarım* anahtar kelimesiyle birleştirerek tasarım bağlamında biyomimikrinin *sürdürülebilirlik*, *ekoloji* ve *peyzaj mimarlığı* olan anahtar kelimeleri ve eşdeğerleriyle ilişkilerini irdelemek ve ortak alanları ortaya çıkarmak için çeşitli tarama yapılmıştır. Scopus veri tabanında yapılan bu taramalar, AND ve OR kullanılarak Tablo 4'te gösterilen anahtar kelime gruplarıyla gerçekleştirilmiştir.

2.2.4. Verinin Toplanması, Analizi ve Görselleştirilmesi

Veri toplama aşaması; bibliyometrik analizin gerçekleştirilmesi için Scopus veri tabanında yapılan iki aşamalı tarama sonucunda, bibliyometrik analizinin

yapılması planlanan ve filtrelenen veri setlerinin ‘.csv’ uzantılı dosyasının oluşturulmasını içermektedir.

Bu aşamada tanımlayıcı bir bibliyometrik analiz gerçekleştirmek için R yazılımında bibliometrix kodları kullanılmıştır. Yayın başlığı, yayın yılı, dergi, yazar, anahtar kelime, özet ve atıf verilerini içeren CSV formatındaki veri seti, araştırma soruları doğrultusunda Biblioshiny programına analiz edilmek ve görselleştirilmek üzere yüklenmiştir.



3. BULGULAR

3.1. Scopus Veri Tabanında Belge Sayılarına Ait Bulgular

Tablo 4'te Scopus veri tabanında çalışmanın hedefine indirilmesi amacıyla *Biomimicry* anahtar kelimesiyle yapılan 1634 belgeli tarama sonucunun çeşitli kelime gruplarıyla birleştirilerek özelleştirilmesine yönelik yapılan tarama sonuçları gösterilmektedir. Böylelikle, özelleştirilen alanların dağılımları farklı renklerdeki oklarla gösterilmiştir.

Tablo 4'te belirtildiği gibi öncelikle biyomimikri anahtar kelimesi ile genel bir tarama yapıp 1634 belgeye ulaşılmıştır. Tarama aşama aşama özelleştirilerek sonraki basamaklar şu şekilde ilerletilmiştir;

İlk olarak, *Biyomimikri* ile yapılan tarama *Tasarım*'la birleştirilerek sınırlandırıldığında, araştırma 702 adet belgeye düşmüştür.

İkinci olarak, *Biyomimikri ile Peyzaj Mimarlığı* arasındaki ilişkiyi anlayabilmek için, biyomimikri ile peyzaj mimarlığı ve ilişkili olabilecek diğer anahtar kelimeler birleştirilerek tarama yapılmıştır. Bunun sonucunda 4 belgeye ulaşılmıştır.

Üçüncü aşamada, 702 belgeden oluşan *Tasarım bağlamında biyomimikri* ise üç aşamalı olarak ayrı ayrı özelleştirilmiştir. Bu taramada:

- Tasarım-Biyomimikri- Peyzaj Mimarlığı ve Peyzaj Mimarlığı ile ilişkili diğer kelimeler anahtar kelime olarak kullanılarak tarama yapıldığında 3 adet belgeye,

-Tasarım-Biyomimikri-Sürdürülebilirlik anahtar kelimeleri ile 155 adet belgeye,

-Tasarım- Biyomimikri- Ekoloji anahtar kelimeleri ile tarama yapıldığında ise 104 adet belgeye ulaşılmıştır.

Dördüncü aşamada, Tasarım-Biyomimikri-Sürdürülebilirlik veya Ekolojiden herhangi birisi olacak şekilde anahtar kelimeleri ile tarama yapıldığında 210 adet belgeye ulaşılmıştır.

Beşinci aşamada, Tasarım-Biyomimikri-Sürdürülebilirlik ve Ekoloji aynı anda olacak şekilde anahtar kelimeleri ile tarama yapıldığında 49 adet belgeye ulaşılmıştır.

Altıncı aşamada, dördüncü aşamada kullanılan anahtar kelimelere Peyzaj Mimarlığı dâhil edilerek tarama yapılmış ve belge sayısının 3 adet olduğu görülmüştür.

Yedinci aşamada Tasarım-Biyomimikri-Sürdürülebilirlik-Peyzaj Mimarlığı ve bunlarla ilişkili diğer kelimeler kullanılarak yapılan taramada 1 adet belgeye ulaşılmıştır.

Sekizinci aşamada, Tasarım-Biyomimikri-Ekoloji-Peyzaj Mimarlığı ve bunlarla ilişkili diğer kelimeler kullanılarak yapılan taramada 2 adet belgeye ulaşılmıştır.

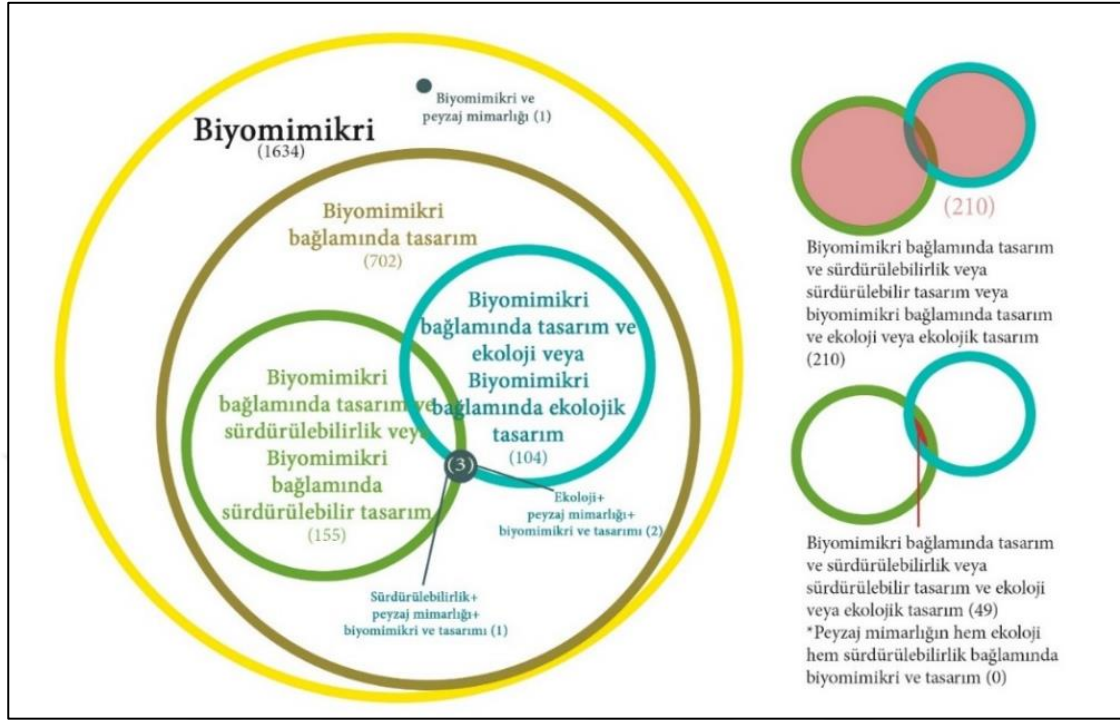
Dokuzuncu aşamada ise, Tasarım-Biyomimikri-Ekoloji-Sürdürülebilirlik-Peyzaj Mimarlığı ve bunlarla ilişkili diğer kelimeler kullanılarak yapılan taramada ise hiçbir belgeye ulaşılamamıştır (Tablo 4).



Tablo 4. Scopus veri tabanında Biyomimikri tarama alanının Tasarım, Sürdürülebilirlik, Ekoloji, Peyzaj Mimarlığı ve eşdeğer anahtar kelimeleriyle özelleştirilmesine yönelik yapılan tarama sonuçları

Hedeflenen tarama sınırları	Anahtar kelimeler	Belge sayısı
Biyomimikri	"Biomimicry"	1634
Biyomimikri bağlamında tasarım	"Biomimicry" AND "design"	702
Biyomimikri bağlamında peyzaj mimarlığı	"biomimicry" AND ("landscape architecture" OR "landscape design" OR "landscaping" OR "landscape planning")	4
(Biyomimikri bağlamında tasarım) ve (peyzaj mimarlığı)	("biomimicry" AND "design") AND ("landscape architecture" OR "landscape design" OR "landscaping" OR "landscape planning")	3
(Biyomimikri bağlamında tasarım ve sürdürülebilirlik) veya (Biyomimikri bağlamında sürdürülebilir tasarım)	("biomimicry" AND "design") AND ("sustainability" OR "sustainable" OR "sustainable design")	155
(Biyomimikri bağlamında tasarım ve ekoloji) veya (biyomimikri bağlamında ekolojik tasarım)	("biomimicry" AND "design") AND ("ecology" OR "ecological" OR "ecological design" OR "regenerative" OR "eco-design" OR "ecofriendly")	104
Biyomimikri bağlamında tasarım ve sürdürülebilirlik veya sürdürülebilir tasarım veya biyomimikri bağlamında tasarım ve ekoloji veya ekolojik tasarım	("biomimicry" AND "design") AND ("sustainability" OR "sustainable" OR "sustainable design") OR ("ecology" OR "ecological" OR "eco-design" OR "ecofriendly" OR "regenerative" OR "ecological design")	210
Biyomimikri bağlamında tasarım ve sürdürülebilirlik veya sürdürülebilir tasarım ve ekoloji veya ekolojik tasarım	("biomimicry" AND "design") AND ("sustainability" OR "sustainable" OR "sustainable design") AND ("ecology" OR "ecofriendly" or "ecological" OR "regenerative" OR "ecological design" OR "eco-design")	49
Peyzaj mimarlığı ile Biyomimikri bağlamında tasarım ve sürdürülebilirlik veya sürdürülebilir tasarım veya Peyzaj mimarlığı ile biyomimikri bağlamında tasarım ve ekoloji veya ekolojik tasarım	("biomimicry" AND "design") AND ("sustainability" OR "sustainable" OR "sustainable design") OR ("ecology" OR "ecofriendly" or "ecological" OR "regenerative" OR "ecological design" OR "eco-design") AND ("landscape architecture" OR "landscape design" OR "landscaping")	3
Sadece sürdürülebilir tasarım bağlamında peyzaj mimarlığında biyomimikri tasarımı	("biomimicry" AND "design") AND ("sustainability" OR "sustainable" OR "sustainable design") AND ("landscape architecture" OR "landscape design" OR "landscaping")	1
Sadece ekolojik tasarım bağlamında peyzaj mimarlığında biyomimikri tasarımı	("biomimicry" AND "design") AND ("ecology" OR "ecological" OR "ecological design" OR "eco-design" OR "regenerative" OR "ecofriendly") AND ("landscape architecture" OR "landscape design" OR "landscaping")	2
Peyzaj mimarlığında hem ekoloji hem sürdürülebilirlik bağlamında biyomimikri ve tasarım	("biomimicry" AND "design") AND ("sustainability" OR "sustainable" OR "sustainable design") AND ("ecology" OR "ecofriendly" or "ecological" OR "regenerative" OR "ecological design" OR "eco-design") AND ("landscape architecture" OR "landscape design" OR "landscaping")	0

Şekil 28’de Tablo 4’te verilen arama sonuçları doğrultusunda alanlar sınır haritasına dönüştürülmüştür.



Şekil 28. Scopus veri tabanındaki belge sayısına göre alan sınır haritası

Tablo 4’teki arama sonucuna göre biyomimikri bağlamında tasarımın içinde sürdürülebilirlik veya ekoloji ya da sürdürülebilir veya ekolojik tasarım anahtar kelimelerinin geçtiği toplam 210 belge bulunmaktadır. Bunların içinde peyzaj mimarlığı ve eşdeğerleri olan anahtar kelimelerin geçtiği sadece 3 belge bulunmaktadır (Şekil 28, Tablo 4).

3.1.1. Biyomimikri’ye Ait Bibliometrik Analize Yönelik Bulgular

Bu bölümde *biyomimikri* ile ilgili akademik çalışmaların mevcut durumunu ortaya koymak üzere Scopus veri tabanında yapılan tarama sonucunda ulaşılan 1634 belgenin bibliyometrik analizi gerçekleştirilmiştir.

3.1.1.1. Scopus Veri Tabanında Ulaşılan Belgelere Ait Genel Bulgular

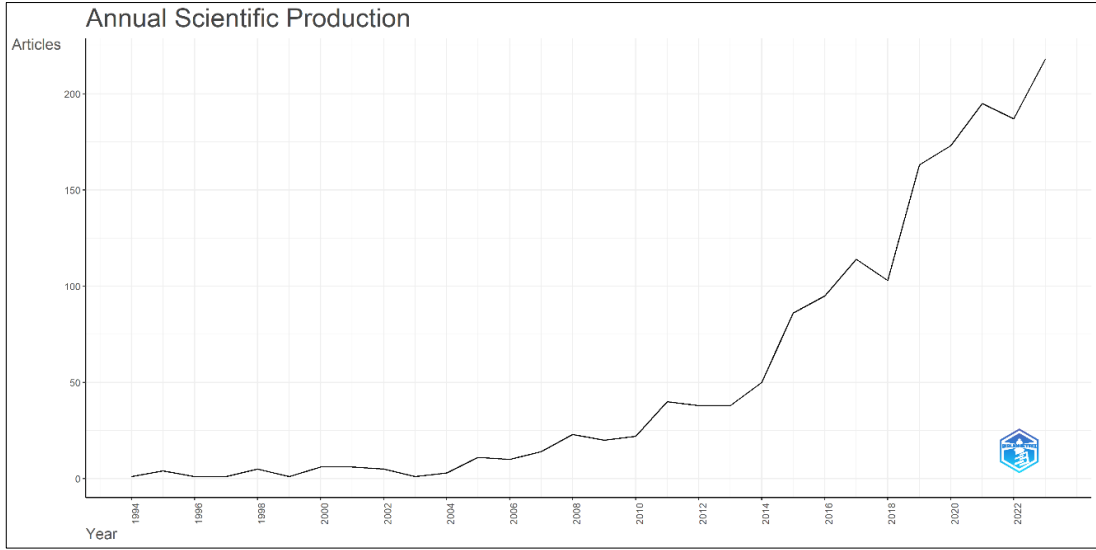
Tablo 5, 1994-2023 yılları arasında yayınlanan ve Scopus veri tabanından alınıp Bibliometrix R paketindeki Biblioshiny uygulaması kullanılarak analiz edilen 1634 belgenin analizine ilişkin genel bilgileri göstermektedir.

Tablo 5. 1634 belgenin verisine ilişkin genel bilgiler

Genel bilgiler başlıkları	Açıklama	Sonuç
MAIN INFORMATION ABOUT DATA	VERİYE İLİŞKİN GENEL BİLGİ	
Timespan	Yayın yılları aralığı	1994:2023
Sources (Journals)	Kaynaklar (Dergiler)	827
Documents	Toplam belge sayısı	1634
Annual Growth Rate %	Yıllık büyüme oranı (%)	20.4
Document average age	Belge ortalama yaşı	6.1
Average citations per doc	Belge başına ortalama atıf sayısı	36.86
References	Kaynak sayısı (Referanslar)	104583
DOCUMENT CONTENTS	BELGE İÇERİĞİ	
Keywords Plus (ID)	Artı anahatr kelimeler	12304
Author's Keywords (DE)	Yazarların anahtar kelimeleri	4856
AUTHORS	Yazarlar	
Authors	Yazar sayısı	5856
Authors of single-authored docs	Belge başına tek yazar sayısı.	164
AUTHORS COLLABORATION	YAZAR İŞBİRLİKLERİ	
Single-authored docs	Tek-yazarlı belge sayısı	182
Co-Authors per Doc	Her belgedeki ortalama ortak yazar sayısı	4.51
International co-authorships %	Uluslararası ortak-yazarlık yüzdesi (%)	25.7
DOCUMENT TYPES	BELGE TÜRÜ	
Article	Makale sayısı	1262
Review	Derleme sayısı	372

Tablo 5'teki bilgiler incelendiğinde 1994-2023 yılları arasında yayınlanmış 1634 belgenin 1262'si makale ve 372'si derleme olduğu görülmektedir. Bununla birlikte belgelerin yayınlandığı toplam 827 dergi bulunmaktadır. Belgelerin atıf yaptığı kaynak sayısı ise toplam 104583'dir. Ayrıca belgelere ait toplam yazar anahtar kelimeleri 4856'dır. Belgelerin toplam yazar sayısı 5856 olup 164'ü tek yazarlı belge yazdığı görülmektedir.

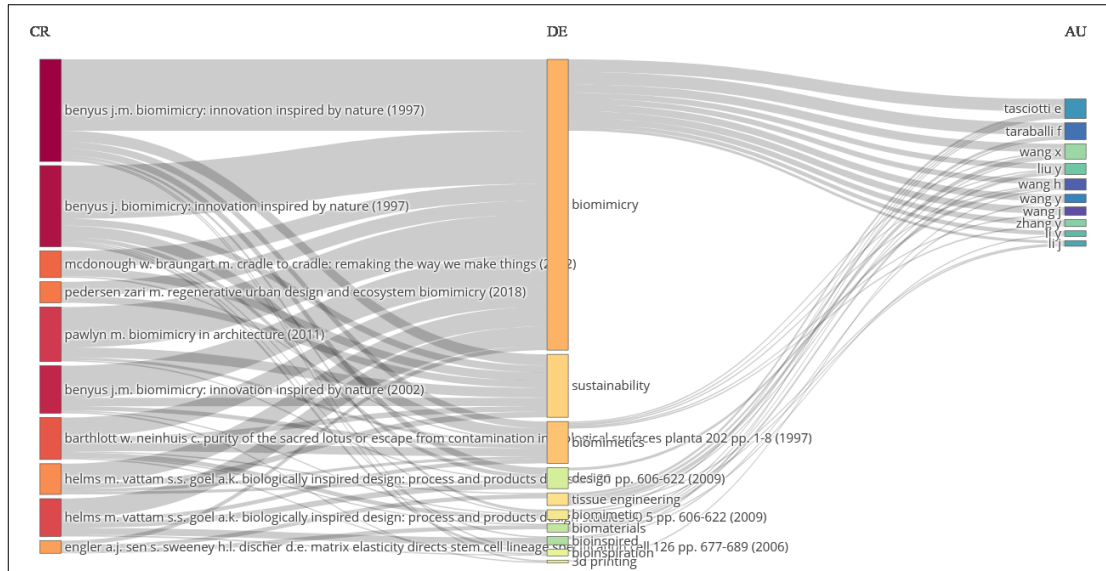
Biyomimikri konusu ile ilgili toplam 1634 belgeye ilişkin verilere göre yıllık bilimsel üretim Şekil 29'de gösterilmiştir.



Şekil 29. 1634 belgenin verisine göre yıllık bilimsel üretim.

Şekil 29'a göre araştırmanın kısıtlamaları dâhilinde biyomimikri konusu ile ilgili belge üretiminin 1994 yılında yavaş başlayarak 2004 yılına kadar oldukça sınırlı ve yavaş olduğu ancak, 2004/2005 yılından itibaren 2023 yılına kadarki süreçte ise oldukça hızlı ve kayda değer bir gelişim gösterdiği bulunmuştur.

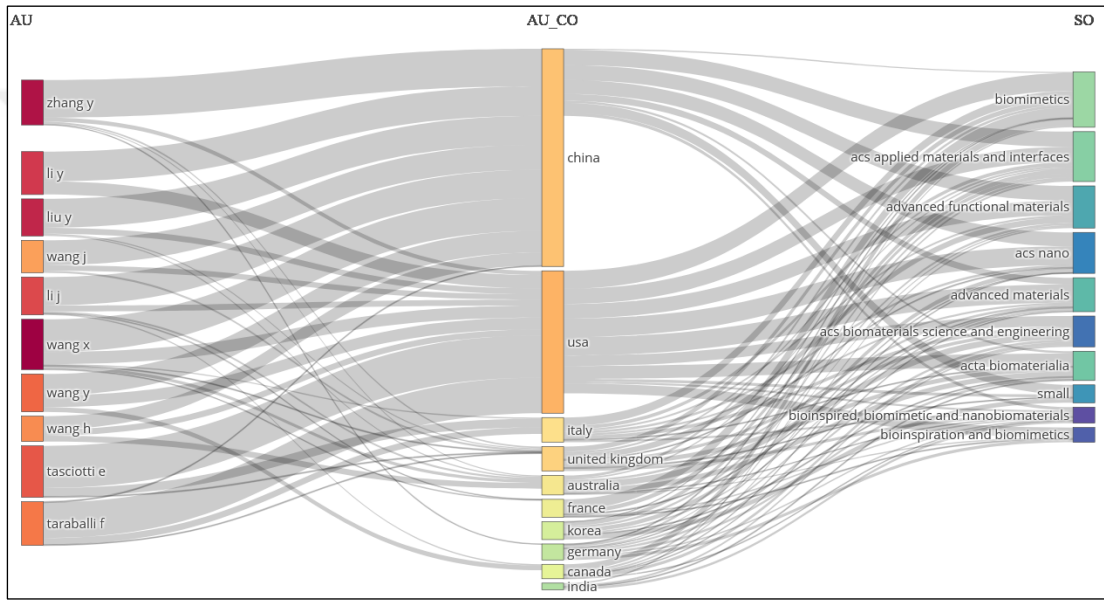
Şekil 30'da seçilen alanlar arasındaki ilişkileri gösteren üç-alanlı grafik gösterilmiştir.



Şekil 30. Anahtar Kelime (DE), Atıf yapılan referans (CR) ve Yazar (AU)'lara ilişkin Üç-alanlı grafiği.

Seçilen alanlar arasındaki ilişkileri gösteren üç-alanlı grafikte (Şekil 30); anahtar kelimeler (DE), atıf yapılan referanslar (CR) ve yazarlar (AU) sütün grafiği şeklinde ifade edilerek, ilgili yazarların atıfta bulundukları referanslarla ve kullandıkları anahtar kelimeler ile arasındaki ilişkileri gösterilmiştir. Buna göre, yazarların kullandıkları *biomimicry* anahtar kelimesinin en çok Benyus (1997) eserine bağlı olduğu görülmüştür.

Şekil 31’de yine üç-alanlı grafik şeklinde en fazla yayın yapan yazar isimleri, yazarların bağlı oldukları ülkeler ve en fazla yayın yapılan dergiler gösterilmiştir.

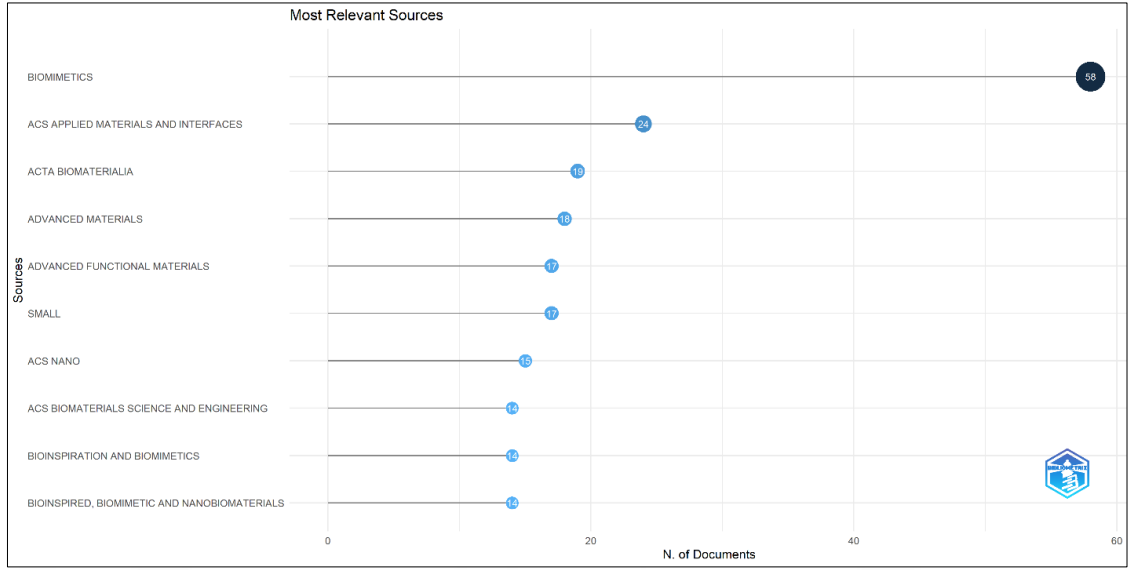


Şekil 31. Yazar (AU), Yazar ülkesi (AU-CO) ve Dergi (SO)'lere ilişkin Üç-alanlı grafiği

Şekil 31 incelendiğinde, konu ile ilgili Çinli yazarların en fazla yayın yapılan *Biomimetics* dergisini tercih etmedikleri, sırasıyla en çok *ACS applied materials and services*, *Advanced functional materials* ve *ASC nano* dergilerini tercih ettikleri görülmüştür. Ayrıca ABD’li yazarların tüm dergileri hemen hemen eşit derecede tercih ettikleri ortaya çıkmıştır.

3.1.1.2. Biyomimikri Konusunda Yayın Yapan dergilere Ait Bulgular

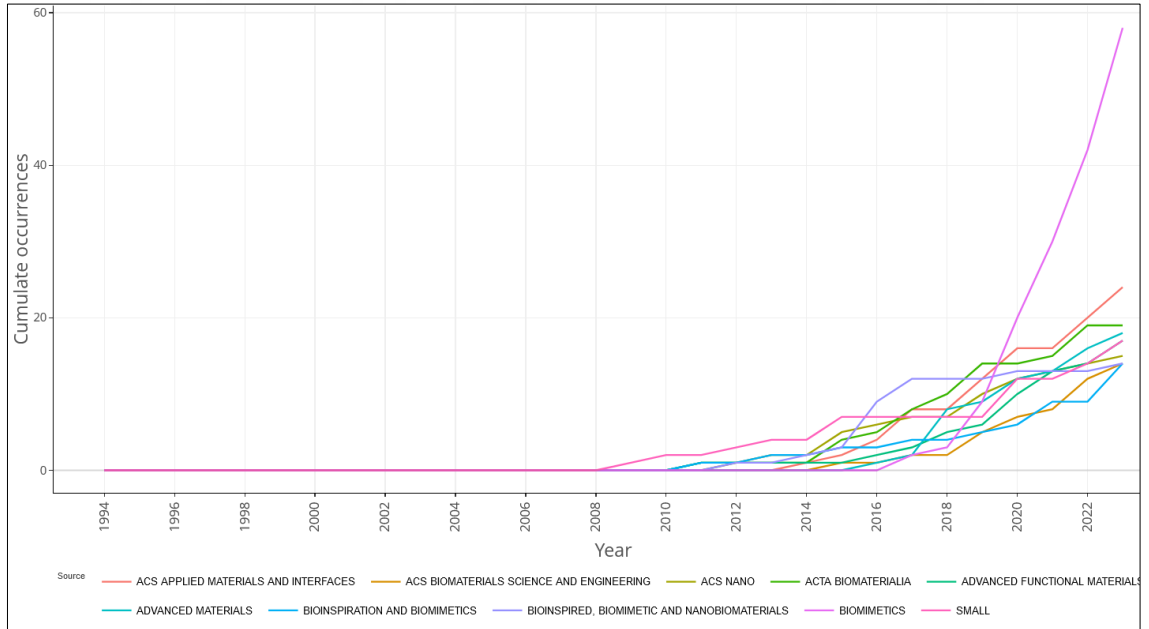
Şekil 32’de *Biomimicry* anahtar kelimesi taratılarak biyomimikri konusunda en fazla yayın yapılan ilk 10 dergi gösterilmektedir.



Şekil 32. Biyomimikri ile ilgili yayın yapan en ilgili 10 dergi.

Şekil 32'ye göre en fazla tercih edilen dergilerin sırasıyla; *BIOMIMETICS* (58), *ACS* (24) ve *ACTA* (19) adlı dergilerin olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 33'te ise biyomimikri ile en ilgili 10 derginin zaman içindeki belge üretimi gösterilmektedir.



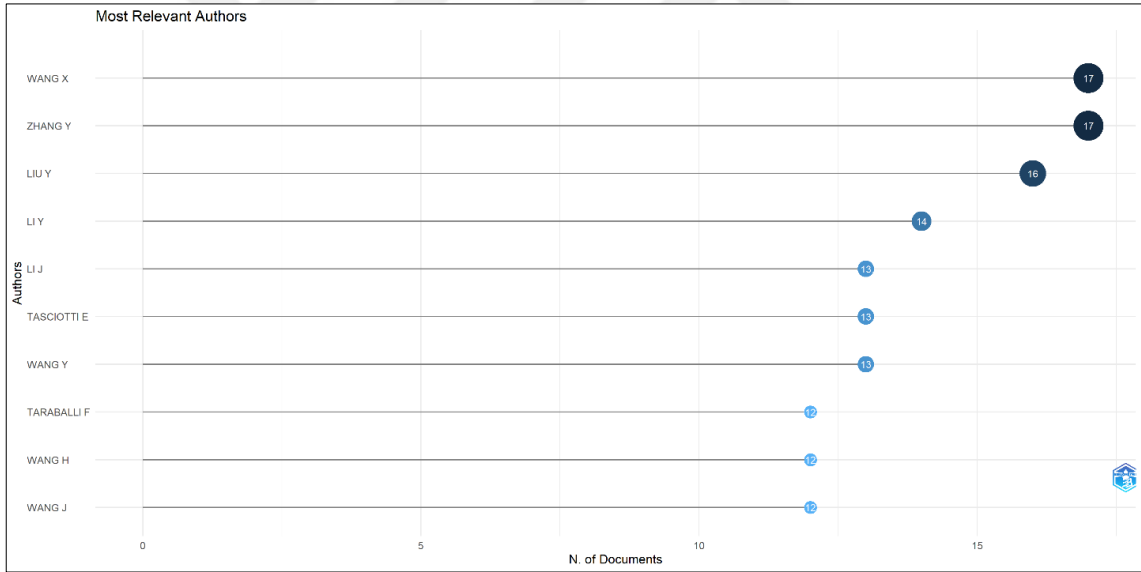
Şekil 33. Biyomimikri ile en ilgili ilk 10 derginin zaman içindeki belge üretimi.

Şekil 33'e göre 10 dergi arasında *Biomimetics* dergisinin 2016 yılından itibaren hızlı bir artışla konu ile ilgili belge üretimi açısından, en hızlı gelişme gösteren ve en fazla belge (58 adet) yayınlayan dergi olduğu tespit edilmiştir.

3.1.1.3. Biyomimikri Konusunda Yayın Yapan Yazarlar, Kurumları Ve Ülkelerine Ait Bulgular

Biyomimikri konusunda; en çok yayın yapan yazarlar, yıllar içinde bu yazarların yayın üretimi, en ilgili kurumlar ve bu kurumların zaman içindeki üretkenliği, ilgili yazarların ülkeleri, bu ülkelerin bilimsel üretkenliği, üretkenliğin zamansal dağılımı ve en çok atıf alan ülkelere ilişkin sonuçlar Şekil 34,...45, Tablo 6 ve Tablo 7'de gösterilmiştir.

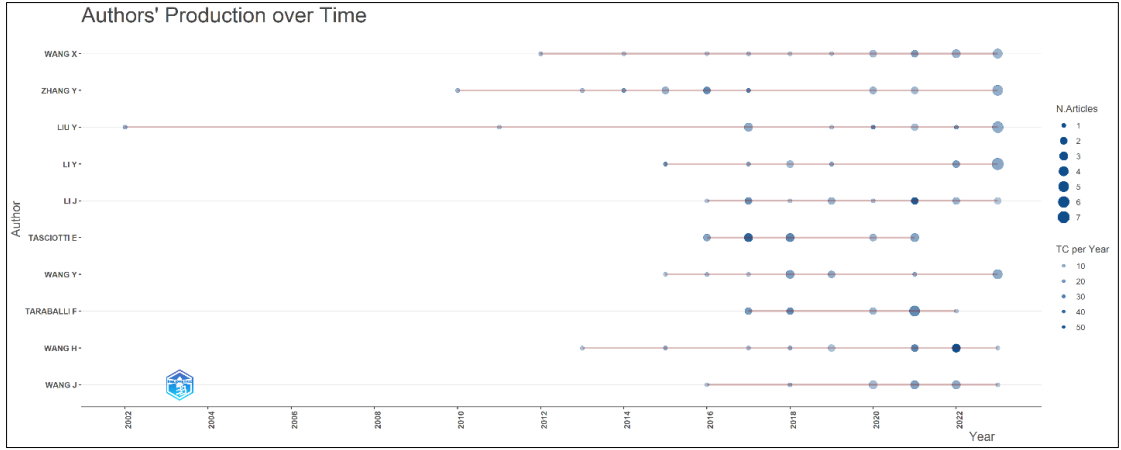
Şekil 34'te belge sayısı açısından biyomimikri konusunda en ilgili ilk 10 yazar sıralanmıştır.



Şekil 34. Belge sayısına göre biyomimikri ile en ilgili ilk 10 yazar

Biyomimikri ile ilgili en fazla çalışmaya sahip yazarların yer aldığı Şekil 34'te belge sayısına göre ilk 10 yazar arasında birinci sırada 17 belgeyle Wang X ve Zhang Y 16 belgeyle ikinci sırada Liu Y ve üçüncü sırada 14 belgeyle Li Y olduğu görülmektedir.

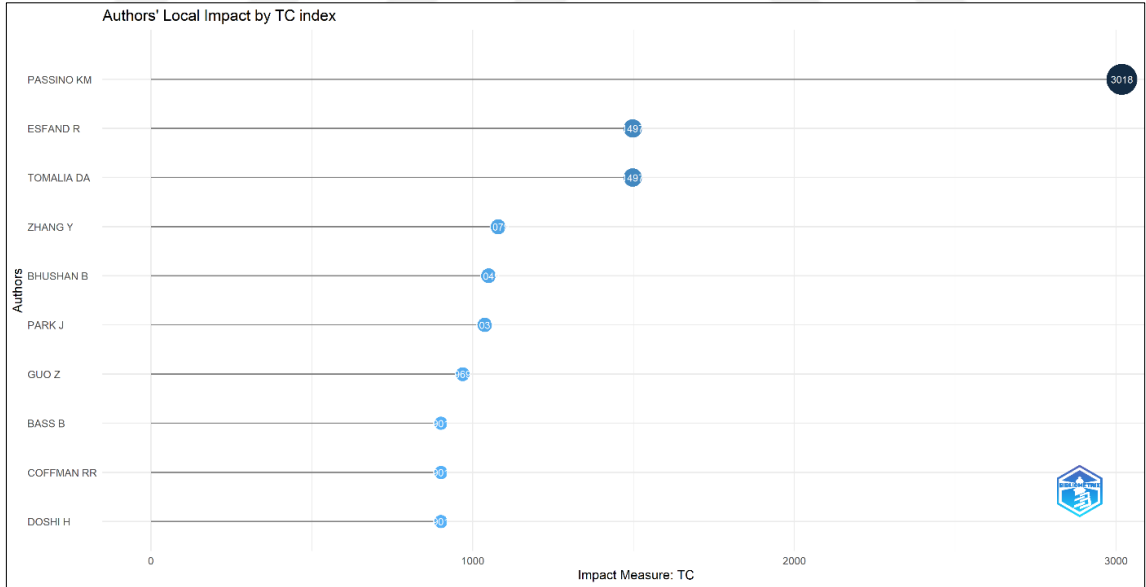
Şekil 35 ise kırmızı çizginin zaman çizelgesi olduğu en ilgili ilk 10 yazarın zaman içindeki üretimini göstermektedir.



Şekil 35. Belge sayısı ve yıllık toplam atıfa göre en ilgili ilk 10 yazarın zaman içindeki üretimi

Şekil 35'e göre yıllık atıf ve yıllık belge sayısının 2016 ile 2023 yılları arasında yoğunlaştığı görülmüştür. Bununla birlikte en ilgili ilk 10 yazar arasında ikinci sırada yer alan Liu Y'nin konuyla ilgili yayın yapan en uzun geçmişe sahip olan yazar olduğu görülmüştür.

Şekil 36'da toplam atıfa göre yerel olarak en etkili 10 yazar gösterilmiştir.

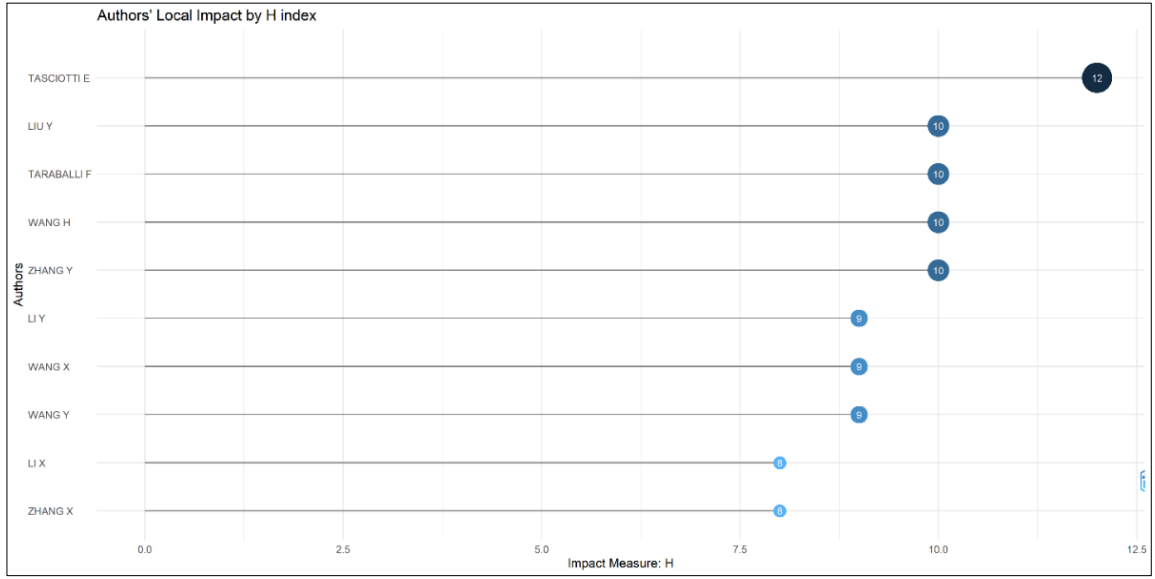


Şekil 36. Toplam atıf (TC) indeksine göre yerel olarak en etkili 10 yazar

Şekil 36'ya göre toplam atıf indeksine göre yerel olarak en etkili 10 yazar arasında birinci sırada Passino K, İkinci sırada Esfand R ve Tomalia D yer almıştır.

Passino K. konuyla ilgili en çok yayın yapan 10 yazar arasında olmamasına rağmen (Şekil 34), toplam atıf indeksine göre 3018 atıfla en fazla atıf alan yazar olması dikkat çekmiştir (Şekil 36).

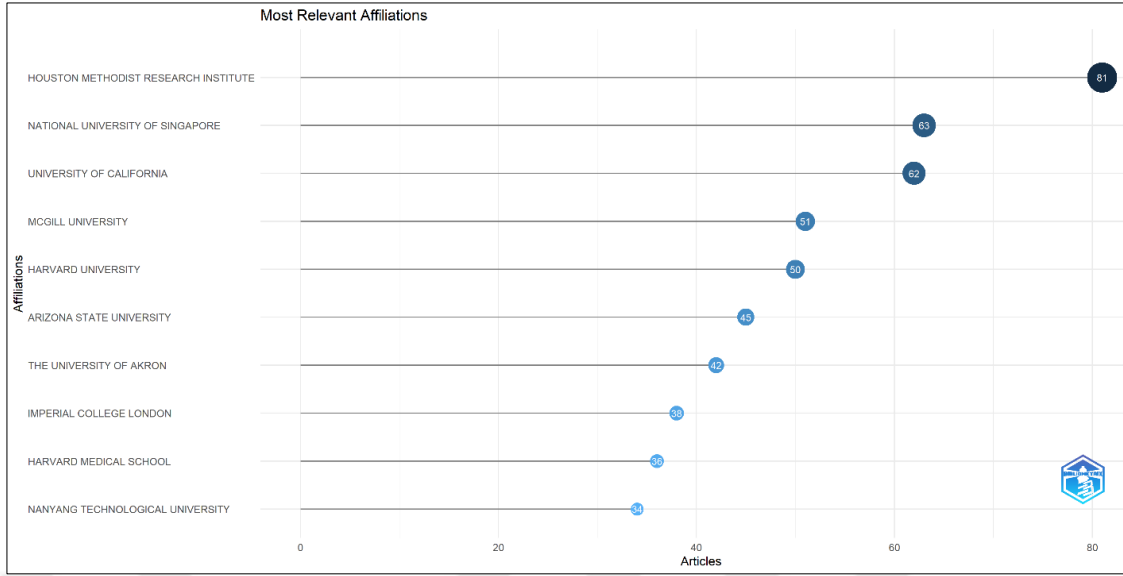
Şekil 37’de ise H-indeksine göre yerel olarak en etkili 10 yazar gösterilmektedir. Yazarların h-indeksi, bir bilim insanının veya akademisyenin yayınlarının hem üretkenliğini hem de atıf etkisini ölçmeye çalışan yazar düzeyinde bir metriktir (Hirsch, 2005).



Şekil 37. H-indeksine göre yerel olarak en etkili 10 yazar.

Şekil 37’de, h-indeksine göre yerel olarak en etkili 10 yazar arasında birinci sırada Tasciotti E, ikinci sırada Liu Y, Taraballi F, Wang H ve Zhang Y olmuştur. En çok yayın yapan 10 yazar sıralamasında birinci sırada yer alan Zhang y ve Wang X ise h-indeksine göre yerel olarak en etkili 10 yazar arasında sırayla ikinci ve üçüncü sırada yer aldıkları görülmüştür.

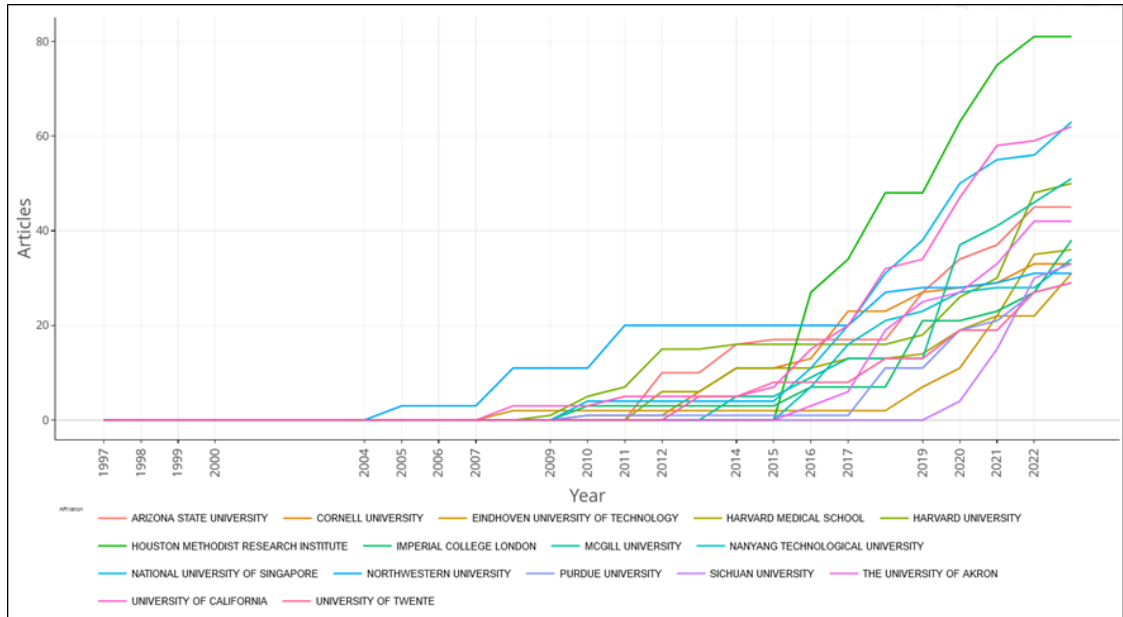
Şekil 38’de konuyla ilgili toplam belge sayısına göre en ilgili 10 kurum sıralanmıştır.



Şekil 38. Biyomimikri ile en ilgili ilk 10 kurum

Yazarların bağlı olduğu kurumlara göre, Biyomimikri ile ilgili en fazla yayın yapan (en ilgili) 10 kurum arasında *Houston Methodist Research Institute* 81 belgeyle ilk sırada yer alırken, bunu sırasıyla *National University Of Singapore* (63) ve *University Of California* (62) izlemiştir (Şekil 38).

Şekil 39’da en ilgili 10 kurum sıralamasındaki kurumların zaman içindeki üretimi gösterilmektedir.

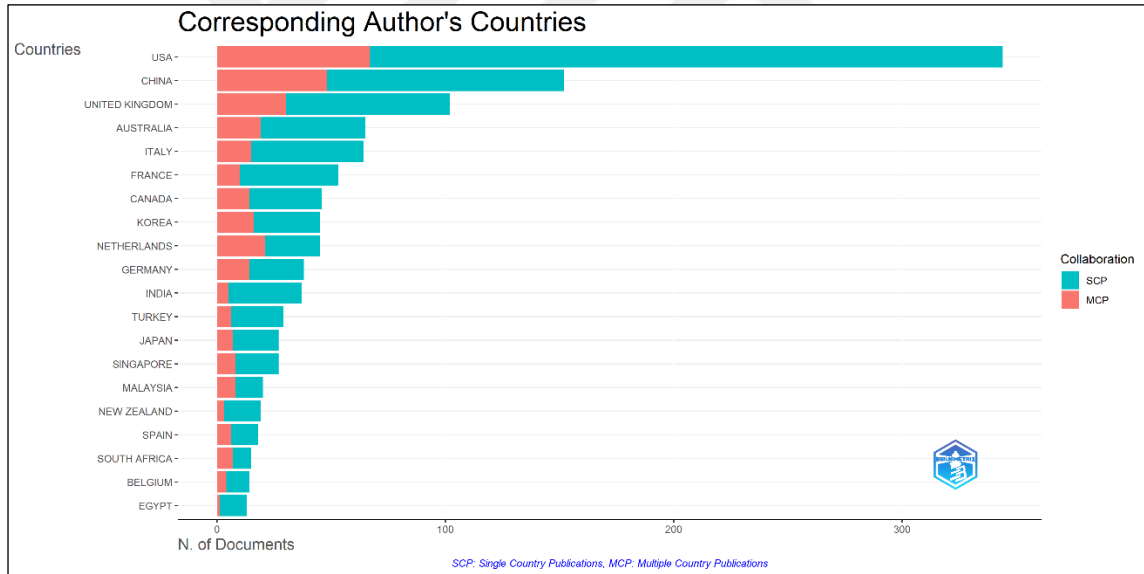


Şekil 39. En ilgili 10 kurumun zaman içindeki üretimi

Houston Methodist Research Institute, en ilgili 10 kurum arasında biyomimikri ile ilgili üretime en geç başlayan 4 kurumdan (Sichuan Univesity, University Of Akron ve Nanyang Technological University) biri olmasına rağmen 2015 yılından itibaren üretim açısından en hızlı gelişme gösteren kurum olmuştur (Şekil 39).

SCP (Single Country Publications) tek ülkeli yayınların kısaltması olup, aynı ülkedeki yazarların birlikte yaptığı yayınlarının sayısını ifade etmektedir. MCP (Multiple Country Publications) ise çok ülkeli yayınların kısaltması olup, farklı ülkelerdeki yazarların birlikte yaptıkları yayınlarının sayısını ifade etmektedir. MCP, her ülke için, farklı bir ülkeden en az bir ortak yazarın bulunduğu belge sayısını göstererek ülkenin uluslararası işbirliği yoğunluğunu ölçmektedir (URL-16).

Şekil 40, sorumlu yazarların hem sadece kendi ülkelerindeki yazarlarla yaptığı (SCP) hem de diğer ülkelerin yazarları ile birlikte yaptığı belgelerin (MCP) dağılımına ilişkin ülkelerin bilimsel üretimini ve işbirliği yoğunluğunu göstermektedir.



Şekil 40. Sorumlu yazarların ülkelerine göre biyomimikri ile en ilgili ülkeler

Şekil 40 incelendiğinde en çok yayın yapan ilk 5 ülke sırayla ABD, Çin, Birleşik Krallık, Avustralya ve İtalya olduğu görülmüştür.

Şekil 40'ın sayısallaştırılmış hali toplam belge sayısı, SCP, MCP ve MCP oranını gösterilerek tablo 6'da verilmiştir.

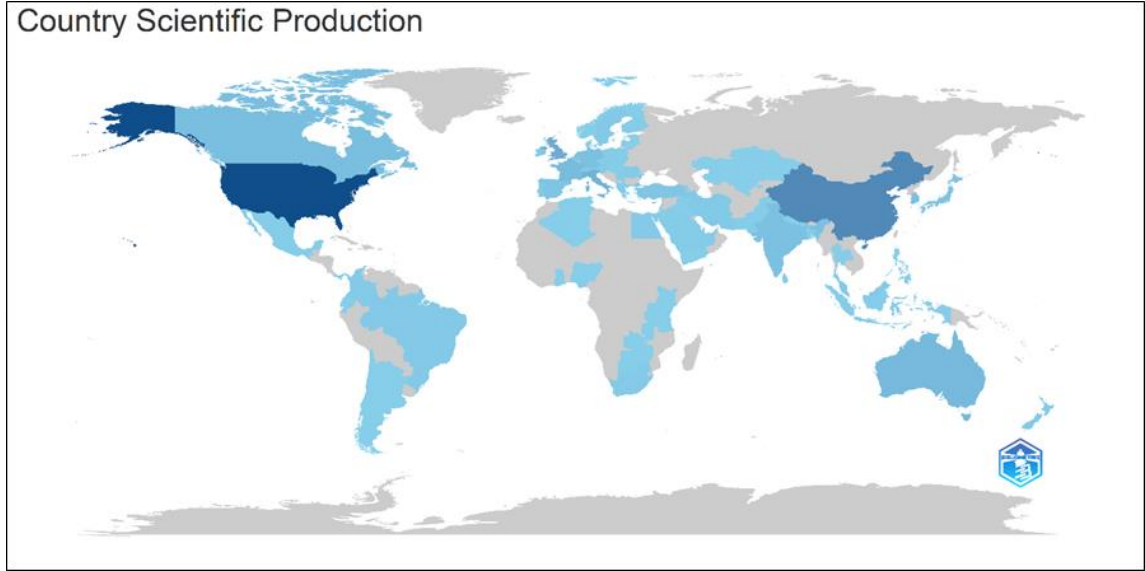
Tablo 6. Sorumlu yazarların ülkelerine göre belge sayısı, SCP ve MCP değerleri

Ülke	Belgeler	SCP	MCP	Frek	MCP Oranı
ABD	344	277	67	0.211	0.195
ÇİN	152	104	48	0.093	0.316
BİRLEŞİK KRALLIK	102	72	30	0.062	0.294
AVUSTRALYA	65	46	19	0.04	0.292
ITALYA	64	49	15	0.039	0.234
FRANSA	53	43	10	0.032	0.189
CANADA	46	32	14	0.028	0.304
KORE	45	29	16	0.028	0.356
HOLLANDA	45	24	21	0.028	0.467
ALMANYA	38	24	14	0.023	0.368
HİNDİSTAN	37	32	5	0.023	0.135
TÜRKİYE	29	23	6	0.018	0.207
JAPON	27	20	7	0.017	0.259
SINGAPUR	27	19	8	0.017	0.296
MALEZYA	20	12	8	0.012	0.4
YENİ ZELANDA	19	16	3	0.012	0.158
İSPANYA	18	12	6	0.011	0.333
GÜNEY AFRİKA	15	8	7	0.009	0.467
BELÇİKA	14	10	4	0.009	0.286
MISIR	13	12	1	0.008	0.077

Tablo 6'ya göre, Toplam 344 belgeyle ABD (SCP: 277, MCP:67), 152 belgeyle Çin (SCP:104, MCP:48) ve 102 belgeyle Birleşik Krallık (SCP: 21, MCP: 5) ilk 3 sırada yer almıştır. Türkiye ise (SCP:23, MCP:6) belge sayısı sıralamasında 11.sırada toplam 29 belgeyle yer almaktadır. Tablodaki değerler incelendiğinde toplam belge sayısında ilk sıralarda yer alan ABD, Çin ve Birleşik Krallık yine SCP ve MCP sayılarına göre ilk sıralarda yer almıştır. Dolayısıyla bu ülkelerin toplam araştırma sayısı ile beraber ister tek ülkeli ister çok ülkeli çalışma olarak sayı açısından konu alanına yönelik en çok çalışma yaptığı görülmektedir. Ancak toplam yayın sayısı dikkate alınarak hesaplanan MCP oranına göre bu ülkelerin ilk sıralarda yer almadıkları görülmektedir. Diğer taraftan toplam makale sayısında 9.sırada ve 18.sırada yer alan Hollanda ve Güney Afrika en yüksek MCP oranına sahip (0.467) olarak konu alanına yönelik 20 ülkeden en çok uluslararası işbirliğinde olan ülkeler olmuştur.

Biyomimikri konusunda ülkelerin bilimsel üretkenliği Şekil 41'deki haritada gösterilmektedir. Ülke bilimsel üretkenliği ülke bağlantılarına göre sadece sorumlu

yazarlar değil tek belgede görünen tüm yazarları dikkate alarak yazarların görünme sayısını ölçmektedir (URL-17). Ülkelerin mavi rengin farklı tonları ile boyandığı haritada tüm yazarların uyrukları dikkate alınmıştır. Renk yoğunluğu ise ülkelerin bilimsel üretkenliği ile orantılıdır (URL-18).



Şekil 41. Biyomimikri ile ilgili ülkelerin bilimsel üretkenliği

Tablo 7 ise şekil 41’i oluşturan ülkelerin yazarlarının konuya yönelik katkıda bulunduğu belge sayısı açısından sayısal dağılımlarını göstermektedir.

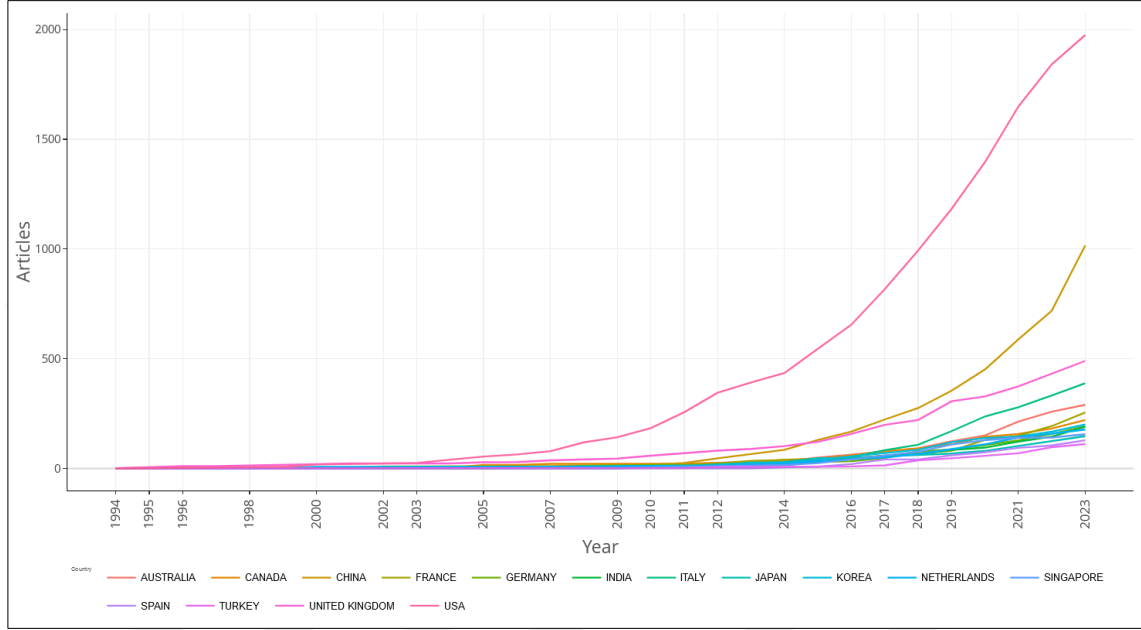
Tablo 7. Biyomimikri ile ilgili ülkelerin bilimsel üretkenliği

Ülke/Bölge	Sıklık
ABD	1975
ÇİN	1016
BİRLEŞİK KRALLIK	490
İTALYA	388
AVUSTRALYA	290
FRANSA	255
CANADA	221
GÜNEY KORE	200
ALMANYA	192
HİNDİSTAN	190
HOLLANDA	177
SINGAPUR	156
JAPON	147
İSPANYA	128
TÜRKİYE	111

Tüm yazarların uyruklarına göre ülkelerin bilimsel üretkenliği sıralamasında birinci sırada ABD, ikinci sırada Çin, üçüncü sırada Birleşik Krallık, dördüncü sırada

İtalya ve beşincide ise Avustralya yer almıştır (Tablo 7, Şekil 41). Türkiye'nin ise 15 ülke sıralamasında 15'inci sırada yer aldığı görülmektedir (Tablo 7).

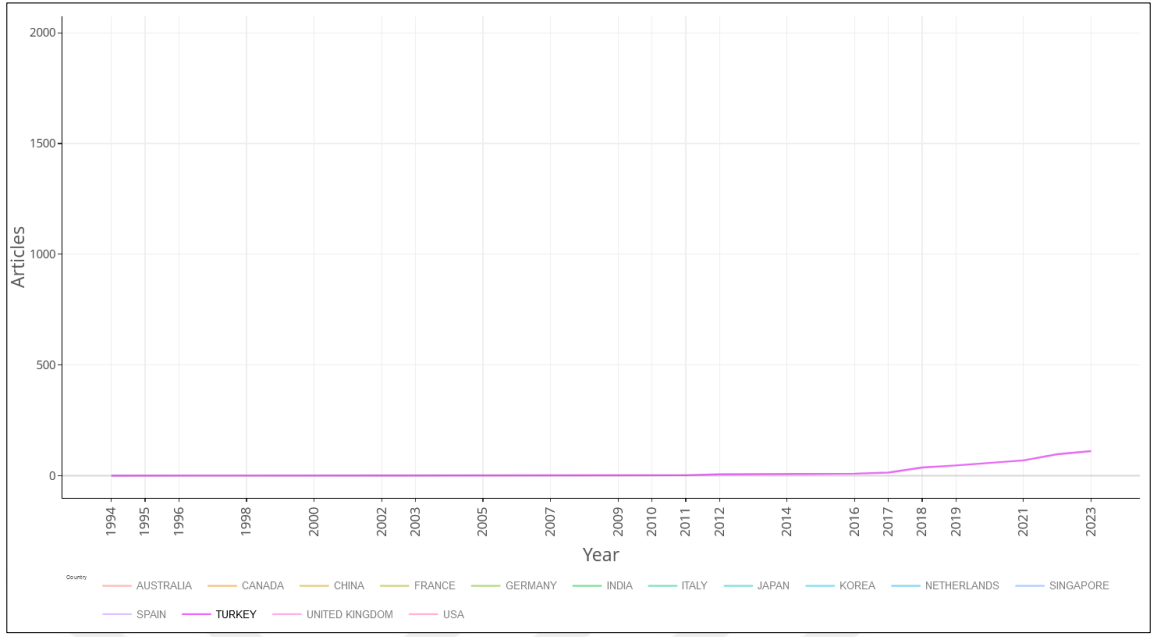
Şekil 42'de ise ülke yazarlarının zaman içerisinde katkıda bulunduğu belge sayısına göre ülkelerin bilimsel üretkenliği verilmiştir.



Şekil 42. Ülkelerin Biyomimikri ile ilgili zaman içerisindeki bilimsel üretkenliği

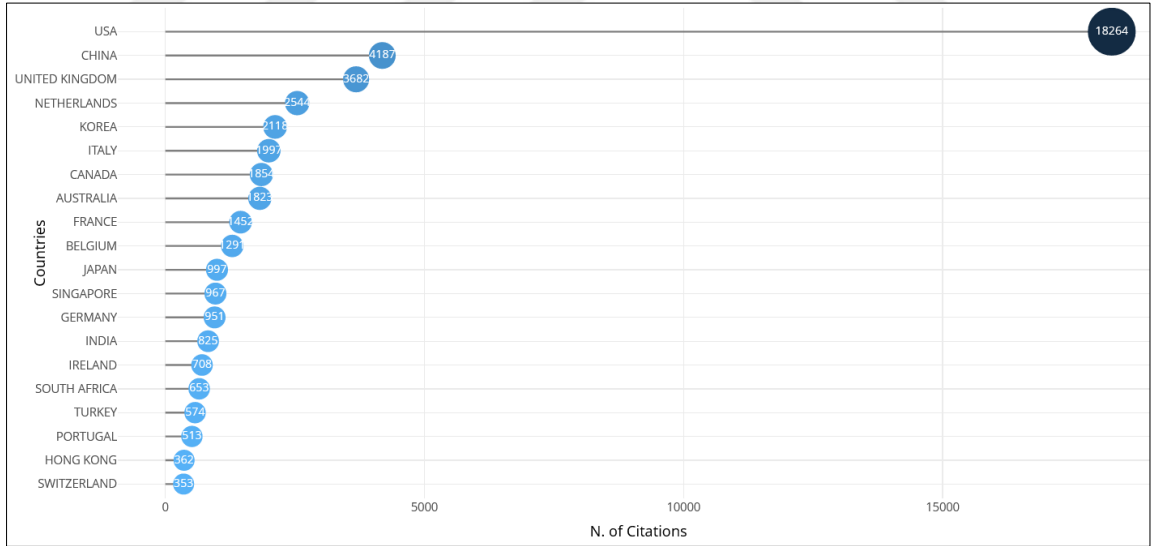
Şekil 42'de 15 ülkenin yıllar içindeki üretkenliği incelendiğinde, diğer ülkelere kıyasla çok bariz farkla en hızlı gelişim gösteren ülkenin ABD olduğu ve onu Çin'in takip ettiği görülmüştür.

Şekil 43'te Türkiye'nin biyomimikri ile ilgili zaman içindeki üretkenliği gösterilmiştir. Türkiye özelinde yazarların konuya yönelik katkısı incelendiğinde sayının 2011 yılından itibaren 2 ile başladığı, 2012 yılında 6'ya yükseldiği ve 2012 yılından sonra artarak, 2023 yılında 111'e yükseldiği görülmüştür.



Şekil 43. Türkiye'nin biyomimikri ile ilgili zaman içindeki üretkenliği.

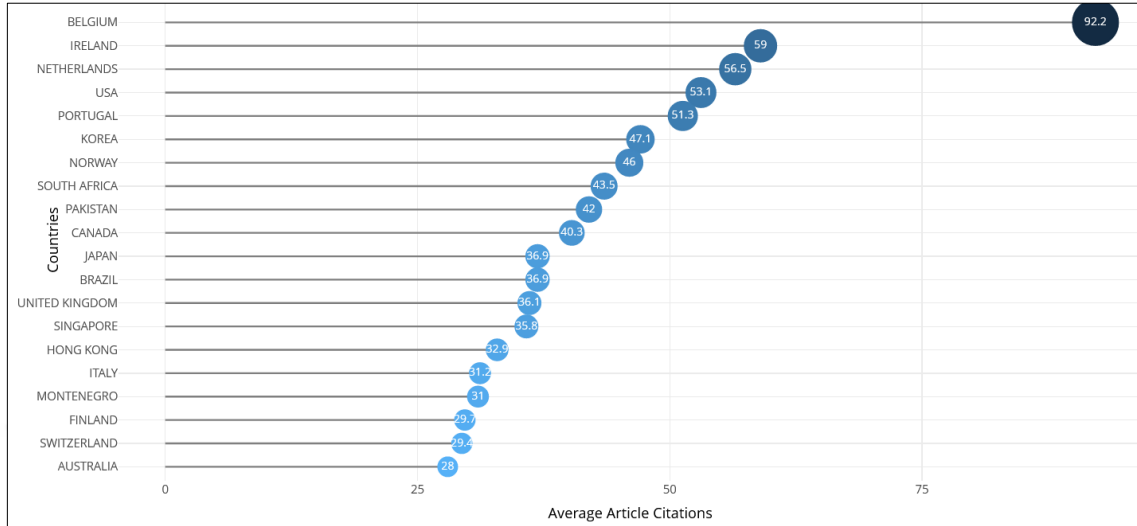
Şekil 44 ve Şekil 45'te konu alanı ile ilgili toplam atıf sayısına göre ve ortalama atıf sayısına göre en çok atıfa sahip olan ülkeler yer almaktadır.



Şekil 44. Toplam atıf sayısına göre biyomimikri ile ilgili en çok atıf yapılan 20 ülke.

Şekil 44'e göre en çok atıf alan ilk 5 ülke sırayla ABD (18264), Çin (4187), Birleşik Krallık (3682), Hollanda (2544) ve Kore'dir (2118). En çok atıf yapılan 20 ülke arasında ise Türkiye toplam 574 atıfı ile 17.sırada yer almaktadır.

Belçika, İrlanda, Hollanda, ABD ve Portekiz ise sırasıyla ortalama atıf sayısına göre ilk 5 sırada yer almıştır (Şekil 45).



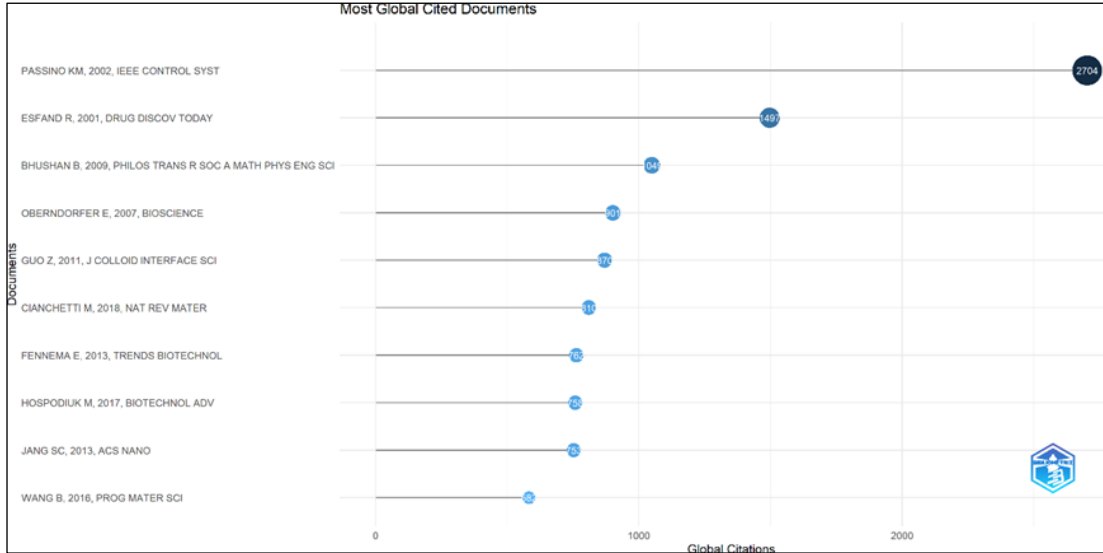
Şekil 45. Ortalama atıf sayısına göre biyomimikri ile ilgili en çok atıf yapılan 20 ülke.

3.1.1.4. Biyomimikri ile İlgili Yapılan Bilimsel Literatürlere Ait Bulgular

Bu bölüm *global* ve *yerel* olarak en çok atıf yapılan belgeleri, bu belgelerdeki yerel olarak en çok atıf yapılan referanslarını, Belgelerin anahtar kelimelerini, Belge başlıklarında yer alan kelimeleri ve bu kelimelerin zaman içerisindeki kullanım sıklığını, ayrıca yıllara göre trend olan konuları içermektedir. Küresel ya da global atıf, bir belgenin veri tabanında bulunan tüm belgelerden aldığı atıf sayısını ölçmektedir. Bu veri Scopus tarafından sağlanmakta ve meta veri kaydına dâhil edilmektedir. Küresel atıflar, bir belgenin tüm bibliyografik veri tabanındaki etkisini ölçmektedir. Ayrıca birçok belge için, küresel atıfların büyük bir kısmı diğer disiplinlerden gelebilmektedir (URL-16). Yerel atıflar ise, bir belgenin konu ile ilgili analiz edilen koleksiyona dâhil edilmiş belgelerden aldığı atıf sayısını ölçmektedir. Dolayısıyla yerel atıflar, analiz edilen koleksiyondaki bir belgenin etkisini ölçmektedir (URL-16). Başka bir deyişle yerel atıflar, analize dâhil edilen veri setinin içinde yer alan bir yazara, yine o set içinde yer alan diğer yazarlar tarafından kaç kez atıf yapıldığını ölçmektedir (Aria vd., 2017).

Buna göre şekil 46, 47’de ve tablo 8’de sırayla global olarak en çok atıfta bulunan 10 belge, yerel olarak en çok atıfta bulunan 10 belge ve yerel olarak en çok atıfta bulunan 10 referans gösterilmektedir.

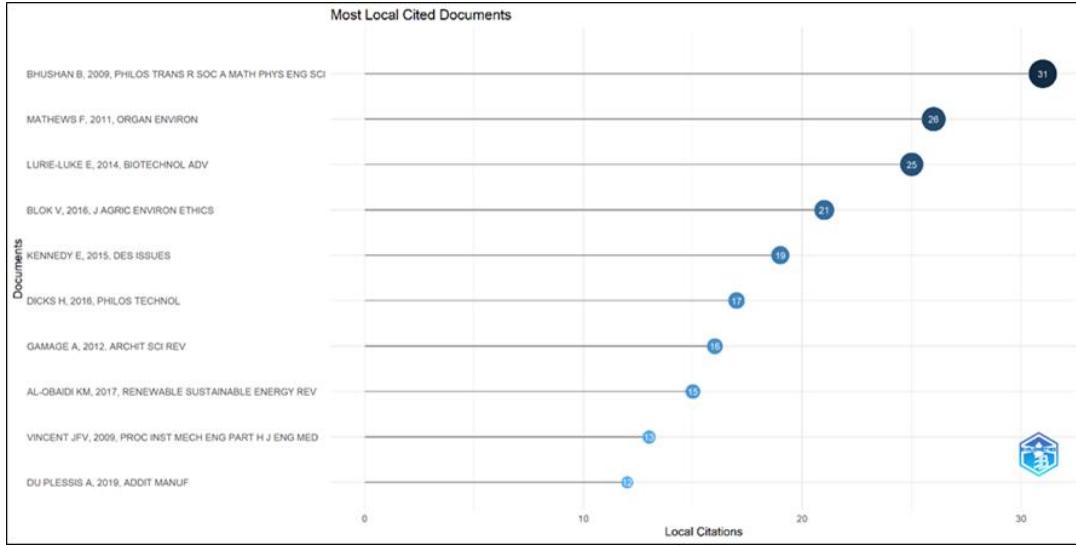
Şekil 46’da global olarak (veri tabanında bulunan tüm belgelerden aldığı atıf sayısına göre) en çok atıf yapılan ilk 10 belge sıralanmıştır.



Şekil 46. 1634 belgeden global olarak en çok atıf yapılan 10 belge

Şekil 46 incelendiğinde *Biomimicry* anahtar kelimesiyle aratılan koleksiyonun veri tabanına göre global olarak en çok atıf edilen belgeler sırasıyla, toplam 2704 atıfla birinci sırada Passino (2002), toplam 1497 atıfla ikinci sırada Esfand (2001), toplam 1049 atıfla üçüncü sırada Bhushan (2009) olmuştur.

Şekil 47’de ise yerel olarak (yani 1634 belgeden aldığı atıf sayısına göre) en çok atıfta bulunan ilk 10 belge sıralanmıştır.



Şekil 47. 1634 belgeden en çok yerel atıfta bulunulan 10 belge

Şekil 47 incelendiğinde yerel olarak en çok atıfta bulunulan belgeler, toplam 31 atıfta birinci sırada Bhushan (2009), 26 atıfta ikinci sırada Mathews (2011), 25 atıfta üçüncü sırada Lurie-Luke (2014) olmuştur. *Biomimetics: lessons from nature-an overview /Biyomimetik: doğadan dersler-genel bir bakış* başlıklı belge Bhushan (2009) global olarak üçüncü sırada yer alırken yine yerel olarak ilk sırada yer aldığı dikkat çekmektedir.

Tablo 8’de konu alanına yönelik en çok yerel atıfta bulunulan ilk 10 referans (belgelerin kaynakça listelerinde yer alan) gösterilmektedir.

Tablo 8. 1634 belgenin verisine göre en çok yerel atıfta bulunulan 10 referans

Referans	Atıf sayısı
BENYUS J., BIOMIMICRY: INNOVATION INSPIRED BY NATURE, (1997)	118
HELMS M., VATTAM S.S., GOEL A.K., BIOLOGICALLY INSPIRED DESIGN: PROCESS AND PRODUCTS, DESIGN STUDIES, 30, 5, PP. 606-622, (2009)	33
BENYUS J.M., BIOMIMICRY: INNOVATION INSPIRED BY NATURE, (2002)	29
PAWLYN M., BIOMIMICRY IN ARCHITECTURE, (2011)	29
BARTHLOTT W., NEINHUIS C., PURITY OF THE SACRED LOTUS, OR ESCAPE FROM CONTAMINATION IN BIOLOGICAL SURFACES, PLANTA, 202, PP. 1-8, (1997)	18
MCDONOUGH W., BRAUNGART M., CRADLE TO CRADLE: REMAKING THE WAY WE MAKE THINGS, (2002)	16
PEDERSEN ZARI M., REGENERATIVE URBAN DESIGN AND ECOSYSTEM BIOMIMICRY, (2018)	14
ENGLER A.J., SEN S., SWEENEY H.L., DISCHER D.E., MATRIX ELASTICITY DIRECTS STEM CELL LINEAGE SPECIFICATION, CELL, 126, PP. 677-689, (2006)	13
LANGER R., VACANTI J.P., TISSUE ENGINEERING, SCIENCE, 260, PP. 920-926, (1993)	13

Tablo 8'e göre Benyus (1997), diğer referanslara nazaran bariz bir farkla toplam 114 atıfla ilk sırada yer almıştır. Bunu 33 atıfla Helms (2009) ve 29 atıfla Benyus (2002) ve Pawlyn (2011) izlediği görülmüştür.

Yazar Anahtar Kelimeleri (*Authors keywords*), belge yazarları tarafından sağlanırken. Artı anahtar kelimeler (*Keywords Plus*), Otomatik bir bilgisayar algoritması tarafından üretilen, bir makalenin referanslarının başlıklarında sıkça görülen kelimeler veya ifadelerdir (Garfield, 1990; Garfield & Sher, 1993; Zhang vd., 2015). Yazar anahtar kelimeleri (*Author keywords*), yazarların makalelerinin içeriğini en iyi şekilde temsil ettiğine inandıkları terimlerin bir listesinden oluşmakta ve genellikle dikkatle seçilmektedir. (Li vd., 2009; Zhang vd., 2015). Makale başlığı ise, makalenin içeriğinin kısa ve öz bir tanımını sunmakta olup her kelimesi, dergi makale veri tabanlarında ve internet arama motorlarında maksimum bulunabilirlik elde etmek amacıyla dikkatle seçilmektedir. Ayrıca bir makalenin başlığı, içeriğine ilişkin değerli ipuçları vermektedir (URL-19). İyi bir makale başlığı kısa ve öz olarak, makalenin ana konularını aktarmakta ve araştırmanın önemini vurgulamaktadır (URL-20).

Bu nedenle terim bazındaki tablo ve grafiklerde, belgeleri en iyi temsil ettiğinden dolayı *Authors keywords* ve araştırmaların ana konularını kısa ve öz bir şekilde aktarmak için özenle seçilen kelimelerle yazıldığından dolayı *Title* (başlık) filtreleri ayrı ayrı kullanılarak grafikler oluşturulmuştur. Ayrıca grafikteki değerlendirmelerin spesifik olması açısından tablo 9'da gösterilen terimler eşdeğer olarak dikkate alınmıştır.

Tablo 9. 1634 belgenin analizinde eşdeğer olarak değerlendirilen terim grupları

Terim	Eşdeğerleri
bioinspiration	bio-inspired, bio-inspiration, bioinspired, nature-inspired, biologically inspired
Biomimicry	Bio-mimicry
biologically inspired design	bioinspired design, bio-inspired design, nature-inspired design, bioinspiration design
3d printing	3d printed, 3d-printed, 3d-printing
Sustainability	Sustainable
Urban design	Urban planning
Environmental design	Environmental planning
Tissue engineering	Bone tissue engineering
Superhydrophobic	Superhydrophobicity
Sustainable design	Design for sustainability
Biomimetic design	Biomimicry design, biomimicking
Ecomimicry	Ecosystem biomimicry
Urban	City, Cities
Analogical design	Design by analogy
Hydrogel	Hydrogels

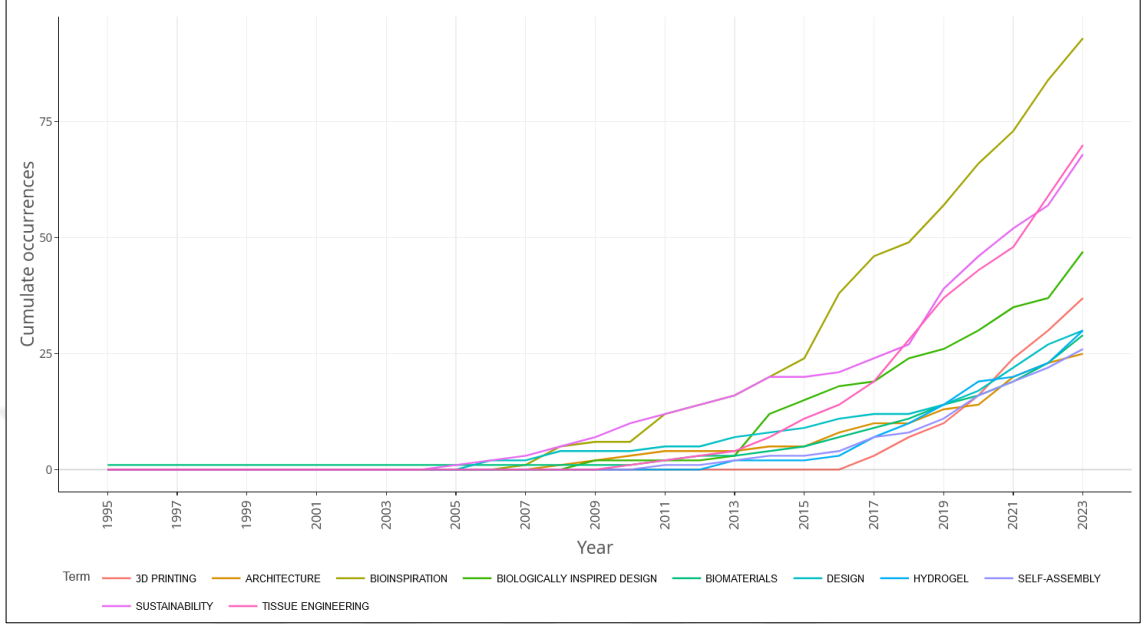
Tablo 10 ile şekil 48, 49, 50 ve 51'in oluşturulması sırasında *biomimicry*-*biomimetics* kelimelerini araştırma için seçilen terimler arasında ana terim olduğundan ve görselleştirmelerin daha spesifik olması açısından eşdeğer olarak değerlendirilmiş ve kaldırılmıştır.

Tablo 10'da yazar anahtar kelimeleri ve belge başlıkları için en sık kullanılan ilk 10 terim sıklıklarıyla birlikte gösterilmektedir.

Tablo 10. 1634 belgeye ait yazar anahtar kelimeleri (Author keywords) ve belge başlıkları (Title) içinde en sık kullanılan kelimeler ve sıklıkları

Authors keywords		Title	
Kelime	Sıklık	Kelime	Sıklık
bioinspiration	93	design	208
tissue engineering	70	bioinspiration	135
sustainability	69	engineering	101
biologically inspired design	47	applications	78
3d printing	37	tissue	73
design	30	materials	68
hydrogel	30	sustainability	68
biomaterials	29	review	67
self-assembly	26	nature	65
architecture	25	systems	51

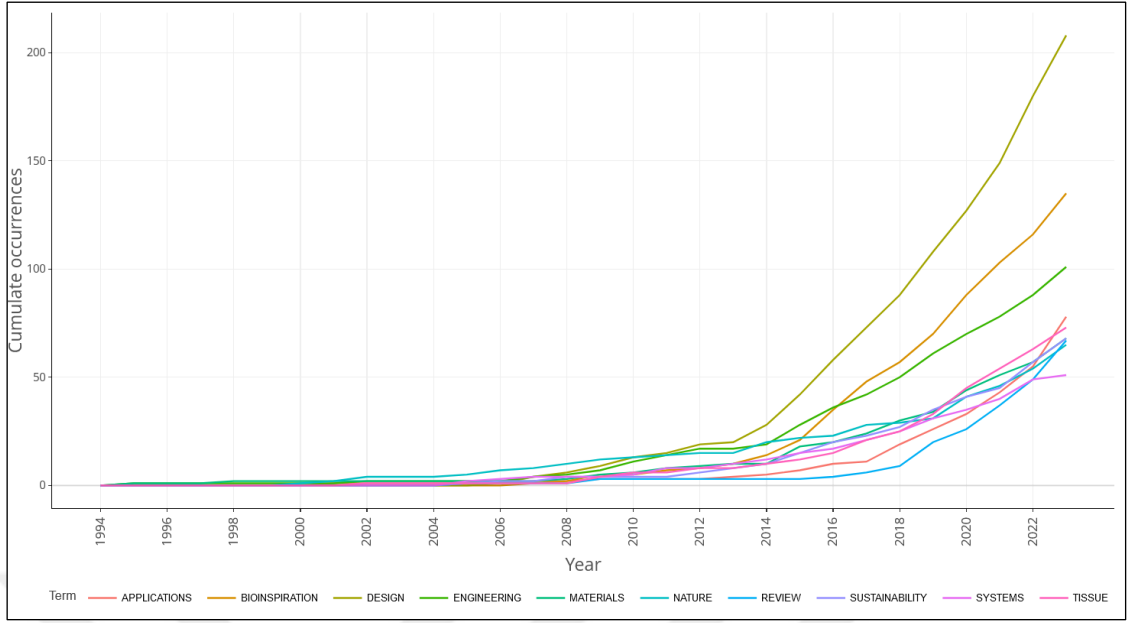
Şekil 50’de, belgelerin yazar anahtar kelimelerinde en çok kullanılan 10 terimin zaman içindeki kullanım sıklığı gösterilmektedir.



Şekil 50. Yazar anahtar kelimeleri için en çok kullanılan ilk 10 kelimenin zaman içindeki kullanım sıklığı

Şekil 50 incelendiğinde yazar anahtar kelimelerin terimlerinden ilk olarak Biyomalzemeler *Biometricals* 1995 yılında, ardından Sürdürülebilirlik *Sustainability* 2005 yılında, ardından Tasarım *Design* 2006 yılında ve Biyoilham *Bioinspiration* 2007 yılında ortaya çıktığı görülmektedir. Ayrıca bütün terimlerin kullanım sıklığı 2005 yılından sonra hızlı bir şekilde arttığı görülmektedir.

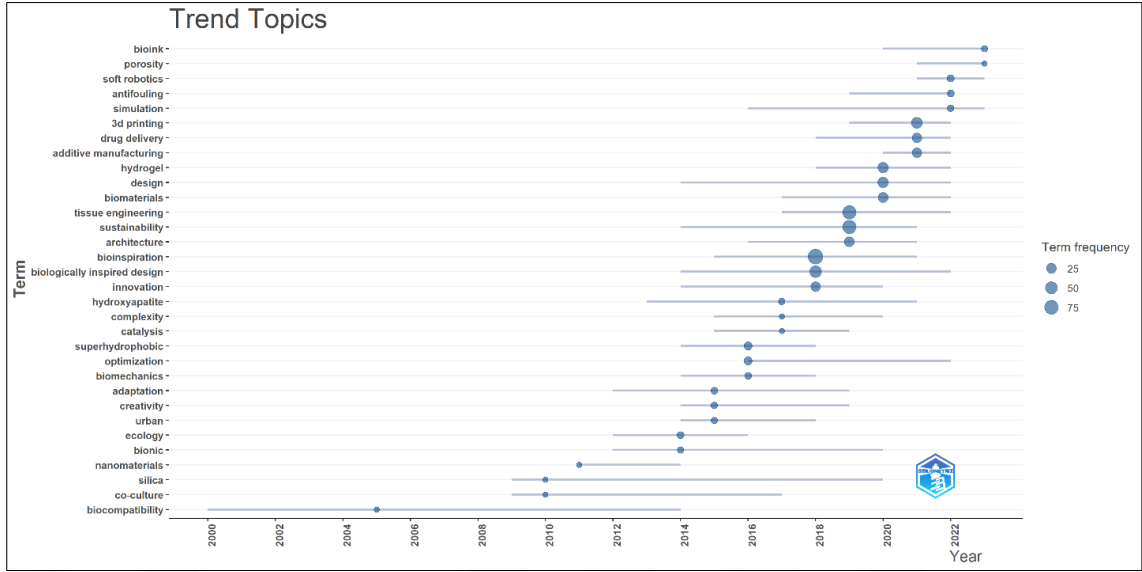
Şekil 51’de ise, belgelerin başlıklarında en çok kullanılan 10 terimin zaman içindeki kullanım sıklığı gösterilmektedir.



Şekil 51. Belge başlıkları içinde en çok kullanılan ilk 10 kelimenin zaman içindeki kullanım sıklığı

Şekil 51'e göre belge başlıklarında en sık kullanılan terimlerden ilk olarak, Mühendislik *Engineering* ve Malzemeler *Materials* 1995 yılında, ardından Doğa *Nature* 2000 yılında, Uygulamalar *Applications* 2001 yılında, Doku *Tissue* 2002 yılında Sistemler *Systems* ve Sürdürülebilirlik *Sustainability* 2005 yılında ortaya çıkmaya başladığı gözlemlenmektedir. Ayrıca terimlerin ilk kullanımlarından sonra kullanım sıklığının yavaş arttığı ancak, 2014 yılından beri kullanım sıklığının hızlı bir şekilde arttığı görülmektedir.

Şekil 52 yazar anahtar kelimelerine göre belgelerin yıllar bazında trend konularını göstermektedir. Şekil 52'de çizgiler konuların zaman çizelgesindeki yerini, düğümler ise kelimelerin frekansını (sıklık) ifade etmektedir. Ayrıca çizgilerin uzaması konuların güncelliğini koruduğunu göstermektedir (Karagözoğlu vd., 2024).



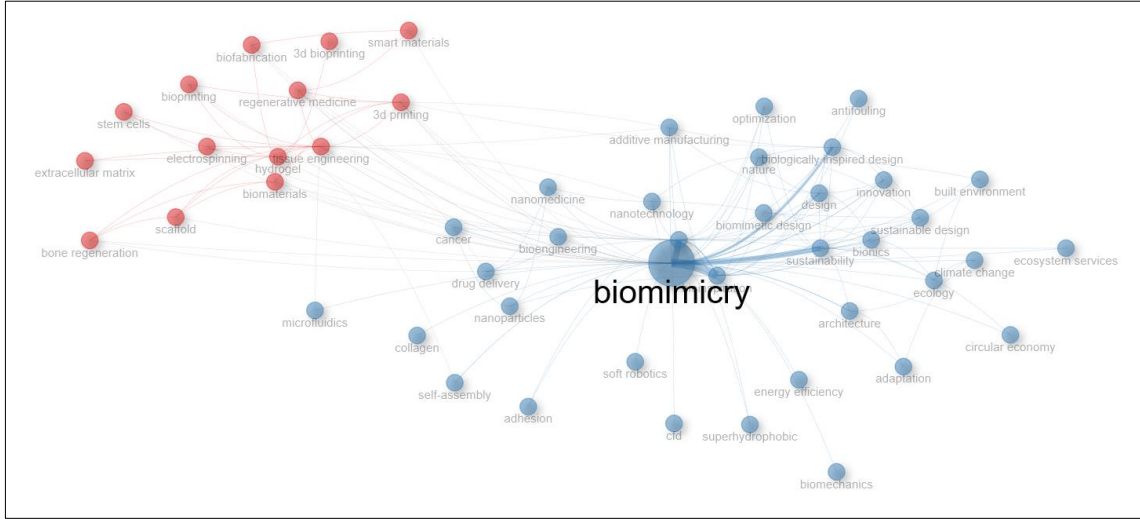
Şekil 52. Yazar anahtar kelimelerine göre zaman içindeki trend konular ve kullanım sıklıkları

Şekil 52 incelendiğinde Biyomimikri ile ilgili 2023 yılı için terimin sıklığına göre en çok bahsedilen *bioink* ve *porosity* olmuştur. Ayrıca *soft robotics* ve *simulation* 2022 yılında trend olarak 2023'e kadar güncel kaldığı görülmektedir 2016 yılından başlayarak *3d printing* (2021'de zirve) , 2014 yılından başlayarak *design* (2020'de zirve) ve yine 2014 yılından başlayarak *biologically inspired design* (2018'da zirve) 2022'e kadar güncelliğini koruyan trend konular olarak yer almaktadır. *Sustainability* 2014 yılından, *architecture* 2016 yılından ve *bioinspiration* 2015 yılından beri 2021 yılına kadar güncel kaldığı görülmüştür. Kelime frekansına göre, en yüksek frekansa sahip olanın yıllara göre *Bioinspiration* (2018 yılında), *Sustainability* (2019 yılında) ve *Tissue engineering* (2019 yılında) olduğu görülmektedir.

3.1.1.5. Biyomimikrinin Kavramsal Entelektüel ve Sosyal Yapı Açısında Değerlendirilmesine Yönelik Ait Bulgular

Kavramsal yapı bilimin bahsettiği, ana temalar ve eğilimlerdir. Entelektüel yapı, bir yazarın eserinin belirli bir bilimsel topluluğu nasıl etkilediğidir. Sosyal yapı ise, yazarların, kurumların ve ülkelerin birbirleriyle nasıl etkileşim içinde olduğudur (URL-16). Bu bölümde ilk olarak kavramsal yapısını ortaya koymak için *Authors keywords* için Tablo 9'daki eşdeğer kelimeler dikkate alınarak analiz edilen veri seti

belgelerine ait anahtar kelimelerin birlikte-kullanım ağı grafiği oluşturulmuştur (Şekil 53).

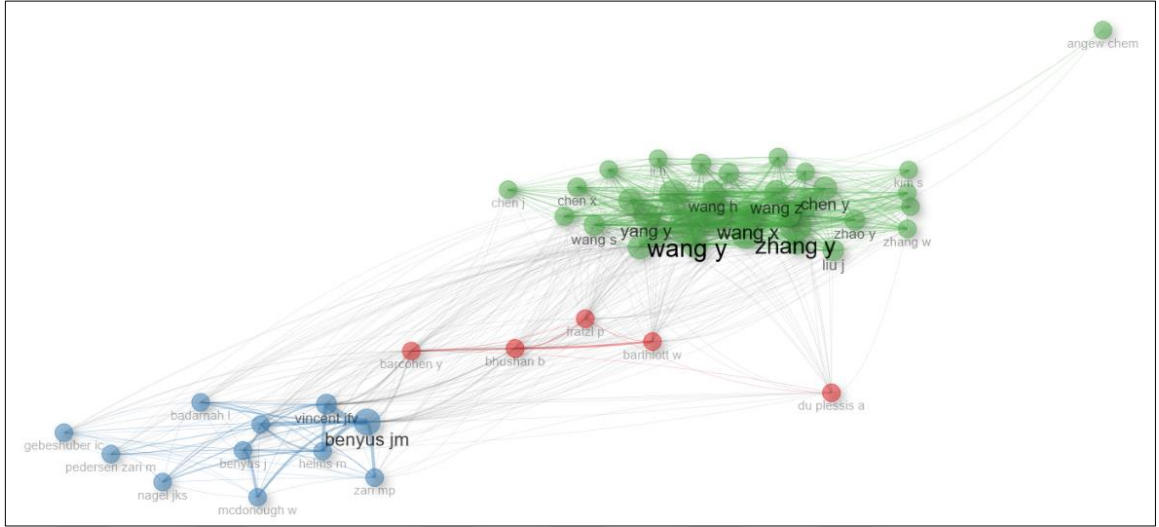


Şekil 53. Yazarların anahtar kelimelerinin ko-okürans ağı (birlikte-kullanım ağı)

Dairelerin kalınlığı kullanım sıklığıyla orantılı, çizgilerin kalınlığı ise birlikte-kullanım sıklığıyla orantılı (URL-16) olarak düzenlenmiş olan Şekil 53 incelendiğinde biyomimikri *Biomimicry* teriminin birçok terimle birlikte kullanıldığı, ayrıca bioilham *Bioinspiration*, biyolojik olarak ilham alınan tasarım *Biologically inspired design* ve sürdürülebilirlikle *Sustainability* birlikte sıklıkla kullanıldığı görülmektedir.

Şekil 54 ve 55'te biyomimikrinin entelektüel yapısını anlamak için yazarlara ve belgelere göre ortak atıf ağları değerlendirilmiştir. Ortak atıf analizi, akademik alanlarda yazarlar, makaleler ve dergiler arasındaki ilişkiyi ve yapıyı ortaya çıkarmak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Blonski, 2023). Atıfta bulunulan öğenin referans listesinde iki öğeye (örneğin belgeler, dergiler veya yazarlar) atıfta bulunulması aralarında bir ortak atıf ilişkisi olduğu anlamındadır (Osareh, 1996). İki makalenin ortak atıfı, her ikisine de üçüncü bir makalede atıf yapıldığında gerçekleşir (Aria vd., 2017). Ortak atıf analizinin temel önermesi, iki öğeye birlikte ne kadar çok atıf yapılırsa, içeriklerinin ilişkili olma olasılığının o kadar yüksek olduğudur (Blonski, 2023). İki belge, diğer belgelerin referans listelerinde birlikte yer alıyorsa ortak olarak atıfta bulunulmuş kabul edilir (Hjørland, 2013). Ayrıca daha büyük düğümler, daha fazla alıntı yapılan belgeleri temsil etmektedir. Bağlı düğümlerinin birlikte alıntılanması arttıkça bağlantı kalınlaşmaktadır (Ayaz vd., 2022).

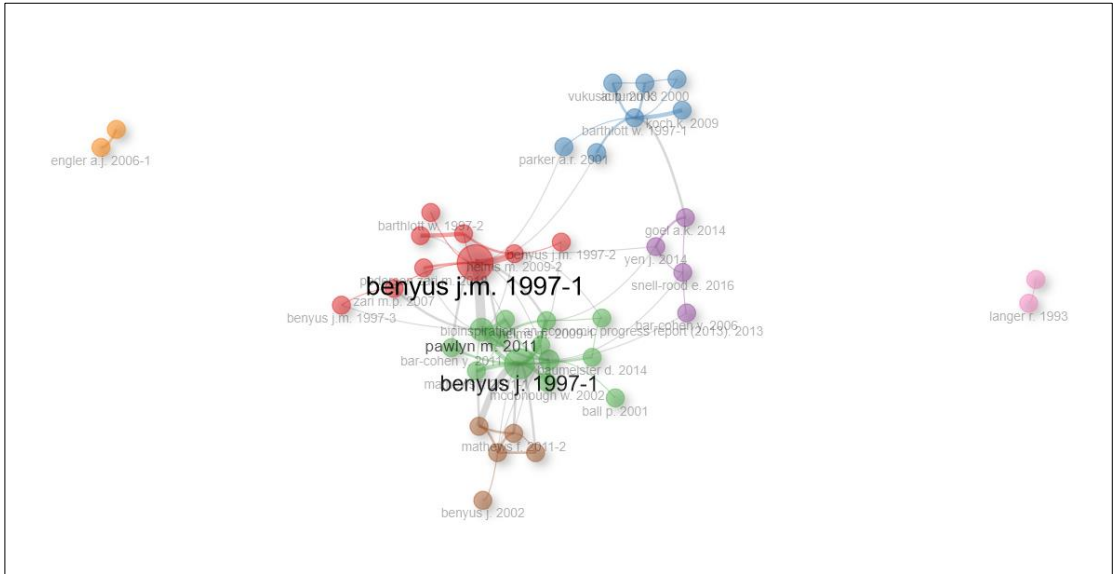
Şekil 54'te yazarların ortak atıf ağı gösterilmektedir.



Şekil 54. Yazarlara göre ortak-atıf ağı

Şekil 54'e göre yazarların ortak atıf ağı üç farklı kümede toplanmaktadır. Bu da yazarların ele aldıkları konu açısından başlıca üç farklı alanda yoğunlaştığı anlamına gelmektedir.

Şekil 55'te ise belgelerin ortak atıf ağı gösterilmektedir.



Şekil 55. Belgelere göre ortak atıf ağı

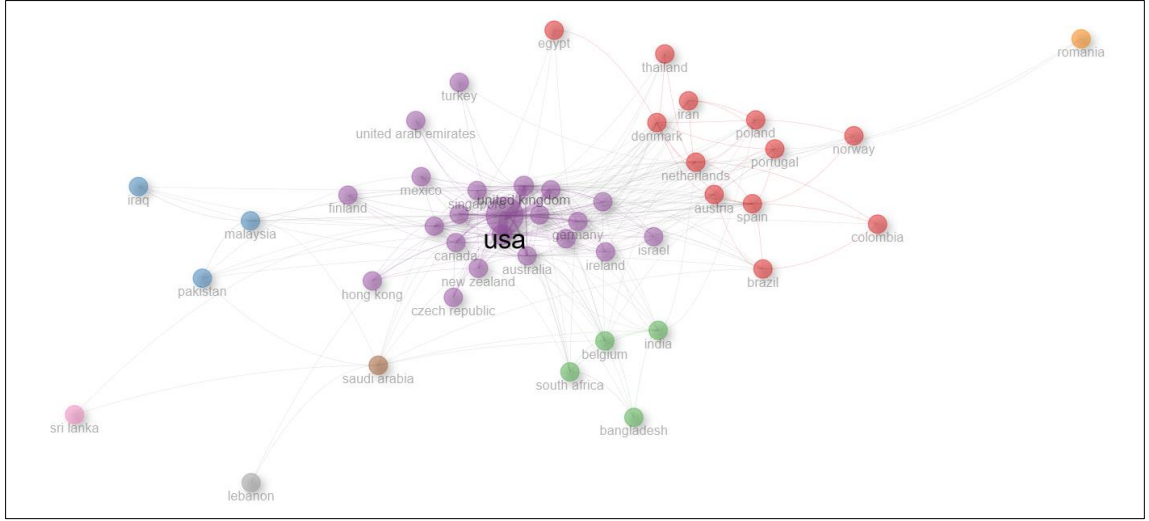
Şekil 55'e göre yerel olarak en çok atıfta bulunulan referansların başında olan Benyus (1997) ve Pawlyn (2011) en çok ortak atıfta bulunulan belgelerdir.

Şekil 56, şekil 57 ve şekil 58’de biyomimikrinin sosyal yapı açısından yazar, kurum ve ülke ölçeğinde etkileşimleri ortaya koyulmuştur. Yazarlar arası işbirliği ağını gösteren Şekil 56’da her bir daire bir yazarı temsil etmektedir. Daireler arası çizgiler ise yazarların birbirleriyle olan işbirliklerini göstermektedir. Aralarında ilişki bulunan daireler çizgi ile birbirlerine bağlanmıştır. Dairelerin rengi bir akademisyen kümesini tanımlamaktadır. Boyutu ise, bir yazar tarafından yayınlana toplam belge sayısı ile orantılıdır. Oklar işbirlik ağı içerisindeki bağlantıları ve işbirliğinin gücünü göstermektedir. Ayrıca aynı renkteki oklar bilim insanı arası işbirliğini göstermektedir. Gri oklar ise akademisyen grupları arasındaki işbirliğini göstermektedir (Ciavolino vd., 2022).

Şekil 56. Yazarlar arası işbirlik ağı

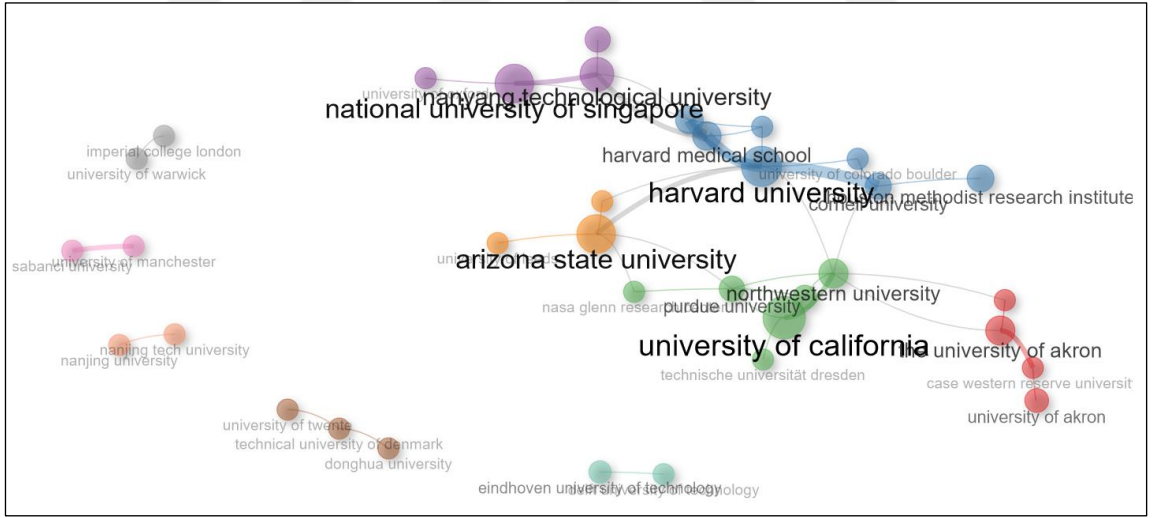
Şekil 56 incelendiğinde ilgili konu alanında h-indeksine göre en etkili yazar olan Tasciotti E üçüncü sırada en etkili yazar olan Taraballi F ile yoğun işbirliği içinde oldukları görülmektedir.

Şekil 57’de ülkeler arası işbirlik ağı gösterilmiştir.



Şekil 57. Ülkeler arası işbirlik ağı

Ülkeler arası işbirliğe bakıldığında konu alanında en yoğun işbirlik ABD-Çin, ABD-Birleşik Krallık, ABD-İtalya ülkeleri arasında olduğu görülmektedir (Şekil 57). Şekil 58’de ise kurumlar arası işbirlik ağı gösterilmektedir.



Şekil 58. Kurumlar arası işbirlik ağı

Şekil 58’e göre kurumlar Harvard Univesity-Cornell University, Harvard University-Harvard Medical School, University of California-Northwestern Univesity, Arizona State Univesity-Harvard University, Sabancı University-University of Manchester şeklinde yoğun ilişkili olduğu görülmektedir.

3.1.2. Biyomimikri, Tasarım, Sürdürülebilirlik Ve Ekolojik Tasarım’a Ait Bibliometrik Analize Yönelik Bulgular

Bu bölümde *sürdürülebilir ve/veya ekolojik tasarım bağlamında biyomimikri* ile ilgili akademik çalışmaların mevcut durumunu ortaya koymak üzere özelleştirmeler yapılmıştır. Biyomimikri ile alakalı 1634 adet belgeye ait veri setinin içinde tasarım kavramının geçmiş olduğu 702 belge bulunmuştur. 702 veri setinin içinde ise sürdürülebilirlik veya ekoloji kavramların veya eşdeğerlerinden herhangi birisinin mevcut olabileceği 210 belgeye ilişkin bibliyometrik analizi gerçekleştirilmiştir.

3.1.2.1. Biyomimikri, Tasarım, Sürdürülebilirlik ve Ekolojik Tasarım’a Ait Genel Bulgular

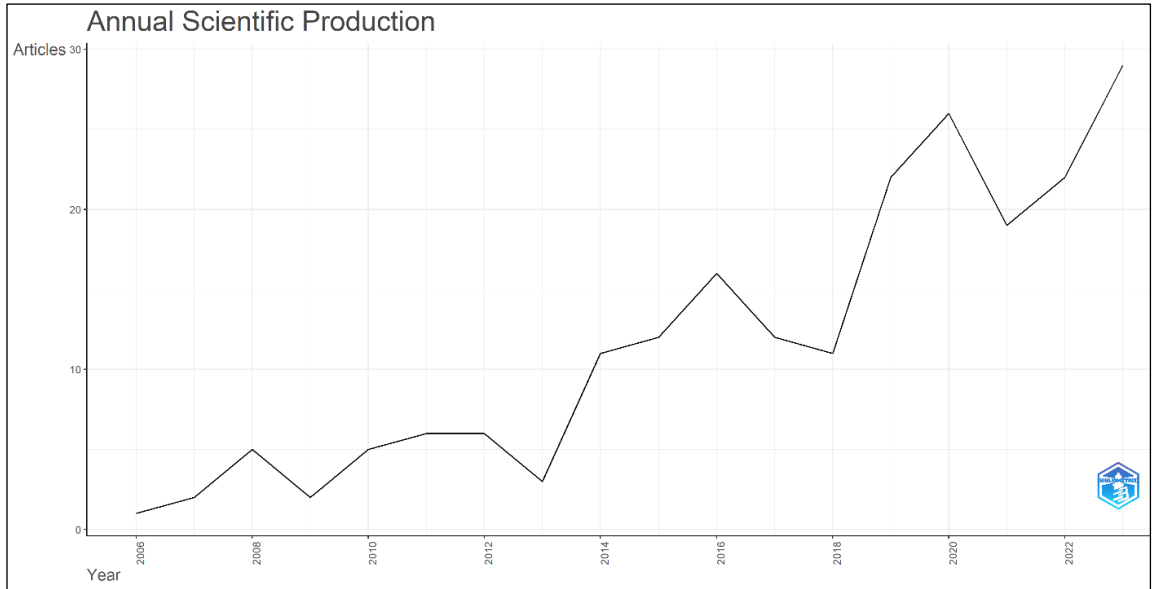
Tablo 11, 1994-2023 yılları arasında yayınlanan ve Scopus veri tabanından alınıp Bibliometrix R paketindeki Biblioshiny programını kullanılarak analiz edilen 210 belgenin analizine ilişkin genel bilgileri göstermektedir.

Tablo 11. 210 belgenin verisine ilişkin genel bilgiler.

Genel Bilgiler Başlıkları	Açıklama	Sonuç
MAIN INFORMATION ABOUT DATA	VERİYE İLİŞKİN GENEL BİLGİLER	
Timespan	Yıl-aralığı	2006:2023
Sources (Journals, Books, etc)	Kaynak (Dergi)	144
Documents	Belge sayısı	210
Annual Growth Rate %	Yıllık büyüme oranı %	21.91
Document Average Age	Belge yaşı ortalaması	5.98
Average citations per doc	Belge başına atıf ortalaması	18.97
References	Kaynak sayısı (referanslar)	11808
DOCUMENT CONTENTS	BELGE İÇERİĞİ	
Keywords Plus (ID)	Artı anahtar kelimeler	1472
Author's Keywords (DE)	Yazarların anahtar kelimesi	757
AUTHORS	YAZARLAR	
Authors	Yazar sayısı	648
Authors of single-authored docs	Tek-yazarlı belgelerin yazar sayısı	38
AUTHORS COLLABORATION	YAZARLAR İŞBİRLİĞİ	
Single-authored docs	Tek- yazarlı belge sayısı	48
Co-Authors per Doc	Belge başına ortalama ortak yazar sayısı	3.48
International co-authorships %	Uluslararası yazar-işbirliği yüzdesi %	27.14
DOCUMENT TYPES	BELGE TÜRÜ	
Article	Makale	171
Review	Derleme	39

Scopus veri tabanında 1994-2006 yılına kadar konu alanına yönelik bir belge verisi bulunmadığından, 2006-2023 yılları arası değerlendirmeye alınmıştır. Elde edilen 210 belgenin 171'si makale 39'u ise derleme olduğu görülmüştür. 210 belgenin 48 tek yazarlı belge olup tek yazarlı belgelerin yazar sayısı 38'dir. 210 belgeye ait toplam yazar anahtar kelimeleri 757 kelimedir. Belgelerin toplam yazar sayısı ise 648'dir. 210 belgede kullanılan toplam referans sayısı ise 11808 olmuştur. Ayrıca belgelerin toplam 144 farklı dergide yer aldığı görülmüştür (Tablo 11).

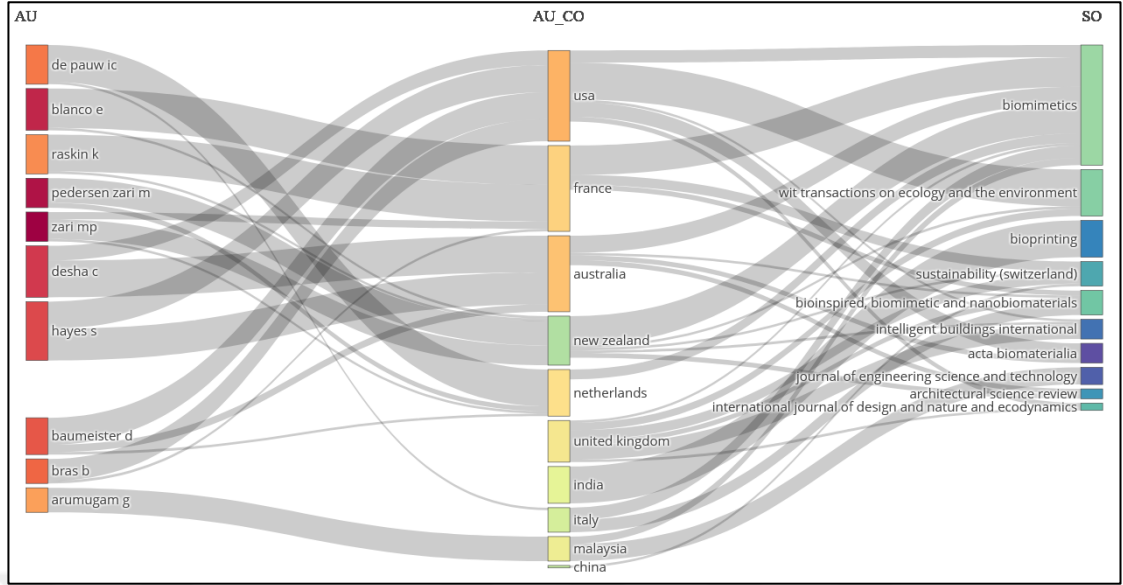
Biyomimkri, tasarım, sürdürülebilirlik ve ekolojik tasarım konusunda 210 belgenin verilerine göre yıllık bilimsel üretim şekil 59'da gösterilmiştir.



Şekil 59. 210 belgenin verisine göre yıllık bilimsel üretim

İlgili konuya yönelik bilimsel üretimin 2006 yılında başladığı ve 2006-2023 yılları arasında sürekli bir artışla devam ettiği görülmüştür (Şekil 50).

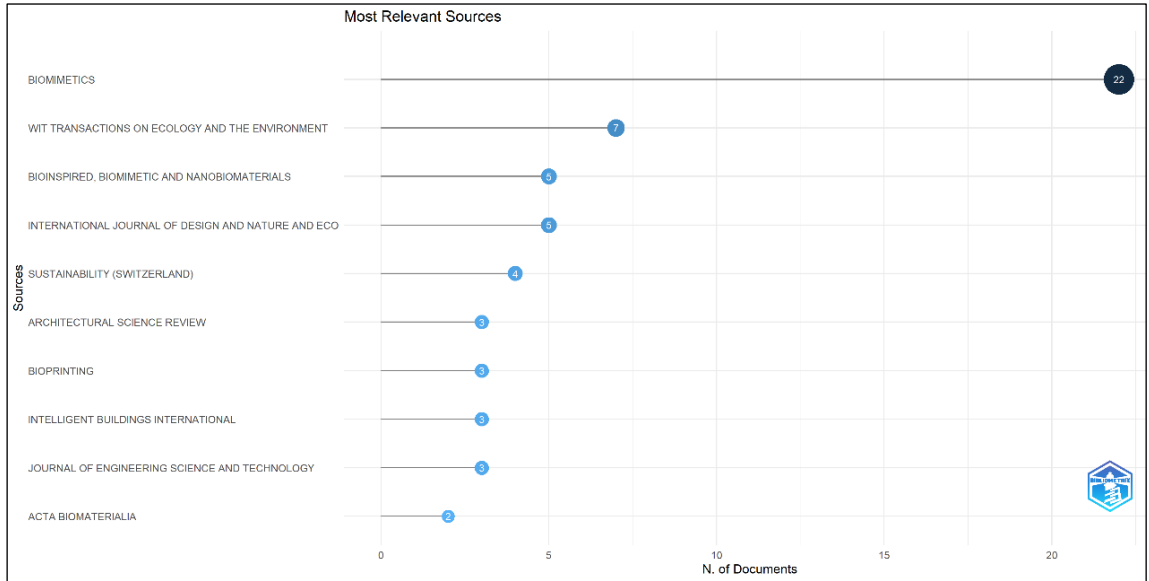
İlgili yazarlar (AU), Yazar ülkeleri (AU_CO) ve Dergiler (SO) arasında bağlantıları gösteren üç alanlı grafik şekil 60'ta gösterilmektedir. Şekil 60'a göre genellikle ilgili konuda çalışma yapan ABD'li yazarların en fazla *WIT*, ardından *Biomimetics* ve *Acta biomaterialia* dergilerini tercih ettiği görülürken Fransa, Avustralya, Yeni Zelanda ve Hollanda'lı yazarların en fazla *Biomimetics* dergisini tercih ettiği görülmektedir.



Şekil 60. 210 belgenin verisine ilişkin üç-alanlı grafik

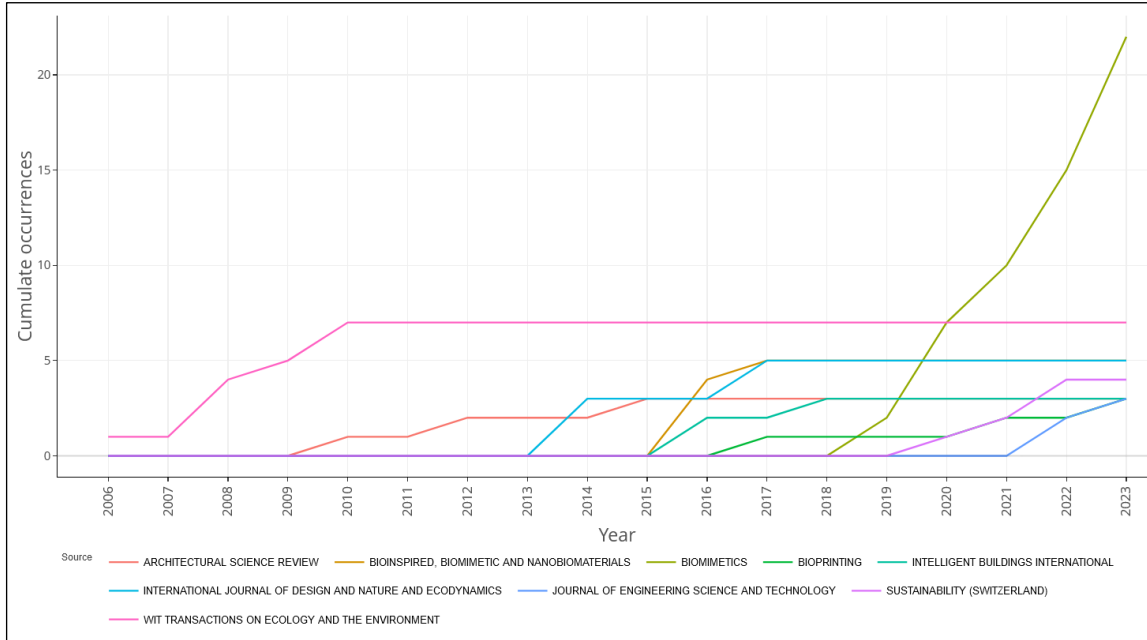
3.1.2.2. Biyomimikri, Tasarım, Sürdürülebilirlik ve Ekolojik Tasarım Konusunda Yayın Yapan Dergilere Ait Bulgular

Konu ile en ilgili 10 dergi Şekil 61’de sıralanmıştır. Toplam 22 belgeyle *Biomimetics* dergisi birinci sırada yer alırken 7 belgeyle ikinci sırada *WIT transactions on ecology and the environment* ve 5 belgeyle üçüncü sırada *Bioinspired, Biomimetics and nanobiomaterials* yer almıştır.



Şekil 61. 210 belgenin verisine göre konu ile en ilgili dergiler

Şekil 62’de 210 belgenin verisine göre ilgili dergilerin zaman içindeki üretimi gösterilmiştir.



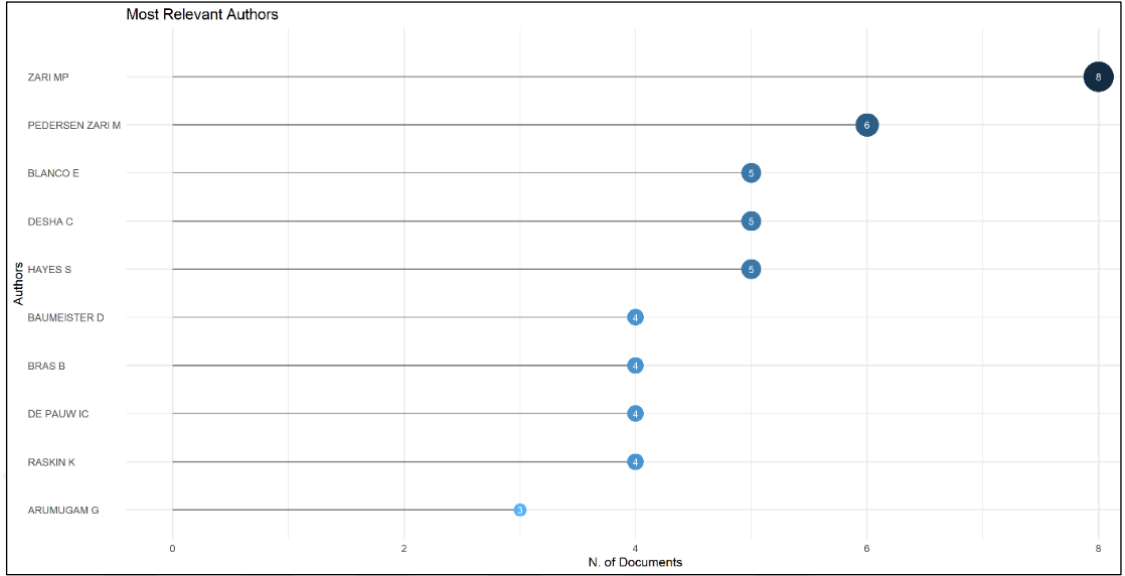
Şekil 62. 210 belgenin verisine göre en ilgili dergilerin zaman içindeki üretimi

Şekil 62’ e göre konu ile ilgili ilk yayım yapan dergi WIT dergisi olmuştur. Derginin üretkenliği 2006-2010 yılları arasında artan bir ivmeyle devam ederken, 2010 bu artış durmuş ve sabit bir ilerleme kaydettiği görülmüştür. *Biomimetics* dergisinin konuyla alakalı üretkenliği 2018 yılından başlayarak dikkat çekici ölçüde oldukça hızlı bir artış göstererek, 2023 yılına kadar diğer dergilere göre açık ara bir artış kaydetmiştir.

3.1.2.3. Biyomimikri, Tasarım, Sürdürülebilirlik Ve Ekolojik Tasarım Konusunda Yayın Yapan Yazarlar, Kurumları Ve Ülkelerine Ait Bulgular

Bu bölüm, biyomimikri ile tasarım koleksiyonunun içerisindeki sürdürülebilirlik veya ekoloji ya da sürdürülebilir veya ekolojik tasarım anahtar kelimelerinin geçtiği belgelerde en çok yayın yapan yazarları, yıllar içinde yazarların belge üretimini, en ilgili kurumları ve zaman içindeki üretimi, ilgili yazarların ülkelerini, ülkelerin bilimsel üretkenliğini, ülkelerin zaman içinde belge üretimini ve en çok atıf alan ülkeleri tanımlamaktadır.

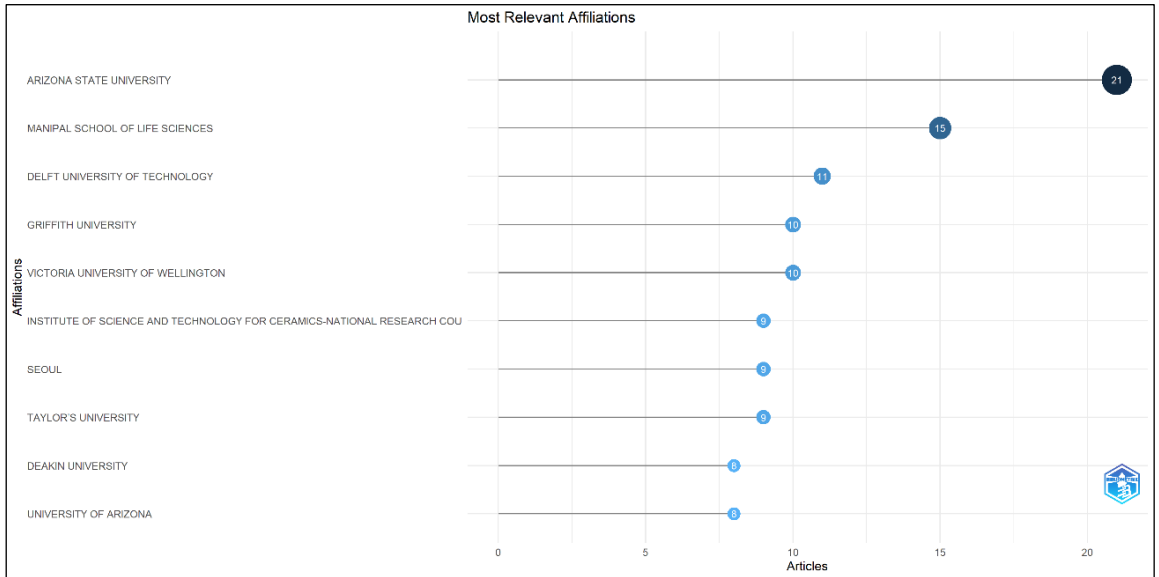
Şekil 63'te belge sayısına göre konu ile en ilgili ilk 10 yazar gösterilmiştir.



Şekil 63. 210 belgenin verisine göre konu ile en ilgili ilk 10 yazar.

İlgili konuya yönelik en çok çalışma yapan yazarın toplam 14 belgeyle Zari M.P. olduğu görülmektedir. Ardından Blanco E, Desha C ve Hayes S toplam 5 belgeyle ikinci sırada yer almaktadır.

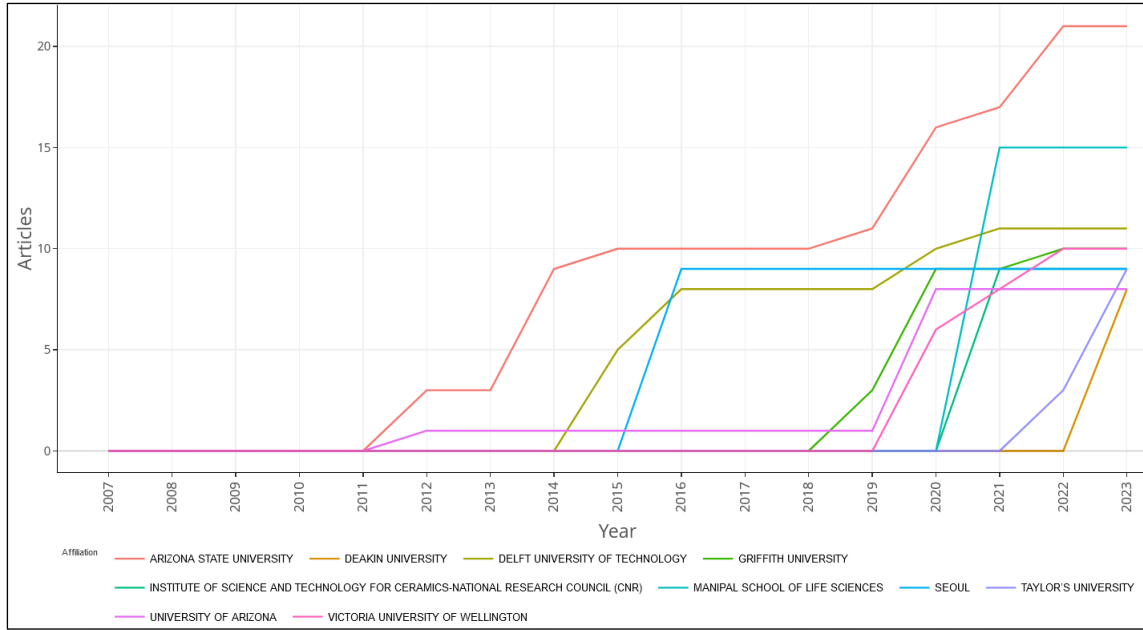
Şekil 64 konu alanına yönelik çalışma yapan yazarların bağlı olduğu en ilgili 10 kurum sıralanmıştır.



Şekil 64. 210 belgenin verisine göre konu ile en ilgili ilk 10 kurum.

Şekil 64'e göre konu ile en ilgili 10 kurum arasında ilk sırada *Arizona State University*, ikinci sırada *Manipal School Of Life Sciences* ve üçüncü sırada *Delft University Of Technology* yer aldığı görülmektedir.

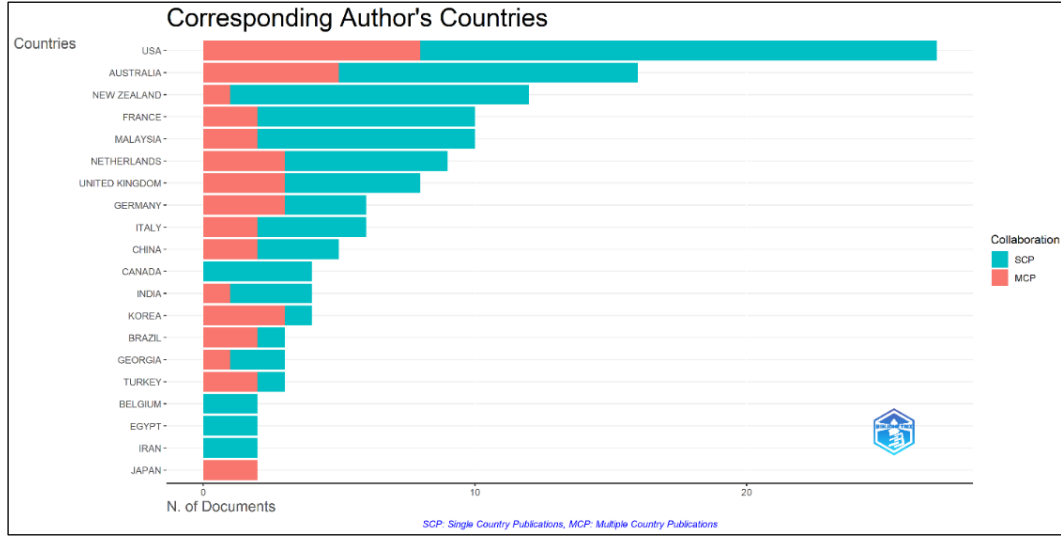
Şekil 65'te ise en ilgili 10 kurumun zaman içindeki üretkenliğini göstermektedir.



Şekil 65. 210 belgenin verisine göre en ilgili 10 kurumun zaman içindeki üretimi.

Şekil 65'te *Arizona State University* ve *University Of Arizona* ilgili konu alanında en erken yayın yapılan kurumlar olduğu ve bu kurumların ikisi de 2012 yılından itibaren üretime başladığı görülmektedir. Ancak *University Of Arizona*'nın konu alanında üretkenliği, *Arizona State University*'ne göre daha yavaş olurken *Arizona State University* ise üretkenliğini arttırarak devam ettirmiş ve en ilgili kurumlar arasında birinci sırada kalmaya devam ederek ilerlemiştir. Ayrıca diğer kurumların çoğunun ise, konu alanında üretkenliğinin son 10 yıl içerisinde artış gösterdiği görülmüştür.

Şekil 66 ilgili konu alanında, sorumlu yazarların bağlı olduğu ülkelere göre belgelerin tek ülkeli (SCP) veya çok-ülkeli (MCP) olarak dağılımları ve işbirlikleri gösterilerek belge sayısına göre sorumlu yazar ülkeleri sıralanmıştır.



Şekil 66. 210 belgenin verisine göre sorumlu yazarların ülkeleri.

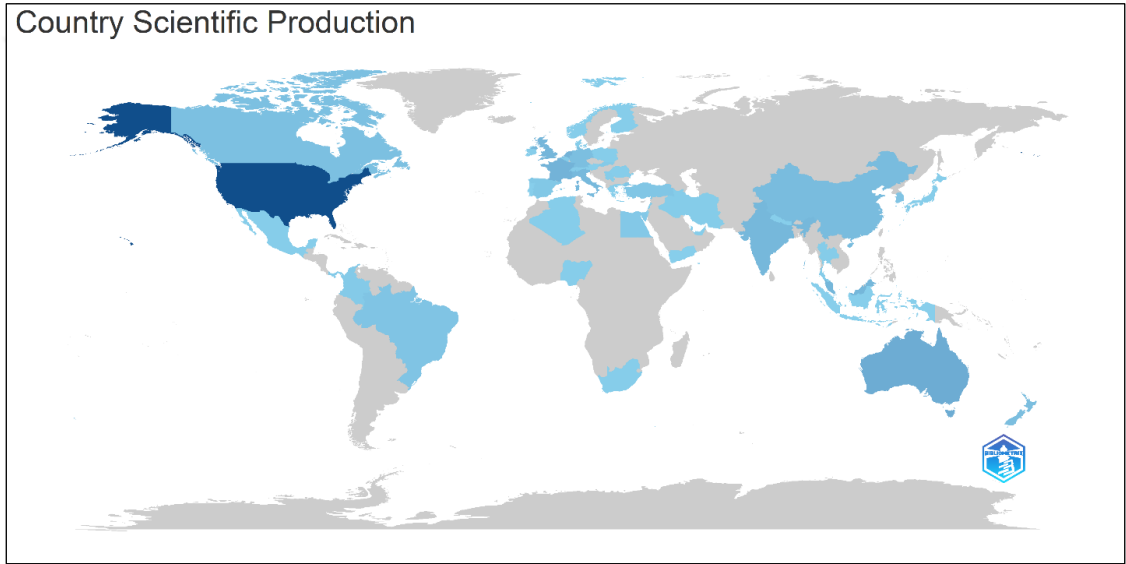
Tablo 12’de şekil 66’nın sayısallaştırılmış açıklaması yer almaktadır. Buna göre tablo 12’de sorumlu yazarların ülkelerine göre toplam belge sayısı, tek ülkeli belge sayısı, çok ülkeli belge sayısı, frekans ve çok ülkeli belge oranı gösterilmiştir.

Tablo 12. 210 belgenin sorumlu yazarlarının ülkelerine göre toplam belge sayısı, Tek-ülkeli (SCP) ve Çok-ülkeli (MCP) belge sayısı, frekans ve MCP-oran.

Ülke	Belge sayısı	SCP	MCP	Frek	MCP_Oran
ABD	27	19	8	0.129	0.296
Avustralya	16	11	5	0.076	0.313
Yeni Zelanda	12	11	1	0.057	0.083
Fransa	10	8	2	0.048	0.2
Malezya	10	8	2	0.048	0.2
Hollanda	9	6	3	0.043	0.333
Birleşik Krallık	8	5	3	0.038	0.375
Almanya	6	3	3	0.029	0.5
İtalya	6	4	2	0.029	0.333
Çin	5	3	2	0.024	0.4
Kanada	4	4	0	0.019	0
Hindistan	4	3	1	0.019	0.25
Kore	4	1	3	0.019	0.75
Brezilya	3	1	2	0.014	0.667
Gürcistan	3	2	1	0.014	0.333
Türkiye	3	1	2	0.014	0.667
Beljika	2	2	0	0.01	0
Mısır	2	2	0	0.01	0
İran	2	2	0	0.01	0
Japonya	2	0	2	0.01	1

Tablo 12 incelendiğinde ilgili konu alanında hem toplam belge sayısına hem de tek-ülkeli (SCP) belge sayısına göre en çok çalışma yapan ilk üç ülke sırayla ABD, Avustralya ve Yeni Zelanda olmuştur. Çok-ülkeli belge (MCP) sayısına göre ise en çok uluslararası çalışma yapan birinci sırada 8 belgeyle ABD, 5 belgeyle ikinci sırada Avustralya ve üçüncü sırada 3 belgeyle Hollanda, Birleşik Krallık, Almanya ve Kore'dir. Türkiye'nin ise ilgili konuda toplam belge sayısı 3 olup, bunlardan 2 tanesi çok ülkeli belge olduğu belirlenmiştir.

Şekil 67'de ülke bağlantılarına göre yazarların görünme sayısı ile ölçülen ülkelerin bilimsel üretkenliği gösterilmektedir.



Şekil 67. 210 belgenin verisine göre ülkelerin konu ile ilgili bilimsel üretkenliği.

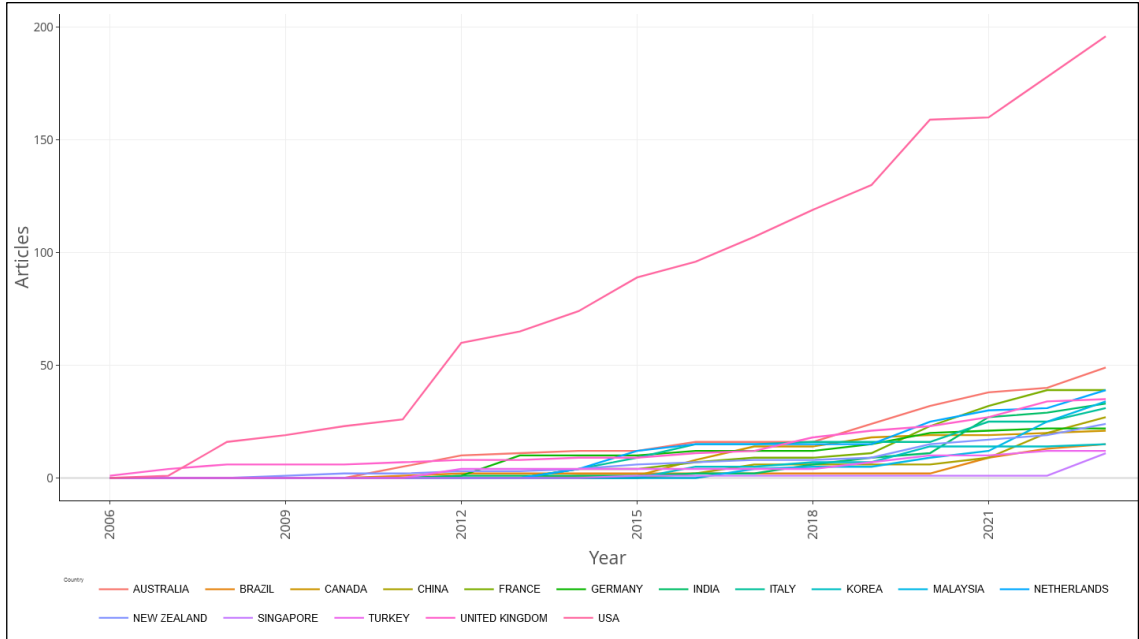
Renk yoğunluğunun bilimsel üretkenlikle orantılı olduğu Şekil 67'ye göre konu ile ilgili bilimsel üretkenliği en yoğun olan ABD, ardından Avustralya olduğu görülmektedir.

Tablo 13'te ise Şekil 67'nin sayısal dağılımı gösterilmiştir. Tablo incelendiğinde ilgili konu alanına yönelik ülke yazarlarının görünme sayısına göre bilimsel üretkenliği açısından en sık çalışan ülkeler sırasıyla ABD (196), Avustralya (49), Fransa (39) ve Hollanda (39), Birleşik Krallık (35) ve beşinci sırada da Malezya (34) olmuştur. Yazarların uyruklarına göre ülkelerin bilimsel üretkenliği sıralamasında Türkiye'nin 13'üncü sırada yer aldığı görülmektedir.

Tablo 13. 210 belgenin verisine göre ülkelerin konu ile ilgili bilimsel üretkenliği.

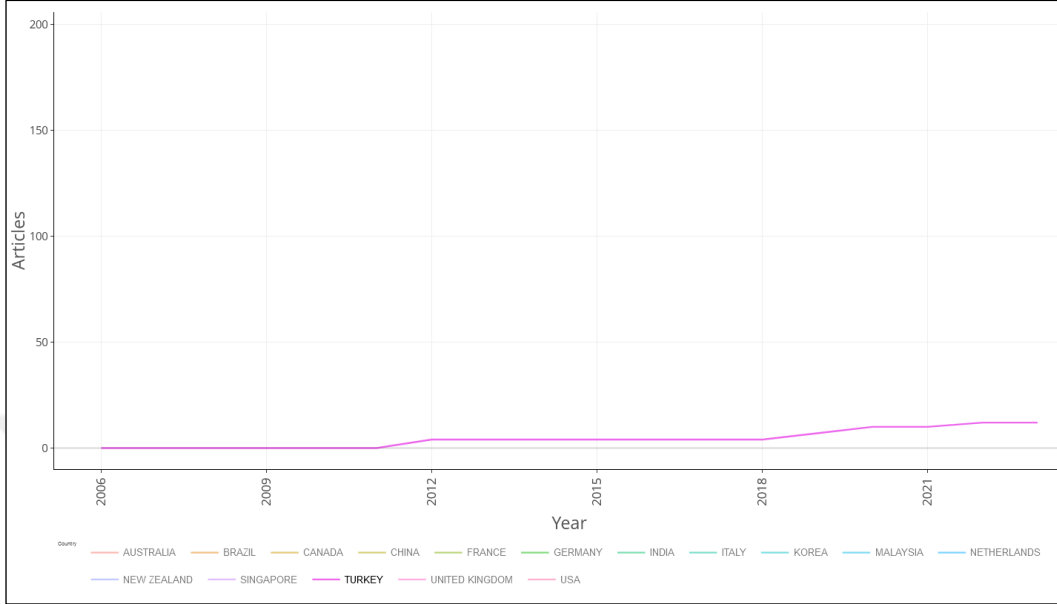
Belge	Sıklık
ABD	196
Avustralya	49
Fransa	39
Hollanda	39
Birleşik Krallık	35
Malezya	34
Hindistan	33
İtalya	31
Çin	27
Yeni Zelanda	24
Almanya	22
Kanada	21
Brezilya	15
Güney Kore	15
Türkiye	12

Şekil 68’de ülkelerin zaman içindeki bilimsel üretkenliği gösterilmiştir. Buna göre 2006-2023 yılları arasında ABD dışındaki ülkelerin bilimsel üretkenliği hemen hemen aynı seviyede ve ABD’ye göre daha yavaş ilerlerken ABD’ye bağlı olan yazarların konu alanındaki katkısı daha hızlı ve diğer ülkelere kıyasla oldukça yüksek gelişme göstermektedir.



Şekil 68. 210 belgenin verisine göre ülkelerin zaman içindeki bilimsel üretkenliği.

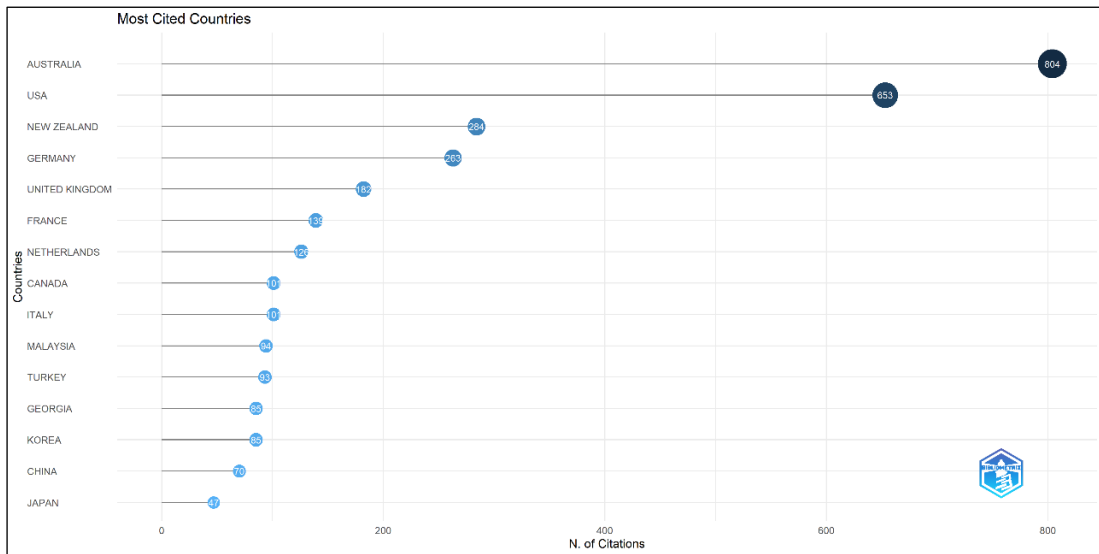
Şekil 69’da 210 belgenin verisine göre Türkiye’nin konuyla ilişkili bilimsel üretiminin yıllar içerisindeki gelişimi gösterilmiştir.



Şekil 69. 210 belgenin verisine göre Türkiye’nin konuyla ilişkili bilimsel üretimi.

Türkiye’ye bağlı olan yazarların ise 16 yıl içerisinde ilgili konuyla alakalı katkıda bulunan yazarların görünme sayısı 12’ye kadar yükseldiği görülmektedir (Şekil 69).

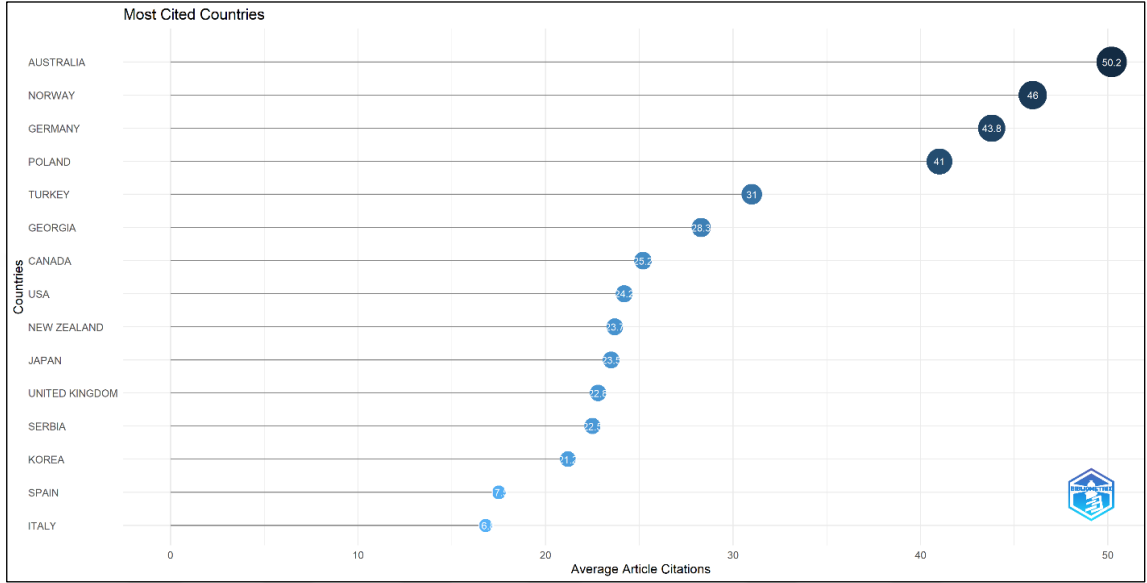
Şekil 70’te belgelerin verisine göre konu ile ilgili en çok atıfta bulunulan 15 ülke sıralanmıştır.



Şekil 70. 210 belgenin verisine göre toplam atıf sayısına göre en çok atıfta bulunulan 15 ülke

Toplam atıf sayısına göre konu alanına yönelik en çok atıf yapılan ülkelerin başında Avusturalya gelirken ABD ikinci sırada, Yeni Zelanda ise üçüncü sırada yer almıştır. Türkiye ise toplam 93 atıfla on birinci sırada yer almıştır (Şekil 70).

Şekil 71’de 210 belgenin verisine göre ortalama atıf sayısına göre en çok atıfta bulunan 15 ülke sıralanmıştır.



Şekil 71. 210 belgenin verisine göre ortalama atıf sayısına göre en çok atıfta bulunan 15 ülke

Ortalama atıf sayısına göre birinci sırada yine Avustralya olurken, ikinci sırada Norveç ve üçüncü sırada Almanya yer almıştır. Türkiye ise ortalama atıfla göre beşinci sırada yer almıştır (Şekil 71).

3.1.2.4. Biyomimikri, Tasarım, Sürdürülebilirlik Ve Ekolojik Tasarım Konusunda Bilimsel Literatürlere Ait Bulgular

Bu bölüm global ve yerel olarak en çok atıf yapılan belgeleri, yerel olarak en çok atıf yapılan referansları, ayrıca yıllara göre trend konuları içermektedir. Tablo 14 konu alanına yönelik global olarak en çok atıf yapılan belgeleri göstermektedir. Buna göre en çok atıf alan ilk üç belge sırasıyla Holzapfel (2013), Wheeler (2012) ve Leberfinger (2019) olduğu görülmektedir.

Tablo 14. 210 belgenin verisine göre global olarak en çok atıfta bulunulan belgeler.

Belge	DOI	Toplam Atıf
HOLZAPFEL BM, 2013, ADV DRUG DELIV REV	10.1016/j.addr.2012.07.009	423
WHEELER QD, 2012, SYST BIODIVERSITY	10.1080/14772000.2012.665095	143
LEBERFINGER AN, 2019, ACTA BIOMATER	10.1016/j.actbio.2019.01.009	110
WANIECK K, 2016, BIOINSPIRED BIOMIM NANOBOMATERIALS	10.1680/jbibn.16.00010	86
MATHEWS F, 2011, ORGAN ENVIRON	10.1177/1086026611425689	83
DUSHKOVA D, 2020, LAND	10.3390/land9010019	81
AL-OBAIDI KM, 2017, RENEWABLE SUSTAINABLE ENERGY REV	10.1016/j.rser.2017.05.028	79
MARINO A, 2015, NANOSCALE	10.1039/c4nr06500j	78
SZOJKA A, 2017, BIOPRINTING	10.1016/j.bprint.2017.08.001	72
ZARI MP, 2012, BUILD RES INF	10.1080/09613218.2011.628547	71

Tablo 15’te ise yerel olarak en çok atıfta bulunulan belgeler gösterilmiştir. Buna göre, yerel olarak en çok atıfta bulunulan ilk üç belge sırasıyla Mathews (2011), Gamage (2012) ve Wahl (2006) olmuştur.

Tablo 15. 210 belgenin verisine göre yerel olarak en çok atıfta bulunulan belgeler.

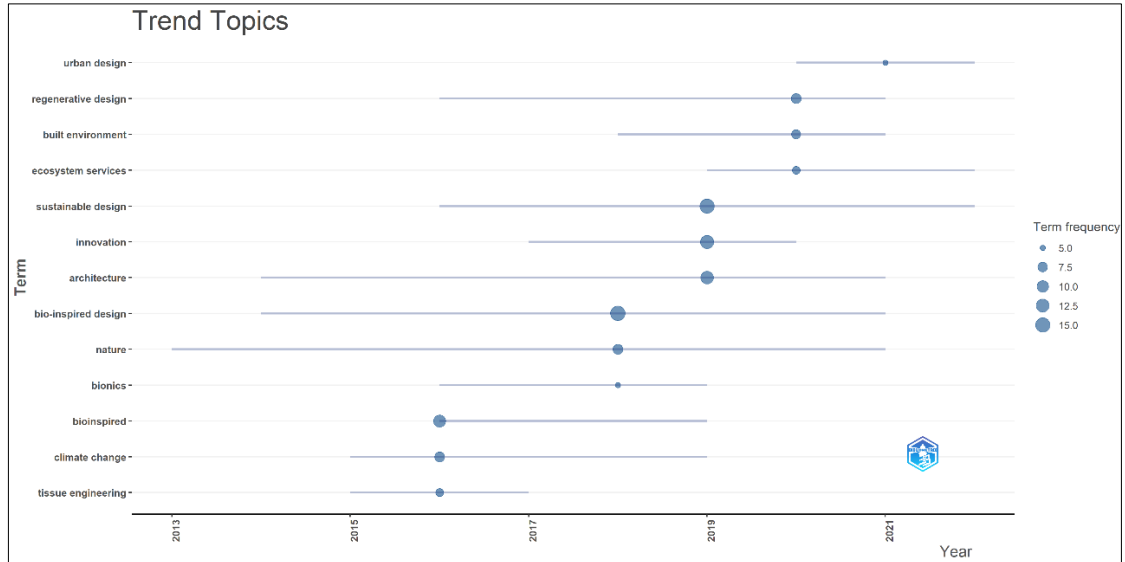
Belge	DOI	Yıl	Yerel Atıflar	Global Atıflar
MATHEWS F, 2011, ORGAN ENVIRON	10.1177/1086026611425689	2011	16	83
GAMAGE A, 2012, ARCHIT SCI REV	10.1080/00038628.2012.709406	2012	10	68
WAHL DC, 2006, WIT TRANS ECOL ENVIRON	10.2495/DN060281	2006	7	36
AMER N, 2019, AIN SHAMS ENG J	10.1016/j.asej.2018.11.005	2019	6	19
VOLSTAD NL, 2012, SUSTAINABLE DEV	10.1002/sd.1535	2012	6	46
BUCK NT, 2017, ENVIRON PLANN	10.1177/0265813515611417	2017	6	35
LAZARUS MA, 2011, ARCHIT DES	10.1002/ad.1319	2011	5	7
PETERS T, 2011, ARCHIT DES	10.1002/ad.1318	2011	5	20
DE PAUW IC, 2014, J CLEAN PROD	10.1016/j.jclepro.2014.04.077	2014	5	49
ZARI MP, 2012, BUILD RES INF	10.1080/09613218.2011.628547	2012	4	71

Tablo 16’da ise yerel olarak en çok atıfta bulunulan referanslar gösterilmiştir. Buna göre en çok yerel atıfta bulunula ilk üç referansın, Benyus (1997), Helms (2009) ve Pawlyn (2011) olarak sıralandığı görülmüştür.

Tablo 16. 210 belgenin verisine göre yerel olarak en çok atıfta bulunulan referanslar.

Atıfta Bulunulan Referanslar	Atıf sayısı
BENYUS J., BIOMIMICRY: INNOVATION INSPIRED BY NATURE, (1997)	45
HELMS M., VATTAM S.S., GOEL A.K., BIOLOGICALLY INSPIRED DESIGN: PROCESS AND PRODUCTS, DESIGN STUDIES, 30, 5, PP. 606-622, (2009)	18
PAWLYN M., BIOMIMICRY IN ARCHITECTURE, (2011)	17
PEDERSEN ZARI M., REGENERATIVE URBAN DESIGN AND ECOSYSTEM BIOMIMICRY, (2018)	13
BENYUS J.M., BIOMIMICRY: INNOVATION INSPIRED BY NATURE, (2002)	8
MCDONOUGH W., BRAUNGART M., CRADLE TO CRADLE: REMAKING THE WAY WE MAKE THINGS, (2002)	8
REAP J.J., HOLISTIC BIOMIMICRY: A BIOLOGICALLY INSPIRED APPROACH TO ENVIRONMENTALLY BENIGN ENGINEERING, (2009)	8
GAMAGE A., HYDE R., A MODEL BASED ON BIOMIMICRY TO ENHANCE ECOLOGICALLY SUSTAINABLE DESIGN, ARCHITECTURAL SCIENCE REVIEW, 55, 3, PP. 224-235, (2012)	7

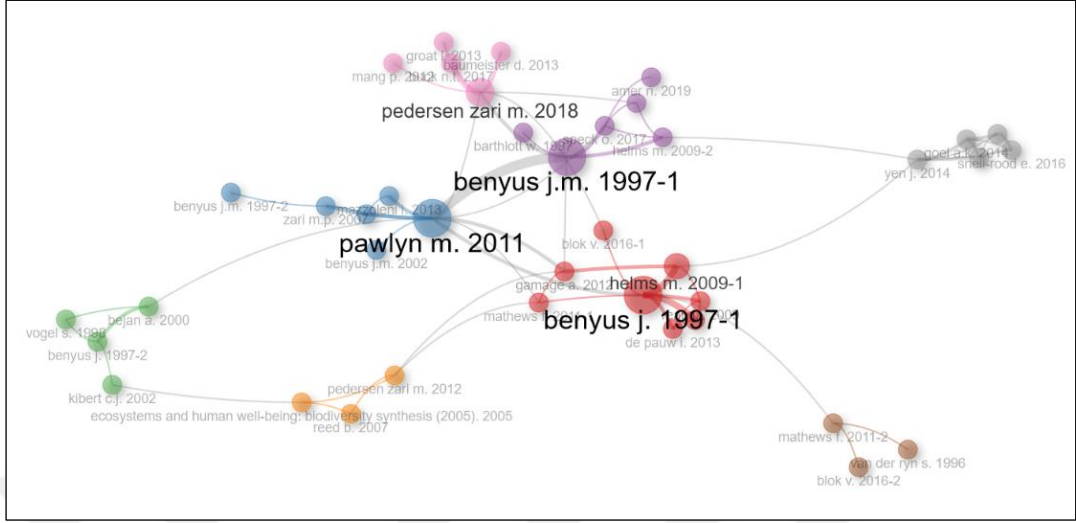
Şekil 72’de koleksiyonun ana anahtar kelimeleri olmaları ve görselleştirmelerin daha spesifik açıdan değerlendirilebilmesi için *Biomimicry-Sustainability-Ecology-Design* kelime grubu kaldırmıştır. Ayrıca *Biomimicry-Biomimetics-Biomimetic*, *Bio-inspired-Bio-inspiration*, *Bioinspired design-Biologically inspired design* kelime grupları içindeki terimler eş anlamlı olarak değerlendirilmiş ve yazarların anahtar kelimelerine göre yapılan belgelerin yıllara göre trend olan araştırma konularının neler olduğu ortaya koyulmuştur.



Şekil 72. 210 belgenin verisine göre yıllara içinde trend konular ve kullanım sıklığı

Şekil 72’de araştırma kapsamında ele alınan 2013-2022 yılları arasında en fazla ön plana çıkan trend konular sıralanmıştır. Buna göre Şekil 72 incelendiğinde 2019

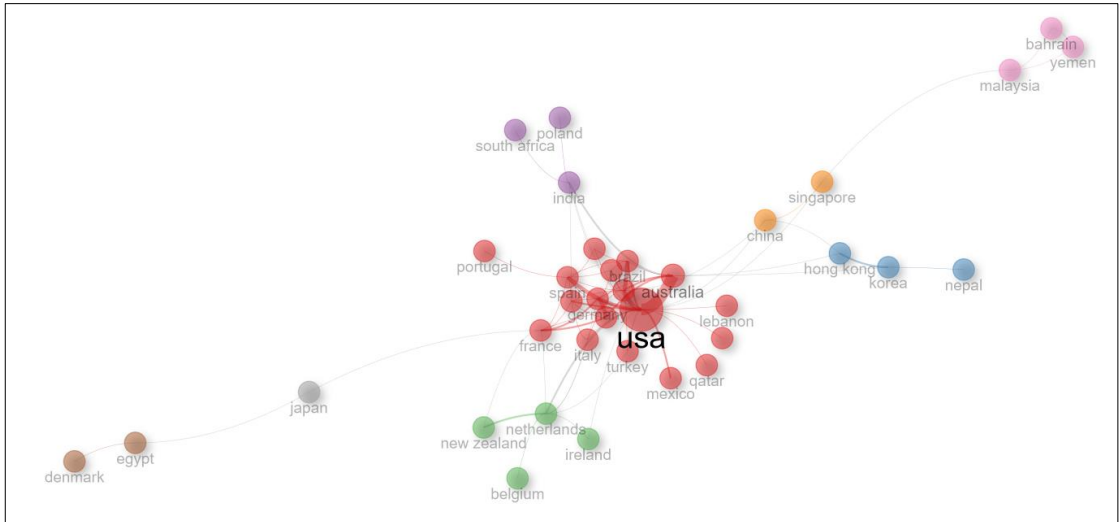
Şekil 74'te 210 belgenin verisine göre belgelerin ortak atıf ağı gösterilmiştir.



Şekil 74. 210 belgenin verisine göre belgelerin ortak atıf ağı

Şekil 74 incelendiğinde en çok birlikte atıfta bulunulan belgeler ise, Benyus (1997)-Pawlyn (2011), Pedersen Zari (2018)-Baumeister (2013), Benyus (1997)-Helms (2009) olduğu görülmektedir.

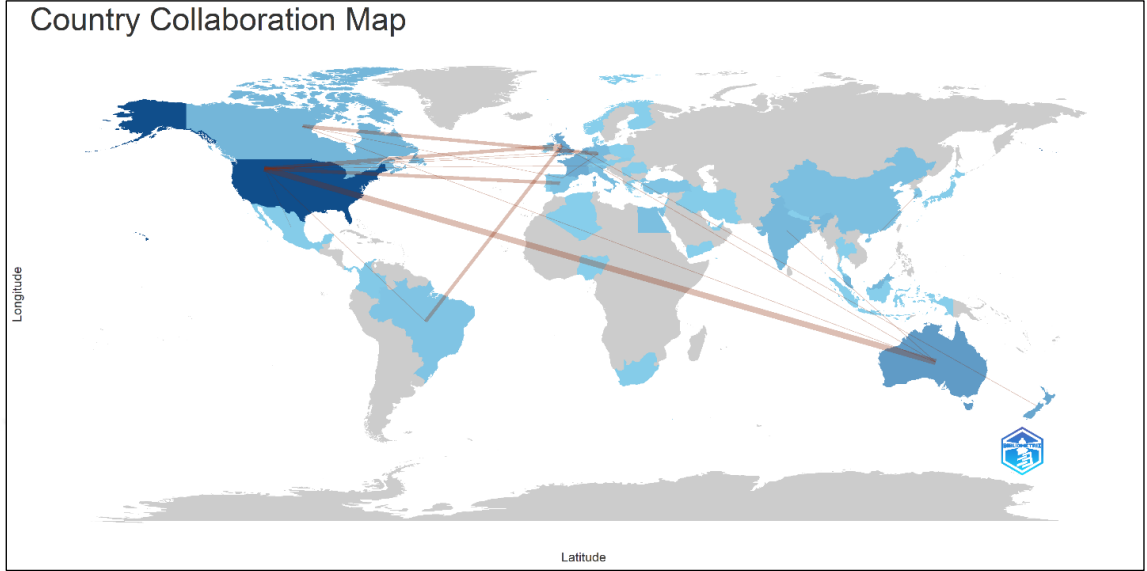
Şekil 75'te konu alanına yönelik ülkeler arası işbirliği ağı gösterilmiştir.



Şekil 75. 210 belgenin verisine göre ülkeler arası işbirlik ağı

İlgili konuda ülkeler arasında en fazla olan işbirliğinin ABD ve Avustralya arasında olduğu görülmüştür (Şekil 75).

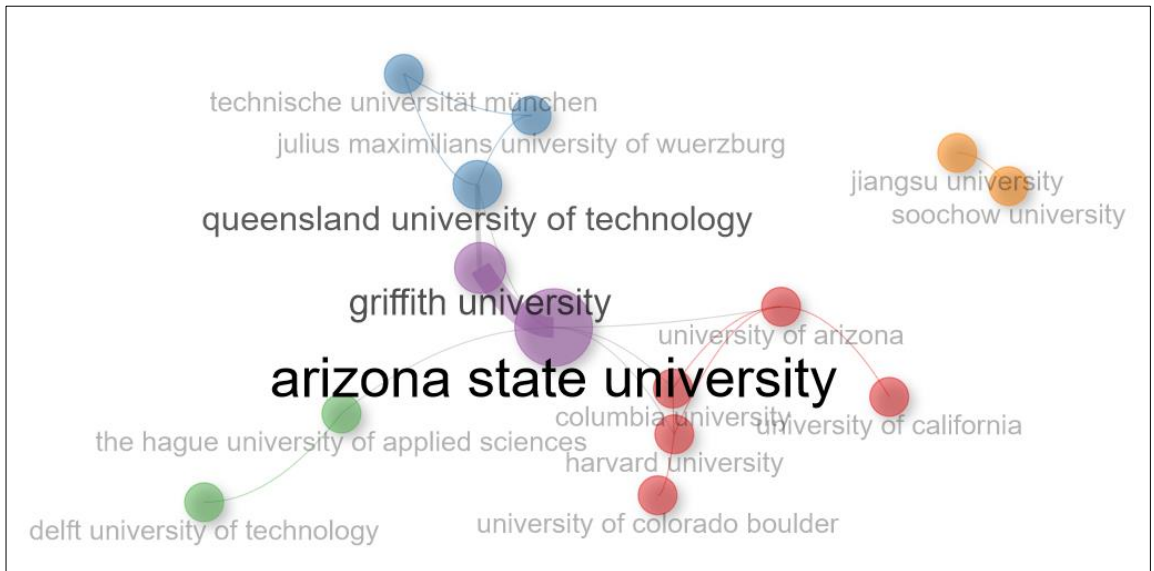
Şekil 76’da harita üzerinde ilgili konunun sosyal yapısını ortaya koyan ülkeler arası işbirliği ağı görülmektedir.



Şekil 76. Ülkeler arası işbirlik haritası

Harita incelendiğinde en fazla işbirliği ilişkisi olan ABD’nin Avustralya, Birleşik Krallık ve İspanya ülkeleriyle işbirliği içinde olduğu görülmüştür (Şekil 76).

Şekil 77’de ise konu alanına yönelik kurumlar arası işbirliği ağı gösterilmiştir.



Şekil 77. 210 belgenin verisine göre kurumlar arası işbirlik ağı

Şekil 77'ye göre en yoğun işbirliğinin *Arizona State University* ve *Griffith University* arasında olduğu görülmüştür.

3.1.3. Peyzaj Mimarlığında Sürdürülebilir Ve/Veya Ekolojik Tasarım Bağlamında Biyomimikriye Ait Literatürlere İlişkin Bulgular

Araştırmanın kısıtlamaları dâhilinde yapılan tarama sonucu biyomimikri, tasarım ve peyzaj mimarlığına bağlantılı olan toplam 3 belge bulunmuştur. Bulunan bu üç belgenin de iki tanesi sadece ekolojik tasarım ve eşdeğerleriyle bağlantılı olup diğer bir tanesinin ise sadece sürdürülebilir tasarım ve eşdeğerleriyle bağlantılı olduğu bulunmuştur. Ancak özelleştirilmiş tarama sonucuna göre biyomimikri, tasarım ve peyzaj mimarlığı ile sürdürülebilirlik ve ekolojinin ikisi de aynı anda geçtiği hiç bir belge bulunmamaktadır (Tablo 4). Tarama sonucunda Scopus'tan elde edilen bu belgeler şunlardır:

- Casey Keat-Chuan, (2020): *The Avifauna-Based Biophysical Index (ABI) approach for assessing and planning ecological landscaping in tropical cities/ Tropikal şehirlerde ekolojik peyzajın değerlendirilmesi ve planlanması için Avifauna Tabanlı Biyofiziksel İndeks (ABI) yaklaşımı.*
- Anghel vd., (2019): *Environmental tendencies in modular green installations/ Modüler yeşil tesislerde çevresel eğilimler.*
- Atwa vd., (2019): *Development of sustainable landscape design guidelines for a green business park using virtual reality/ Sanal gerçeklik kullanılarak yeşil bir iş parkı için sürdürülebilir peyzaj tasarım kılavuzlarının geliştirilmesi.*

4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

İnsan yaşamını sürdürmek için doğaya, diğer varlıklara muhtaç ve bağımlıdır. Onu diğer canlı varlıklardan ayıran akıl, düşünme ve analiz etme kabiliyeti sayesinde doğadaki olayları, diğer canlı ve cansız varlıkları birçok yerde model almıştır (Keskindürk, 2010). Doğadan esinlenme kavramlarından birisi olarak karşımıza çıkan biyomimikri kavramı genellikle birbirinden ayırt edilmeyen, biyonik ve biyomimetik kavramları ile birlikte üç biyo-esinleniş disiplini olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak, biyomimikrinin diğer bio-esinleniş disiplinlerden muhtemel temel farkı, ana hedeflerinden birinin yaşamın ve doğanın korunması, dolayısıyla çevresel sürdürülebilirlikle ilgili olmasıdır (Montana-Hoyos vd., 2016). Nitekim Benyus (1997) biyomimikriyi doğanın sürdürülebilir ve ekolojik sınırlarının insan hayatına dâhil edilmesi şeklinde açıklamaktadır.

Buradan hareketle yapılan bu tez çalışmasında hem biyomimikri hem de biyomimikri ile peyzaj mimarlığının sürdürülebilir ve ekolojik tasarım anlayışı arasındaki ilişkiye niceliksel olarak netlik kazandırmak için bibliyometrik bir analiz gerçekleştirilmiştir. Ayrıca biyomimikri alanında sistematik bir bibliyografik araştırmanın eksik olduğu literatürlerde de belirtilmektedir (Kshirsagar, 2021).

İlk etapta Scopus veri tabanında elde edilen belge sayılarına ilişkin sonuçlara göre;

Bibliyometrik analiz yapmak için belirlenen anahtar kelimeler ile Scopus veri tabanında yapılan tarama sonucunda, *Biyomimikri* anahtar kelimesi ile 1634 belgeye ulaşılırken, anahtar kelime olarak *Biyomimikri* ve *Tasarım* birlikte ele alındığında belge sayısı 702'ye düşmüştür. *Biyomimikri*, *Tasarım*, *Sürdürülebilirlik* ve *Ekoloji* anahtar kelimeleri birlikte kullanıldığında ise belge sayısı 210'a düşmüştür. Bu durum biyomimikri için doğadan ilhamın sadece biçimsel-estetik açıdan tasarımlara dâhil edilmiş, işlevsel yönünün göz ardı edilmiş olabileceği ile açıklanabilir. Çalışma kapsamında geliştirilen sınır haritasında bu durum net bir şekilde görülmektedir. Nitekim Biomimicry Guild (2007), Zari (2007) ve Aziz vd., (2015) biçim, süreç ve ekosistem olmak üzere üç biyomimikri seviyesi olduğunu belirtirken, Kennedy vd., (2015) ve Baumeister vd., (2014), form ya da biçim seviyesinin, birinci seviye olup biçime öykünme olduğunu söylerken bunun bir organizmanın doğal formunun taklit

edilmesinden ibaret olduğunu söylemişlerdir. Ayrıca bu seviyenin bir başlangıç seviyesi olduğunu belirtirken, sürdürülebilir bir sonuç verip veremeyeceğinin belli olmadığını çünkü bir organizmanın biçimini taklit eden tasarım için çevreye zarar veren malzemeler tercih edilebileceğini belirtmiştir. Öte yandan tasarımda biyomimikrinin işlevsel yönü dâhil edilmiş olsa bile belge sayısındaki bu ciddi düşüşün biyomimikri ile ilişkilendirilen tasarımda sürdürülebilirliğin ve ekolojinin önemi tam kavranamamış olabileceği de diğer bir düşüncedir. Şöyle ki, Kennedy vd., (2015)'a göre işlevsel olarak etkili olan biyomimetik tasarımlarının sürdürülebilirlik açısından etkili olduğu anlamında değildir. Kennedy vd., (2015)'e göre sürdürülebilir sonuçlar elde etmek amaçlanıyorsa biyomimikrinin her üç seviyesine de öykünülmesi gerektiğini, Zari (2007) ise tasarıma başlamadan önce sürdürülebilirlik hedefinin göz önüne alınması gerektiğini belirtmiştir. Nitekim Benyus (1997), biyomimikri devriminin hedefinden bahsederken onun doğanın sırlarını çalmak değil ondan ders alma yönünde olması gerektiği hakkında vurgulamış ve biyomimikrinin sürdürülebilir yönü dikkate alınmadığı durumunda tasarımların ters etki yaratabileceği konusunda uyarmıştır.

Biyomimikri ile ilgili mevcut duruma yönelik bulgulara göre;

Biyomimikri ile ilgili 1994-2023 yılları arasındaki bilimsel üretim 2004 yılından itibaren artmaya başlamış ve bu artış 2023 yılına kadar hızla devam etmiştir. Bu sonuç küresel ısınma ve diğer çevresel sorunların giderek artmasıyla paralel görülmüştür. Çepel (1988) ileri teknolojinin insana refah ve konforu getirmekle kalmadığını, uluslararası rahatsızlık olan çevre sorunlarını da beraberinde getirdiğini vurgulamıştır. NASA (2024)'da 1950'lerden bu yana insan faaliyetlerinin bir sonucu olan mevcut ısınma eğilimi binlerce yıldır benzeri görülmemiş bir hızla ilerlediğini duyurmuştur. Yani doğanın dengesinin bozulmaya başlamasıyla, buna çözüm bulmaya çalışan insanların doğadan ilham alan tasarımlara daha fazla yöneldiği söylenebilir. Nitekim Bhamra vd., (2021), tasarımda sürdürülebilir ve ekolojik kriterlere önem verme gerekliliğinin ön plana çıktığını belirtmiştir.

Biyomimikri ile ilgili çalışma yapan yazarların kullandıkları biyomimikri anahtar kelimesiyle diğer literatürlere oranla Benyus (1997)'a kayda değer oranda daha fazla atıf yapmaları, Biomimicry Enstitüsü kurucusu ve inovasyon danışmanı

Amerikalı biolog ve yazar olan Janine Benyus'un (URL-1) yazdığı Benyus (1997)'nin bu alanda en etkili ve önemli eser olduğunun göstergesi olabilir.

Biyomimikri ile ilgili yayın yapmanın en fazla tercih edilen ilk üç derginin de *BIOMIMETICS*, *ACS* ve *ACTA* olduğu görülmüştür. Çinli yazarlardan Wang X ve Zhang Y konu ilgili en çok yayın yapan yazarlar arasında ilk sırada yer alırken ikinci sırada yer alan Liu Y'nin aynı zamanda konuyla ilgili yayın yapan en uzun geçmişe sahip yazar olduğu görülmüştür. Toplam atıf sayısına göre yerel olarak en fazla atıfta bulunan sırasıyla Passino K. Esfand R. ve Tomalia D. olan ilk üç yazar olmuştur. Diğer yandan bir akademisyenin yayınlarının hem üretkenliğini hem de atıf etkisini ölçmeye çalışan yazar düzeyinde bir metrik olan h-indeksine göre (Hirsch, 2005) yerel olarak en etkili 10 yazar arasında birinci sırada Tasciotti E, ikinci sırada Liu Y, Taraballi F, Wang Y ve Zhang Y yer almıştır.

Yazarların bağlı olduğu kurumlara göre, Biyomimikri ile ilgili en fazla yayın yapan 10 kurum arasında ilk üç sırada *Houston Methodist Research Institute*, *National University Of Singapore* ve *University Of California* olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Biyomimikri konusunda en fazla yayın yapan sorumlu yazarların ülkelerine göre sıralanışında ABD, Çin ve Birleşik Krallık hem toplam belge sayısına hem de SCP (Tek ülkeli yayın) ve MCP (Çok ülkeli yayın) sayılarına göre de ilk sıralarda yer almıştır. Ancak toplam belge sayısı dikkate alınarak hesaplanan MCP oranına göre ilk sıralarda yer almadıkları görülmektedir. Diğer bir deyişle, ilgili yazarların ülkelerine dayalı olarak, ABD, Çin ve Birleşik Krallık ülkelerinin yazarları diğer ülkelere nazaran, MCP sayısı açısından daha fazla uluslararası çalışma yapmış olduğu ancak, uluslararası çalışma oranının düşük olması bu ülkelerin yazarlarının daha çok, aynı ülkedeki meslektaşlarıyla çalışma yapmayı tercih ettikleri düşünülebilir. Yani, yüksek üretkenliğe sahip ülkelerin (Çin, ABD ve Birleşik Krallık) uluslararası işbirliğine daha az eğilimli olduğu söylenebilir. Bunun aksine, konu alanına yönelik olarak 20 ülkeden en yüksek MCP oranına sahip olarak en çok uluslararası işbirliğinde olan ülkeler Hollanda, Güney Afrika, Malezya ve Almanyadır. Dolayısıyla Hollanda, Güney Afrika, Malezya ve Almanya'daki araştırmacılar uluslararası işbirlikçi çalışmalar yapmayı daha çok tercih etmişlerdir.

Öte yandan ülke bilimsel üretkenliği ülke bağlantılarına göre sadece sorumlu yazarlar değil tek belgede görünen tüm yazarların görünme sayısını ölçmektedir

(URL-17). Bu ölçekte değerlendirildiğinde, ülke bilimsel üretkenliğine göre birinci sırada ABD ikinci sırada Çin üçüncü sırada Birleşik Krallık yer alırken Birleşik Krallığı'nın yayın üretimi (1994), ABD ve Çin'e göre daha erken başlamıştır. Bununla birlikte Birleşik Krallığı'nın ABD ve Çin'e göre daha erken katkıda bulunmuş olmasına rağmen 2001'den itibaren ABD'ya göre ve 2014'ten itibaren Çin'e göre büyük bir farkla geride kalmış ve üçüncü sırada devam etmiştir. Özetle, konunun diğer ülkelerin yazarlarına nazaran, birleşik krallığı yazarlarının ilgisini daha erken çektiği ayrıca, Birleşik krallık yazarlarının ABD ve Çin yazarlarına yön verdiği söylenebilir. Ayrıca son on yılda diğer ülkelere de ilginin oldukça arttığı ve başta ABD ve Çin yazarlarının ciddi anlamda konuya yönelik çalışmalarını arttırarak araştırmaların liderliğini yaptığı görülmüştür. Biyomimikri ile ilgili toplam atıf sayısına göre en çok atıf alan ülkeler ise ABD, Çin ve Birleşik Krallıktır.

Bunun yanı sıra biyomimikri ile alakalı sorumlu yazarlara göre Türkiye'nin toplam belge sayısında 29 belgeyle 11. sırada yer alırken bilimsel üretkenlik açısından ise 15. sırada yer almış olup her iki değerlendirmeye göre konu ile alakalı çalışmaların bulunduğu ancak diğer ülkelere göre oldukça yetersiz kaldığı söylenebilir.

Biyomimikri ile ilgili yapılan belgelerin ve referanslarının (Kaynakça listeleri) atıf açısından etkisi değerlendirildiğinde, global olarak (veri tabanının tüm belgelerinden aldığı atıfa göre) en çok atıfta bulunulan ilk üç yayın Passino (2002), Esfand (2001), Bhushan (2009)'dır. Yerel olarak (analiz edilen koleksiyonda yer alan belgelerden aldığı atıfa göre) en çok atıfta bulunulan belgeler ise sırayla Bhushan (2009), Mathews (2011) ve Lurie-Luke (2014) olmuştur. Referanslar (kaynakça) arasında yerel olarak en çok atıfta bulunulan referanslar ise ilk üç sırada Benyus (1997), Helms (2009) ve Benyus (2002)-Pawlyn (2011)'dir. Yıllık bilimsel üretim, kurumların zaman içindeki üretimi ve ülke bilimsel üretkenliği incelendiğinde hepsinin artışı hemen hemen 2004 yılı civarında başladığı dikkat çekicidir. Buna bağlı olarak en çok atıf alan belgelerin tarihleri incelendiğinde, 1997 yılına ait Benyus (1997)'un *Biomimicry* anahtar kelimesiyle aratılan ve analiz edilen koleksiyonun en çok atıfta bulunulan referans (kaynakça) olması, Benyus'un bu eserle biyomimikri teriminin popüler olmasını sağladığı (URL-1) düşüncesini sağlamlaştırdığı söylenebilir. Bu eserden sonra 2001 yılında yayınlanan Esfand (2001) ve 2002 yılında Passino (2002), global olarak en çok atıfta bulunulan belgelerin olması belgelerin biyomimikri alanındaki bilimsel çalışmalarında öncülük

ettikleri düşünülmektedir. Bununla birlikte *Biomimicry* ile sınırlanan ve analiz edilen koleksiyonda hem global hem de yerel olarak atıf edilen, ilgili konu alanına ilişkin genel bir bakış kazandıran Bhushan (2009) *Biyomimetik: doğadan dersler-genel bir bakış* adlı belgenin ilk sıralarda yer alması, bu konudaki çalışmalara yön verdiği düşünülmektedir.

Biyomimikriye yönelik analiz edilen belgelerin başlıklarında ve yazar anahtar kelimelerinde kullanılan terimler incelendiğinde ilk olarak 1995 yılında *Engineering* ve *Materials* kelimeleri ile kullanılması, biyomimikrinin ilk olarak mühendislikte ve malzeme alanında uygulanmaya başladığı, 2005 yılından itibaren biyomimikrinin tasarımda, sürdürülebilirlik ve doğadan ilham alma şeklinde farkındalığının artmaya başladığı sonucu çıkarken, Sürdürülebilirliğin *Sustainability* 2014-2021 yılları arasında, Tasarımın *Design* 2014-2022 yılları arasında, Mimarlığın *Architecture* 2016-2021 yılları arasında güncel kalarak trend konular arasında oldukları sonucu çıkmıştır. Ayrıca biyoilham, tasarım ve sürdürülebilirliğin en sık kullanılan 10 terim arasında yer almaları biyomimikri ile alakalı araştırmalarda biyoilham ile beraber sürdürülebilirliğin ve tasarımın önemli yer tuttuğu düşüncesini güçlendirmiştir.

Kavramsal yapı bilimin bahsettiği, ana temalar ve eğilimler (URL-4) olduğundan, çalışmanın bulguları sonucunda kavramsal yapı açısından, biyomimikrinin birçok farklı disiplinle birlikte kullanıldığı görülürken en fazla *sürdürülebilirlik*, *biyolojiden ilham alınan tasarım* ve *biyoilham* ile birlikte kullanıldığı görülmüştür. Bu da biyomimikrinin çok disiplinli bir alan olmasıyla birlikte biyomimikride biyolojiden örnek almanın ve sürdürülebilirliğin ön planda tutulduğu söylenebilir.

Sürdürülebilir ve/veya ekolojik tasarım bağlamında biyomimikri'nin bibliyometrik analiz sonuçlarına göre;

Sürdürülebilir ve/veya ekolojik tasarım bağlamında biyomimikri'nin bibliyometrik analizinde, *Biyomimikri* ile alakalı 1634 adet belgenin içerisinde, *tasarım* kavramının da geçmiş olduğu 702 adet belge ve bunların da içerisinde *sürdürülebilirlik ve/veya ekoloji* kavramların veya eşdeğerlerinden herhangi birisinin mevcut olabileceği 210 adet belgeye ulaşılmıştır.

Analiz sonuçları doğrultusunda, Konu ile ilgili çalışmalar 2006 yılından itibaren başlamıştır. Konu ile ilgili en fazla belge yapan ilk üç dergi sırasıyla

Biomimetics, *WIT*, *Bioinspired Biomimetics* and *nanobiomaterials* olduğu bulunmuştur. ABD’li yazarların en fazla *WIT*, ardından *Biomimetics* ve *Acta biomaterialia* dergilerini tercih ettikleri, Fransa, Avustralya, Yeni Zelanda, Hollanda’yla bağlı olan yazarların ise en fazla *Biomimetics* dergisini tercih ettikleri sonucuna ulaşılmıştır.

Konu hakkında en çok çalışma yapan yazar Zari M.P. en çok yayın yapan kurum *Arizona State University* olurken, sorumlu yazar ülkelerine göre en çok yayın yapan ülkeler sırasıyla, ABD, Avustralya ve Yeni Zelanda olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç bu ülkelerin konu ile ilgili farkındalığın en fazla ve yine konu ile ilgili ilerlemenin öncüleri olduğu anlamına geldiği söylenebilir. Bununla birlikte biyomimikriyle ilgili bibliyometrik analiz sonucuna göre en çok çalışma yapan ülkeler arasında ilk sıralarda yer alan Çin ve Birleşik krallığı ülkelerinin *Sürdürülebilir ve/veya ekolojik tasarım bağlamında biyomimikri* ilgili ilk sıralarda yer almaması dikkat çekicidir. Çin ve Birleşik krallığı ülkelerinin biyomimikri ile olduğu kadar biyomimikrideki sürdürülebilir tasarıma yönelik çalışmalara yönelme göstermediği görülmüştür.

Ülkelerin bilimsel üretkenliğine göre yine ABD ve Avustralya ilk iki sırayı alırken Fransa ve Hollanda üçünü sırada olmuştur. Bu ülkelere bağlı olan tüm yazarların konuya katkısı yükselerek arttığı görülürken ABD’ye bağlı olan yazarların ilgisi çok daha fazla olmuştur. Yazarların uyruklarına göre ülkelerin bilimsel üretkenliği sıralamasında Türkiye’nin, 15 ülke sıralamasında on üçüncü sırada yer aldığı sonucu çıkarken, Türkiye’ye bağlı olan yazarların 16 yıl içerisinde ilgili konuyla alakalı sadece 12 kez katkıda bulunduğu görülmüştür. Buda konu ile ilgili literatürün aslında dünya genelinde de az olduğunun göstergesi olabilir.

Birbirleri ile en fazla işbirliği içerisinde olan ülkeler yine en fazla çalışmaları yapan ülke sonuçları ile paralellik göstermektedir. Buna göre, en fazla olan işbirliğinin ABD ve Avustralya arasındadır.

Toplam atıf sayısına ve ortalama atıf sayısına göre çıkan sonuçların her ikisinde de Avusturalya’nın ilk sırada olduğu tespit edilmiştir. Türkiye ise toplam belge atıflarına göre 11.sırada yer almıştır. Bu durumun Türkiye’nin belge sayısının az olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Global olarak en çok atıf yapılan ilk üç belge sırasıyla Holzapfel (2013), Wheeler (2012) ve Leberfinger (2019) olmuştur. Yerel olarak en çok atıfta bulunulan ilk üç belge sırasıyla Mathews (2011), Gamage (2012) ve Wahl (2006) olmuş ve en çok yerel atıfta bulunulan ilk üç referansın (Belgelerin kaynakçalarında yer alan makale, kitap vb. belgeler) ise, Benyus (1997), Helms (2009) ve Pawlyn (2011) olarak sıralandığı görülmüştür.

Belgelerde yer alan yazar anahtar kelimelerine göre 2019 yılında en fazla bahsedilen *sürdürülebilir tasarım*, *innovasyon* ve *mimarlık* olması aslında konu ile ilgili farkındalığın artmaya başladığının göstergesi olabilir. 2022 yılında güncelliğini koruyan trend konuları ise, *Urban design-Kentsel tasarım*, *Ecosystem services-Ekosistem servisleri* ve *Sustainable design* olan sürdürülebilir tasarım olarak sıralanmış, bu da biyomimikride ekolojik ve sürdürülebilir tasarımın asıl bu yıllardan itibaren tam olarak anlaşılmaya ve gerekliliğin farkına varılmaya başladığını gösterebilir.

Peyzaj mimarlığında sürdürülebilir/ekolojik tasarım için biyomimikrinin kullanımına yönelik sonuçlara göre;

Asıl çalışma amacımızı oluşturan *Peyzaj Mimarlığında Sürdürülebilir Ve/Veya Ekolojik Tasarım Bağlamında Biyomimikri* ye ait sadece üç adet belge bulunmuştur. Bulunan bu üç belgenin de iki tanesi sadece ekolojik tasarım ve eşdeğerleriyle bağlantılı olup diğer bir tanesinin ise sadece sürdürülebilir tasarım ve eşdeğerleriyle bağlantılı olduğu sonucu çıkmıştır. Biyomimikri, tasarım ve peyzaj mimarlığı ile sürdürülebilirlik ve ekolojinin ikisi de aynı anda geçtiği herhangi bir belgeye ulaşılamamıştır. Bulunan üç adet belge biyomimikri açısından oldukça faydalı çalışmalar olarak görülmüş olup, içerikleri şu şekildedir:

Casey Keat-Chuan (2020)'a göre iyi ekolojik peyzaj girişimlerinin çoğu ılıman bölgelerdeki gelişmiş ülkelere odaklanmış olduğundan dolayı sistemik yaklaşımların tropikal bölgelerdeki doğal süreçleri yakalamak ve yansıtmak konusunda yetersiz kalabilmekte olduğunu düşünmektedir. Çalışmasında Malezya'nın Ipoh şehrinin iç ve çevre bölgelerindeki altı örnek tabakanın biyofiziksel karmaşıklığını ölçmek için bir dizi avifauna ölçütü uygulayarak tropik şehirlerde ekolojik peyzajı yönlendirmek için kuşları bir gösterge olarak kullanma fikrini geliştirip test ederek bu eksikliği gidermeye yönelik yeni bir girişimi açıkladığını ifade etmiştir.

Anghel vd., (2019)'ya göre yaşayan yeşil duvarların ekolojik ve sanatsal olmak üzere iki ana yaklaşımı bulunmaktadır. Çalışmalarında iki yönü hem işlevsel hem ekolojik ve aynı anda estetik bir kompozisyonda birleştiren yöntemleri analiz ederek önceki deneyimleri geliştirmek amacıyla onları toplayarak etkileşimli modüler sistemlerden oluşan yeşil kurulum konseptini, ilhamını doğadan alan ve gelişiminde biyomimikriyi ana ilke olarak kullanan yaşayan, hareketli, dinamik, etkileşimli yeni bir yapıda birleştirmektedir. Yazarlar bu yeni konseptin hem dış ve doğal uyaranlara hem de insan faktörüne yanıt verdiğini ve bunlardan etkilendiğini öne sürmüşlerdir. Ayrıca mimarlık, sanat, iç mekân ve peyzaj tasarımı, botanik, geometri, makine ve elektrik mühendisliğini içeren bu projenin geliştirilmesinde çok disiplinliliğin bir kilit unsur olduğunu eklemişlerdir.

Atwa vd., (2019) ise işyerlerinin üretken ve sağlıklı olmasını sağlamak için çalışanlar için cazip olan Yeşil İş Parklarında sürdürülebilir peyzajların sürekli bir ihtiyaç olduğunu ifade etmişlerdir. Sanal Gerçeklik tekniklerini kullanarak kullanıcıların ve uzmanların görüşlerini almak, bir alanın nasıl performans göstereceğini doğru bir şekilde tahmin etmek için önemli bir rol oynamakta olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca çalışmalarının temel amacı gelecekteki Yeşil İş Parkları için sürdürülebilir peyzaj tasarımı için kılavuzlar oluşturmak olduğunu eklemişlerdir. Çalışmalarında formel, Xeriscape ve biyomimikri tasarımları olmak üzere üç farklı peyzaj tasarım modeli AutoCAD ve SketchUp üzerinde 2D ve 3D modeller olarak oluşturulmuştur. Ardından, bu üç alternatifi VR kulaklık ve mobil cihazlar kullanılarak uzmanlar ve kullanıcılar tarafından değerlendirilmiştir.

Çalışma sonucunda ortaya çıkan bu araştırmalar başarılı bulunsada bu durum tez kapsamı sonucunda ulaşılan Peyzaj Mimarlığı alanında sürdürülebilir/ekolojik tasarım için biyomimikrinin tam anlamıyla uygulandığı araştırmaların yetersiz olduğu gerçeğini değiştirmemiştir.

Artan nüfus yoğunluğu, küresel ısınma ve daha benzeri birçok olumsuzluğun giderek arttığı dünyamızda geç kalınmış önlemlerin bir an önce alınması gerekmektedir. IFLA (2020), Peyzaj mimarlarının görevlerini tanıtırken ekolojik sürdürülebilirliği vurgulamıştır. Şöyle ki tanıma göre peyzaj mimarları, doğal ve inşa edilmiş çevreleri planlar, tasarlar ve yönetirlerken ekolojik sürdürülebilirlik, estetik, bilimsel ilkeler ve sosyal adalet gibi değerleri göz önünde bulundururlar. Ayrıca, iklim

değişikliği, ekosistemlerin istikrarı, sosyo-ekonomik gelişmeler ve toplum sağlığı gibi faktörlerle de ilgilenirler şeklinde ifade etmektedir. Bu gerekliliklerin yerine getirilmesi için, tüm tasarım alanlarında olduğu gibi Peyzaj Mimarlığı alanında da sürdürülebilir, çevre dostu, ekolojik öncelikli tasarımların artırılması gerekmektedir. Bu düşüncemize paralel olarak, Seçkin vd., (2011) iyi bir peyzaj tasarımını, canlı organizmaların sağlığını koruyarak ve iyileştirerek doğal olayların hem faydalı hem zararlı olan tüm yönlerini dikkate alan, başarılı ve sürdürülebilir bir peyzaj tasarımı için, bölgesel ve hatta küresel çevresel sorunları göz önünde bulundurulmalıdır, şeklinde ifade etmiştir. Araque vd., (2021), kısıtlı kaynaklar ve geleneksel uygulamaların artık sürdürülebilirlik sorununu çözmede yetersiz kaldığına, tasarım düşüncesini değiştirmenin ve biyomimetik temelli yeni stratejiler kullanarak doğanın yaptığı gibi sorunları çözmede en verimli yolları bulmanın önemine dikkat çekmişlerdir. Demografik büyümenin, aşırı ısınmanın ve kentsel ısı adası etkisinin artmasına dikkat çeken Araque vd., (2021), bu durumu iyileştirmek için biyomimikriye dayalı stratejilerin değerlendirmesine yönelik araştırmalara teşvik edilmesi gerektiğini ifade etmişleridir.

Yapılan bu çalışmada bibliyometrik analiz kullanılarak, hem biyomimikrinin peyzaj mimarlığında sürdürülebilirlik ve ekolojik anlamda hangi aşamada olduğu ortaya koyularak farkındalık oluşturulmuş, hem de bu konuda araştırma yapmak isteyen akademisyenler için, en etkili belgeler özetlenmiştir. Nitekim Doğan, (2019) Bibliyometrinin nicel bir araştırma yöntemi olarak kitap, yayın ve belgeleri ölçen bir bilim olarak tanımlamıştır. Yine Zupic (2015) bizim amacımızla paralel olarak, Bibliyometri için hem entelektüel yapıyı hem de kavramsal çerçeveyi anlamaya yardımcı olmakta, belirli konulardaki araştırmaların ilerleyişine dair fikir verme ve değerlendirme süreçlerini kolaylaştırmaktadır, demektedir.

4.1. Öneriler

Diğer tasarım alanlarında olduğu gibi Peyzaj Mimarlığı'nda da insan ihtiyacına cevap veren ve aynı zamanda doğanın değerini göz ardı etmeyen, doğa dostu sürdürülebilir, ekolojik, işlevsel ve estetik ilkelerini taşıyan tasarımlar gereklidir. Biyomimikri, iki ayrı kutup olarak görülen tasarım ve ekolojiyi birleştirerek bu gereksinimlere yanıt verebilecek potansiyele sahip bir tasarım yöntemi olarak

karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, Peyzaj Mimarlarının proje geliştirme süreçlerinde sürdürülebilir doğa dostu tasarımlar için biyomimikri yaklaşımının kullanımı artırılması önerilmektedir. Bunun yanı sıra Peyzaj Mimarlığı eğitim-öğretim sürecinde biyomimikri kullanımına öğrencilerin teşvik edilmesi, bunun ve bunun gibi diğer sürdürülebilir tasarımların da ilgili derslerle bütünleştirilmesi önerilmektedir. Böylece, öğrencilerin doğadan ilham alarak tasarım problemlerine uygun çözümler bulmalarının, estetik biçimler oluşturmalarının ve ekonomik, sürdürülebilir ve ekolojik tasarımlar yaratmalarının daha kolay olabileceği düşünülmektedir.

Tasarım dünyasında problemlere ve çözüm üretmede farklı yaklaşımlar benimsenmesi ve her tasarım sürecine başlamadan önce sürdürülebilirlik hedeflerinin göz önünde bulundurulması önerilmektedir.

Peyzaj Mimarlığı, doğanın ürünlerini kullanmanın ötesine geçerek doğayla iç içe, birebir iletişim halinde olmalıdır. Biyomimikri ve peyzaj mimarlığının iş birliği ile doğa dostu sürdürülebilir ilkelere dayanan güçlü tasarımlar ve planlamalar yapılabilir. Bunun, Peyzaj Mimarlığı'nın sadece estetik değil, fonksiyonel olarak da asıl görevini yerine getirmesini daha kolay ve etkin bir şekilde sağlayabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- American Bird Conservancy. (n.d.). *Why birds hit glass?* <https://abcbirds.org/glass-collisions/why-birds-hit-glass/> Erişim 05/04/2023
- Adedeji, O. (2011). *Landscape studies and planning*. [Lecture]. Federal University Of Agriculture, Abeokuta. https://funaab.edu.ng/wp-content/uploads/2009/12/464_Landscape_Studies_Planning_314_Notes.pdf Erişim 05/04/2024
- Al, U., & Tonta, Y. (2004). Atıf Analizi: Hacettepe Üniversitesi Kütüphanecilik Bölümü Tezlerinde Atıf Yapılan Kaynaklar. *Bilgi Dünyası*, 5(1), 19-47. <https://doi.org/10.15612/BD.2004.497>
- Angel, H. (2019). *Raindrops on Sacred lotus (Nelumbo nucifera) lily pad*. [Photograph]. Nature Picture Library. <https://www.naturepl.com/stock-photo-raindrops-on-sacred-lotus-nelumbo-nucifera-lily-pad-micro-nature-image01629243.html>
- Araque, K., Palacios, P., Mora, D., & Chen Austin, M. (2021). Biomimicry-Based Strategies for Urban Heat Island Mitigation: A Numerical Case Study under Tropical Climate. *Biomimetics*, 6(3), 48. <https://doi.org/10.3390/biomimetics6030048>
- Ares, E., & Bolton, P. (2020). The rise of climate change activism?, *House Of Commons Library*. <https://commonslibrary.parliament.uk/the-rise-of-climate-change-activism/> Erişim 26/02/2024.
- Aria, M. & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), pp 959-975, Elsevier.
- Ökten, K. (2007). *Aristoteles-Fikir Mimarları-13*. Birinci Basım, Say yayınları, İstanbul.
- Ayaz, A., & Çelik, K., (2022). *Mobil Öğrenmenin Bibliyometrik Analizi*. Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Alanında Uluslararası Araştırmalar X (pp.305-320), Konya: Eğitim Yayınevi.
- Aziz, M.S. and El sherif, A.Y., (2015). Biomimicry as an Approach for Bio-inspired Structure with the Aid of Computation. *Alexandria Engineering Journal*. Vol: 55, pp.707–714.
- Bandura, A. (1971). *Social Learning Theory*. General Learning Press, New York City.
- Bar-Cohen, Y. (2006). *Biomimetics: biologically inspired Technologies*. Boca Raton, FL: CRC/Taylor & Francis.

- Barthlott, W., Neinhuis, C.(1997). Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. *Planta* 202, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s004250050096>
- Baumeister, D., J. Smith, R. Tocke, J. Dwyer, S. Ritter, and J.M. Benyus. (2014). *Biomimicry Resource Handbook 2014: A Seed Bank of Best Practices*. Biomimicry 3.8: Missoula, 22p.
- Bayrakdar, M. (2013). Hayy Bin Yakzan’ın Çevirmeni Olarak Spinoza. *Beytulhikme An International Journal Of Philosophy*, 3(1).
- Benyus, J.M. (2022). *Biomimicry: İlhamını doğadan alan inovasyon*. Vizyon Basımevi 1.Baskı, ISBN: 978-605-71529-0-9 © Usturlab, 400s. Kerem. M. (Çev.ed.), 21-36.
- Benyus, J.M., (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*. New York: HarpenCollins.
- Bettany, L. (1995). *Ibn al-Haytham: an answer to multicultural science teaching?* Physics Education, 30(4), p.247.
- Bhamra, T., & Hernandez, R. J. (2021). Thirty years of design for sustainability: an evolution of research, policy and practice. *Design Science*, 7, e2. doi:10.1017/dsj.2021.2
- Bhatia, K. & Hejib, D. (2018). *Biomimicry: architecture follows nature*.
- Bhushan B. (2009). Biomimetics: lessons from nature--an overview. *Philosophical transactions. Series A, Mathematical, physical, and engineering sciences*, 367(1893), 1445–1486. <https://doi.org/10.1098/rsta.2009.0011>
- Biolearn, *Nine Principles Of Biomimicry, Summarizing the principles* [PowerPoint Slides]. Biolearn. <https://biolearn.eu> Erişim 03/03/2024
- Biomimicry 3.8, (2015). *DesignLens*, Biomimicry 3.8:Missoula.p.11 <https://biomimicry.net/the-buzz/resources/> Erişim 04/03/2024
- Biomimicry Guild (2007). *Innovation Inspired by Nature Work Book*. Biomimicry Guild, April.
- Biomimicry Institute (2006-a). *Bird-Friendly Glass Inspired by Spider Webs*. Asknature. <https://asknature.org/innovation/bird-friendly-glass-inspired-by-spider-webs/>
- Biomimicry Institute (2006-b). *Stain-resistant fabric finish inspired by lotus leaves*. <https://asknature.org/innovation/stain-resistant-fabric-finish-inspired-by-lotus-leaves/> Erişim 02/04/2024

- Biomimicry Institute (2010). *Paint inspired by lotus leaves creates self-cleaning and antifouling surfaces*. <https://asknature.org/innovation/paint-inspired-by-lotus-leaves-creates-self-cleaning-and-antifouling-surfaces/> Erişim 01/04/2024
- Biomimicry Institute (2017). *The biomimicry design process*. Biomimicry Toolbox. <https://toolbox.biomimicry.org/> Erişim 14/03/2024
- Błoński, Krzysztof. (2023). Analysis of Citations and Co-Citations of the Term ‘Word of Mouth’ Based on Publications in the Field of Social Sciences. *Marketing of Scientific and Research Organizations*. 48. 111-133. 10.2478/minib-2023-0012.
- Britannica, T. Editors of Encyclopaedia (2024). *Camera obscura*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/technology/camera-obscura-photography>
- Brussoni, M., Ishikawa, T., Brunelle, S. & Herrington, S. (2017). Landscapes for play: Effects of an intervention to promote nature-based risky play in early childhood centres. *Journal of Environmental Psychology*, 54, 139-150.
- Büyükkıdık, S. (2022). A bibliometric analysis: A tutorial for the bibliometrix package in R using IRT literature. *Journal of Measurement and Evaluation in Education and Psychology*, 13(3), 164-193. <https://doi.org/10.21031/epod.1069307>
- BYU “Brigham Young University”. (2014). *Engineers bounce water off superhydrophobic surfaces* [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=SIiv-hkRvZE>
- Cambridge Dictionary. Biomimicry. In *Cambridge.org Dictionary*, <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/biomimicry> Erişim 26/01/2024
- Cederberg, J. (2017). *Safer glass inspired by spider web*. Synapse. <https://synapse.bio/blog/2017/10/26/safer-glass-inspired-by-spider-webs> Erişim: 05/04/2023
- Chawla, L. (2015). *Benefits of nature contact for children*. *Journal of Planning Literature*. 30 (4), 433-452.
- Cianci, L. (2023). *Colour Theory: Understanding and Working with Colour*. RMIT Open Press. <https://rmit.pressbooks.pub/colourtheory1/> is Licensed under CC-BY-NC
- Ciavolino, E., Aria, M., Cheah, JH. (2022). A tale of PLS Structural Equation Modelling: Episode I— A Bibliometrix Citation Analysis. *Social Indicator Research* 164(3), pp.1323–1348 <https://doi.org/10.1007/s11205-022-02994-7>
- Çelikel, S.B. ve Uçar, S., (2020). Biyomimikri: Doğayla Uyumlu Yeni Bir Tasarım Modeli. *Humanities Sciences (NWSAHS)*, 15(2):51-60, DOI: 10.12739/NWSA.2020.15.2.4C0235.

- Çepel, N. (1988). *Peyzaj ekolojisi ders kitabı*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları. İstanbul.
- Dalavi, A., Gomes, A., Javed Husain, A. (2022). Bibliometric analysis of nature inspired optimization techniques. *Computers & Industrial Engineering*, Volume 169, 2022, 108161, ISSN 0360-8352, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108161>
- Daneshfard, B. & Dalfardi, B. & Mahmoudinezhad, G. (2014). Ibn al-Haytham (965–1039 AD), The original portrayal of the modern theory of vision. *Journal of medical biography*. 10.1177/0967772014529050.
- Dean, R. (2021). *The Egg & the Architect*, Medium. <https://medium.com/signifier/the-egg-the-architect-6f8828863e57> Erişim 26/02/2024
- DeLuca, D. (2016). *The power of the Biomimicry Design Spiral*. Biomimicry. <https://biomimicry.org/biomimicry-design-spiral/> Erişim 16/03/2024
- DeLuca, D. (2020). *Biyomimicry or Biyomimetics?* Minneapolis College Of Art And Design MCAD. <https://mcadsustainabledesign.com/biomimicry-or-biomimetics/> Erişim 03/02/2024
- Doğan, G. (2019). *Bibliyometri Eğitimi* [PowerPoint]. Hacettepe Üniversitesi. http://www.bby.hacettepe.edu.tr/akademik/guledadogan/ybom_bibliyometri-egitimi_gd-23-3-2019.pdf
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., Marc Lim, W. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, Volume 133, Pages 285-296, ISSN 0148-2963, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Durieux, V., & Gevenois, P. A. (2010). Bibliometric indicators: Quality measurements of scientific publication. *Radiology*, 255(2), 342-351. <https://doi.org/10.1148/radiol.09090626>
- Elzeiny, R. (2012). Biomimicry as a Problem Solving Methodology in Interior Architecture. doi: 10.1016/j.sbspro.2012.08.054 Open Access under, CC BY NC ND
- Erzincan, A., Yıldız, N., Parlak, D., Günay, E., Evren, B., & Mercin, L. (2021). Endüstriyel Tasarım Ürünü Sofra Seramiklerinde Biyomimetik Ve Biyomorfizm'den Yararlanılması. *Art-E*, 14(28), 1–26.
- Esfand, R., & Tomalia, D. A. (2001). Poly(amidoamine) (PAMAM) dendrimers: from biomimicry to drug delivery and biomedical applications. *Drug discovery today*, 6(8), 427–436. [https://doi.org/10.1016/s1359-6446\(01\)01757-3](https://doi.org/10.1016/s1359-6446(01)01757-3)
- Fayemi, P., Maranzana, N., Aoussat, A. & Bersano, G. (2014). Bio-inspired design characterisation and its links with problem solving tools. *The Design Society*. pp.173-182

- Fehrenbacher, J. (2012). *Biomimetic Architecture: Green building in Zimbabwe modeled after termite mounds*. Inhabitat <https://inhabitat.com/building-modelled-on-termites-eastgate-centre-in-zimbabwe/> Erişim 03/04/2024
- Feldhaus, F. M., (1913) *Leonardo der Techniker und Erfinder* (Jena, 1913), pp. 140-150.
- Ferrero N, (1952). Leonardo Da Vinci: of the eye: an original new translation from codex D. *American Journal of Ophthalmology* 35, 507-521. [https://doi.org/10.1016/0002-9394\(52\)91317-2](https://doi.org/10.1016/0002-9394(52)91317-2)
- Gaekwad, J. S., Sal Moslehian, A., Roös, P. B., & Walker, A. (2022). A Meta-Analysis of Emotional Evidence for the Biophilia Hypothesis and Implications for Biophilic Design. *Frontiers In Psychology*, 13, 750245. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.750245>
- Game, A., & Hyde, R. (2012). A model based on Biomimicry to enhance ecologically sustainable design. *Architectural Science Review*, 55(3), 224–235. <https://doi.org/10.1080/00038628.2012.709406>
- Gintis, H. (2007). The Evolution of Private Property. *Journal of Economic Behavior and Organization* 64 (1) : 1-16
- Gympel, J. (1996). *The Story Of Architecture: from antiquity to the present*. Könenman, Hong Kong, p.196.
- Helms, M.E., Vattam, S., & Goel, A.K. (2009). *Biologically inspired design: process and products*. *Design Studies*, 30, 606-622.
- Helmy, S.E., Aboulnaga, M.M. (2020). Future Cities: The Role of Biomimicry Architecture in Improving Livability in Megacities and Mitigating Climate Change Risks. *Sustainable Ecological Engineering Design*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44381-8_3
- Hirsch, J.E. (2005). An index to quantify an individual's scientific research output. *National academy of Sciences of the United States of America*, pp. 16569-16572
- Hitti, P.K., (1964). *History of the Arabs: From the Earliest Times to the Present*. London: Macmillan & Co. Ltd.
- Hjørland, B. (2013). Citation analysis: A social and dynamic approach to knowledge organization. *Information Processing and Management*, 49 (2013), pp. 1313-1325
- Holzapfel, B. M., Reichert, J. C., Schantz, J. T., Gbureck, U., Rackwitz, L., Nöth, U., Jakob, F., Rudert, M., Groll, J., & Hutmacher, D. W. (2013). How smart do biomaterials need to be? A translational science and clinical point of view. *Advanced drug delivery reviews*, 65(4), 581–603. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2012.07.009>

- Hunt, J., Hall, H., Costa, H., Sprout, E., Teng, S., McDaniel, M., Boudreau, D., Ramroop, T., Rutledge, K. (2023). *Landscape*. National Geographic. <https://education.nationalgeographic.org/resource/landscape/> Erişim 06/05/2024
- ICAO, (2024) .*The Postal History Of ICAO*. International Civil Aviation Organization. <https://Applications.Icao.Int/Postalhistory/Index.Html> Erişim Tarihi, 26/02/2024.
- IFLA, (2020). *Landscape Architecture Profession*. IFLA Europe, International Federation Of Landscape Architects <https://iflaeurope.eu/index.php/site/general/landscape-architecture-profession> Erişim 05/04/2024
- In Hine, R. (Ed.), (2019). *A Dictionary of Biology*. Oxford University Press. <https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/acref/9780198821489.001.0001/acref-9780198821489-e-6553>. Erişim 26/01/2024
- Interface (n.d.). *Entropy Carpet Tiles*. Interface. <https://shop.interface.com/US/en-US/carpet-tile/entropy/1178C.html> Erişim 24/03/2024
- Ison, C. (2021). *Tall Red Cathedral termite mounds in the tropical top end of the Northern Territory*. [Photograph]. Alamy. <https://www.alamy.com/tall-red-cathedral-termite-mounds-in-the-tropical-top-end-of-the-northern-territory-image431061869.html?imageid=1970A654-4E74-424D-B3E7-E7AB85C55113&p=263723&pn=1&searchId=ac76ce25ea910c3762de7b50db99cc60&searchtype=0> Erişim 03/04/2024
- İbn Tufeyl, E.B. (2009). *Hayy Bin Yakzan*. Dar Almachreq Yayınları. ISBN 9782721481245, 102s. Nader A. (Ed.), Beyrut.
- Jamsari, E.A., Mohd Nawi, M. A., Sulaiman, A., Sidik, R., Zaidi Z. and Abul Hassan Ashari M. Z. (2013). Ibn Firnas and His Contribution to the Aviation Technology of the World. *Advances in Natural and Applied Sciences*, 7(1): 74-78, 2013 ISSN 1995-0772.
- Jimenez, M. P., DeVille, N. V., Elliott, E. G., Schiff, J. E., Wilt, G. E., Hart, J. E., & James, P. (2021). Associations between Nature Exposure and Health: A Review of the Evidence. *International journal of environmental research and public health*, 18(9), 4790. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094790>.
- Karagözoğlu, A. A., Abdurrezzak, S., & Doğan Ü. (2024). A bibliometric analysis of studies on distance education. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 14(1), 449-474. <https://doi.org/10.18039/ajesi.1281711>
- Keele K. D, (1955). Leonardo da Vinci on vision. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, 48(5), pp. 384-390.
- Kellert, S. R., & Wilson, E. O. (1993). *The Biophilia Hypothesis*. Island Press.

- Kellert, S., Heerwagen J., Maador M. (2008). *Biophilic Design, the Theory, Science and Practice of Bringing Buildings to Life*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Kelly, J., Sadeghieh, T., Adeli, K. (2014). Peer review in scientific publications: benefits, critiques, & A survival guide. *EJIFCC* 25 (3), 227e243.
- Kennedy, E. B. (2017). *Biomimicry: Design by Analogy to Biology*. *Research-Technology Management*, 60(6), 51-56, DOI: [10.1080/08956308.2017.1373052](https://doi.org/10.1080/08956308.2017.1373052)
- Kennedy, E., Fechey-Lippens, D., Hsiung Bor-Kai, Niewiarowski, P. H. And Kolodziej, M. (2015). Biomimicry: A Path to Sustainable Innovation. The MIT Press, *Design Issues*, 31(3), pp. 66-73.
- Keskin S.N. ve Özen Yavuz A.(2019). Biyomimikri Yöntemiyle Tasarlanmış bir Yaşam Alanı: Salyangoz Barınağı. *ISAS*, Ankara, Turkey.
- Keskintürk, T. (2010). *Araç rotalama problemlerinin global karınca koloni optimizasyonu ile çözümü*. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Kodera, S. (2021). *Giambattista della Porta*. The Stanford Encyclopedia of Philosophy <https://plato.stanford.edu/archives/fall2021/entries/della-porta/>
- Kuleli, Z. (2015). *Kitâb el-menâzir'in Temel Prensiplerinin Bilim Felsefesi Açısından İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, TC. Fatih Sultan Mehmet Üniversitesi, İstanbul.
- Kruize, H., van Kamp, I., van den Berg, M., van Kempen, E., WendelVos, W., Ruijsbroek, A., Swart, W., Maas, J., Gidlow, C., Smith, G., Ellis, N., Hurst, G., Masterson, D., Triguero-Mas, M., Cirach, M., Gražulevičienė, R., van den Hazel, P., & Nieuwenhuijsen, M. (2020). Exploring mechanisms underlying the relationship between the natural outdoor environment and health and wellbeing – Results from the PHENOTYPE project. *Environment International*, 134, 105173. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105173>.
- Kshirsagar, M. Praveen, K., Sanjay, K., Meena, A. Kumar, D., Danby, C., and Bhavsar, S. S. (2021). Applications of Biomimicry in Construction and Architecture: A Bibliometric Analysis. *Library Philosophy and Practice (e-journal)*. 5031. <https://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/5031>
- Lackey, N. Q., Tysor, D. A., McNay, G. D., Joyner, L., Baker, K. H., & Hodge, C. (2019). Mental health benefits of nature-based recreation: a systematic review. *Annals of Leisure Research*, 0(0), 1–15. <https://doi.org/10.1080/11745398.2019.1655459>
- Lear, J., (1961). Was Ibn Firnas the first human flyer? *New Scientist*, 231, 109-110.
- Leberfinger, A. N., Dinda, S., Wu, Y., Koduru, S. V., Ozbolat, V., Ravnic, D. J., & Ozbolat, I. T. (2019). Bioprinting functional tissues. *Acta biomaterialia*, 95, 32–49. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2019.01.009>

- Leonardo, D. V. (1505) *Codex on the Flight of Birds*. The Library of Congress, <https://www.loc.gov/item/2021668201/>.
- Li, L.L., Ding, G.H., Feng, N., Wang, M.H., & Ho, Y.S. (2009). Global stem cell research trend: Bibliometric analysis as a tool for mapping of trends from 1991 to 2006. *Scientometrics*, 80(1), 39–58
- Lombardo, C., Cathernine, N., Troy, D., Nice, A., O'sullivan, C., Mcdaid, S., Wooster, E., Thrope, L., Seymour, C., Kousoulis, A., & Rowland, M. (2021). *Nature: How connecting with nature benefits our mental health*. Mental Health Foundation. <https://www.mentalhealth.org.uk/our-work/research/nature-how-connecting-nature-benefits-our-mental-health> Erişim 22/02/2024.
- Lurie-Luke E. (2014). Product and technology innovation: what can biomimicry inspire? *Biotechnology advances*, 32(8), 1494–1505. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.10.002>
- Maizland, L. (2023). Global Climate Agreements: Successes and Failures. *Council On Foreign Relations*. <https://www.cfr.org/background/paris-global-climate-change-agreements#:~:text=Think%20Global%20Health&text=Every%20country%20in%20the%20world,of%20these%20ozone%2Ddepleting%20substances>. Erişim 26/02/2024.
- Makhzoumi, J., Pungetti, G., (1999). *Ecological Landscape Design and Planning: The Mediterranean Context*. E & FN Spon, London.
- Makhzoumi, J. (2000). Landscape ecology as a foundation for landscape architecture: application in Malta. *Landscape and Urban Planning*, Volume 50, Issues 1–3, Pages 167-177, ISSN 0169-2046, [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00088-8](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00088-8)
- Maqqari, A. M., De Gayangos P., and d. 1374 Ibn al-Khaṭīb. (1964). *The History of the Mohammedan Dynasties in Spain; Extracted from the Nafhu-T-Tīb Min Ghosni-L Andalusī R-Rattīb Wa Tārīkh Lisānu-D-Dīn Ibni-L-Khattīb*. [London, Printed for the Oriental Translation Fund of Great Britain and Ireland] 1840-43; New York, Johnson Reprint Corp. [1964]: Johnson Reprint Corp., 1964, I:148-49.
- Marsh, W.M. (2010). *Landscape planning environmental applications*. John Wiley & Sons, 5.th Edition. ISBN: 978-0-470-57081-4 United States Of America.
- Masood, E. (2009). *Sciences and Islam: A History*. London: Icon Book Ltd.
- Mathews, F. (2011). Towards a Deeper Philosophy of Biomimicry. *Organization & Environment*, 24(4), 364-387. <https://doi.org/10.1177/1086026611425689>
- McHarg, I. (1995). *Design with nature*. Wiley, 5. Edition. ISBN: 978-0-471-11460-4. 208 pages.

- McQuaid, R. (2019). Ibn al-Haytham, the Arab who brought Greek optics into focus for Latin Europe. *Adv Ophthalmol Vis Syst* 9(2),44-51. DOI: [10.15406/aovs.2019.09.00344](https://doi.org/10.15406/aovs.2019.09.00344)
- Mensah, J. (2019). Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature review. *Cogent Social Sciences*, 5(1), DOI: [10.1080/23311886.2019.1653531](https://doi.org/10.1080/23311886.2019.1653531)
- Merriam-Webster. Ethos. In *Merriam-Webster.com dictionary*. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/ethos> Erişim 30/03/2024
- Merriam-Webster. Biomimicry. In *Merriam-Webster.com dictionary*. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/biomimicry> Erişim 26/01/2024
- Merriam-Webster. Bionics. In *Merriam-Webster.com dictionary*. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/bionics> Erişim tarihi 01/03/2024
- Montana-Hoyos, C. Fiorentino, C. (2016). Bio-utilization, Bio-inspiration, and Bio-affiliation in Design for Sustainability: Biotechnology, Biomimicry, and Biophilic Design. *The International Journal of Designed Objects*. 10. 1-18. DOI:10.18848/2325-1379/CGP/v10i03 ISSN: 2325-1379/1-18.
- Montana-Hoyos, C. (2010). *BIO-ID4S: Biomimicry in Industrial Design for Sustainability*. Germany: VDM.
- Murphy, M. (2016). *Landscape Architecture Theory: An Ecological Approach*. United Kingdom: Island Press.
- NASA, (2023). *NASA/GIS. Global Climate Change*. https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/graph_data/Global_Mean_Estimates_based_on_Land_and_Ocean_Data/graph.txt, Erişim 23/02/2024
- NASA, (2024). *What is climate change*. Global Climate Change. <https://climate.nasa.gov/what-is-climate-change/> Erişim 23/02/2024
- Oakleaf, M., (2010). Writing information literacy assessment plans: a guide to best practice. *Commfolit* 3 (2), 80. <https://doi.org/10.15760/commfolit.2010.3.2.73>
- OED ‘Oxford English Dictionary’ (2023). Biomimicry. In *Oxford English Dictionary*, Oxford UP, <https://doi.org/10.1093/OED/9819417498>. Erişim 21/01/2024
- Oguntona, O. A., & Aigbavboa, C. O. (2017). Biomimicry principles as evaluation criteria of sustainability in the construction industry. *Energy Procedia*, 142, 2491-2497.
- Omran, Wail. (2016). Biomimicry Applications in Agriculture to Benefit from Water Renewable Resources. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. 5. 333-336.

- Osareh, F. (1996). Bibliometrics, citation analysis and co-citation analysis: A review of literature. *Libri*, 46(3), 149-158. <https://doi.org/10.1515/libr.1996.46.3.149>
- Othmani, N.I., Mohamed, S.A., Abdul Hamid, N.H., Yeo, L.B., Ramlee, N., Yunos, M.Y.M. (2022). Reviewing biomimicry design case studies as a solution to sustainable design. *Environ Sci Pollut Res* 29, 69327–69340. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22342-z>
- Öztürk, M. (2015). İbn Tufeyl'in Doğaya Dönük Eğitim ve Felsefe Anlayışını Aktardığı Hay Bin Yakzan Adlı Felsefi Romanı Üzerine Bir İnceleme. *Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt: 12-1, Sayı: 23, s.1-8*.
- Parr, A. (2014). *Sustainability*. In *Encyclopedia of Aesthetics*. Oxford University Press. <https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/acref/9780199747108.001.0001/acref-9780199747108-e-701>. Erişim 26/01/2024.
- Passino, K. M. (2002). Biomimicry of bacterial foraging for distributed optimization and control. *IEEE Control Systems Magazine*, vol. 22, no. 3, pp. 52-67, June 2002, <https://doi.org/10.1109/MCS.2002.1004010>
- Pawlyn, M. (2011). *Biomimicry in Architecture*, RIBA Publishing, London, p.47. (ISBN: 978-1859463758)
- Pawlyn, M. (2019). *Biomimicry In Architecture*. RIBA Publishing 2nd Edition, ISBN: 1000701603, 9781000701609, 176p. Routledge. <https://books.google.com.tr/books?id=xbKoDwAAQBAJ> 1-9 pages.
- Pearce, M. (2016). *Eastgate building harare*. Mick Pearce. <https://www.mickpearce.com/Eastgate.html> Erişim 03/04/2024
- Pedersen Zari, M. (2018). *Regenerative Urban Design and Ecosystem Biomimicry*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315114330>
- Polat, Ö., Demirci, F. G. (2021). Erken Çocukluk Döneminde Bilişsel Gelişime Bir Uyarıcı Olarak Doğa İle Temas Ve Doğa Temelli Açık Alan Etkinlikleri. *Muş Alparslan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1(2), 95-113 ISSN: 2791-7320
- Pranckutė, R. (2021). Web of Science (WoS) and Scopus: The Titans of Bibliographic Information in Today's Academic World. *Publications* 9, no. 1: 12. <https://doi.org/10.3390/publications9010012>
- Pritchard, A. (1969) Statistical Bibliography or Bibliometrics. *Journal of Documentation*, 25, 348-349.
- Rainey, D. L. (2006). *Sustainable Business Development: Inventing the Future Through Strategy*, Innovation and Leadership. Cambridge University Press.
- Rivkin, M. S. (2000). *Outdoor experiences for young children*. ERIC Digest.

- Rossin, K.J. (2010). Biomimicry: Nature's Design Process versus the Designer's Process. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 138, 559-570. <https://doi.org/10.2495/DN100501>
- Rousseau, J. J. (2009). *Emile ya da Eğitim Üzerine*. Çev. İsmail Yerguz, Say Yayınları, İstanbul.
- Sandzen S.C. (2015). *Biomimicry As Design Lens For Landscape Architecture*. Yüksek Lisans Tezi, Georgia üniversitesi.
- Schotten, M., El Aisati, M., Meester, W., Steinginga, S. & Ross, C. (2017). *A Brief History of Scopus: The World's Largest Abstract and Citation Database of Scientific Literature*. <https://doi.org/10.1201/9781315155890-3>
- Secinaro, S., Brescia, V., Calandra, D. & Biancone, P. (2020). Employing bibliometric analysis to identify suitable business models for electric cars. *Journal of Cleaner Production*, 264. 121503. 10.1016/j.jclepro.2020.121503.
- Seçkin, N.P., Seçkin, Y.Ç., Seçkin, Ö.B. (2011). *Sürdürülebilir peyzaj tasarımı ve uygulama ilkeleri*. Literatür Yayıncılık. İstanbul.
- Shahda M, Elmokadem A. (2014) Biomimicry levels as an approach to architectural sustainability. *Port Said Eng Res J*, 10
- Shaw, R. (2021). *History Of Flight*. National Aeronautics and Space Administration. NASA, <https://applications.icao.int/postalhistory/index.html> Erişim 26/02/2024.
- Sinn, H. W. (2016). *Yeşil Paradoks* (M. E. Dinçer, Çev.), Koç Üniversitesi Yayınları.
- Smith A M, (1998). Ptolemy, Alhazen, and Kepler and the problem of optical images. *Arabic Sciences and Philosophy*, 8(1) 9-44.
- Strong D. S., (1979). *Leonardo on the Eye*, New York: Garland.
- Şahin, Ş. (2009). *Peyzaj ekolojisi kavramsal temelleri ve uygulama alanları*. Akay, A., Özen, M.D. (ed). *Peyzaj Yönetimi*. Türkiye ve Ortadoğu Amme İdaresi Enstitüsü. 1.Baskı, ISBN 978- 975-8918-36-2. Ankara
- Tbakhi, A., & Amr, S. S. (2007). Ibn Al-Haytham: father of modern optics. *Annals of Saudi medicine*, 27(6), 464–467. <https://doi.org/10.5144/0256-4947.2007.464>
- Thielicke, W. (2017). *Superhydrophobic surfaces/ Lotus effect* [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=HF4blivJQ6o> Erişim 02/04/2024
- Tschakert, P., Zimmerer, K., King, B., Baum, S. (2023). *Environment and society in a changing world* [Lecture]. <https://www.e-education.psu.edu/geog30/node/330#:~:text=While%20the%20concept%20of%20%E2%80%9Cenvironment,human%20and%20non%2Dhuman%20phenomena.>

- Varshabi, N., Arslan Selçuk, S., Mutlu Avinç, G. (2022). Biomimicry for Energy-Efficient Building Design: A Bibliometric Analysis. *Biomimetics*, 7(1), 21. <https://doi.org/10.3390/biomimetics7010021>
- Verbrugghe, N., Rubinacci, E., Khan, A.Z. (2023). Biomimicry in Architecture: A Review of Definitions, Case Studies, and Design Methods. *Biomimetics*, 8, 107. <https://doi.org/10.3390/biomimetics8010107>
- Vincent, J. F. V., Bogatyrev, O., Pahl, A.-K., Bogatyrev, N. R. & Bowyer, A. (2005) Putting Biology into TRIZ: A Database of Biological Effects. *Creativity and Innovation Management*, 14, 66-72.
- Vincent, J. F. V., Bogatyreva, O. A., Bogatyrev, N. R., Bowyer, A., & Pahl, A.-K. (2006). Biomimetics: its practice and theory. *Journal of The Royal Society Interface*, 3(9), 471–482. <https://doi.org/10.1098/rsif.2006.0127>
- Wade, N. J., & Finger, S. (2001). The eye as an optical instrument: from camera obscura to Helmholtz's perspective. *Perception*, 30(10), 1157-1177.
- Wahl, D., (2006). Bionics vs. biomimicry: from control of nature to sustainable participation in nature. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. Vol 87. 289-298. 10.2495/DN060281.
- Wakkary, R. (2022). *Designing-with in More than Human Worlds* [PowerPoint Slides]. IAAC. <https://iaac.net/iaac-lecture-series-ron-wakkary/>
- Wakkary, R. (2021). *Things We Could Design: For More Than Human-Centered Worlds*. United States: MIT Press.
- Wells, N. M. (2000). At home with nature: Effects of “Greenness” on children’s cognitive functioning. *Environment and Behavior*, 32(6), 775-795.
- Wheeler, Q. D., Knapp, S., Stevenson, D. W., Stevenson, J., Blum, S. D., Boom, B. M., Woolley, J. B. (2012). Mapping the biosphere: exploring species to understand the origin, organization and sustainability of biodiversity. *Systematics and Biodiversity*, 10(1), 1–20. <https://doi.org/10.1080/14772000.2012.665095>
- White, L.J., (1961). Eilmer of Malmesbury, an Eleventh Century aviator: A case study of technological innovation, its context and tradition. *Technology and Culture*, 2(2), 97-111.
- Willis, C. (2015). A human needs approach to revealing nature's benefits for visitors to the coast. *Area*, vol. 47, no. 4, pp. 422–428. <https://doi.org/10.1111/area.12206>.
- Wordreference. Bio. In Wordreference.com. <https://www.wordreference.com/definition/bio> Erişim, 21/01/2024

- Wordreference. Mimesis. In Wordreference.com.
<https://www.wordreference.com/definition/mimesis> Erişim 21/01/2024
- WCED ‘World Commission on Environment and Development’, (1987). *Our Common Future*. Oxford and New York: Oxford University Press.
- Yılmaz, S., Düzenli, T., Düzenli, T., Çiğdem, A., Akyol, D. (2019). *Tasarım Eğitiminde Biçim Üretme*. Gece Kitaplığı. Ankara.
- Zari, M. P. (2007). Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability.
- Zenhui, R. Z. (2013). *A spider web which is a flower*. Institute Of Critical Zoologists
<https://criticalzoologists.org/last/> Erişim 31/03/2024
- Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric methods in management and organization. *Organizational research methods*, 18(3), 429-472.
- [National Geographic]. (2018). *See how termites inspired a building that can cool itself* [Video]. Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=620omdSZzBs&t=158s> Erişim 03/04/2024
- [Sustainability Illustrated]. (2020). *Amazing biomimicry examples providing real sustainability solutions | Architecture Building Energy* [Video]. Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=5FZ9Ryx5zAk> Erişim 03/04/2024
- URL-1, Janine Benyus. Biomimicry Institute <https://biomimicry.org/janine-benyus/> Erişim 05/04/2023
- URL-2, *Codex on the Flight of Birds*. Library Of Congress.
https://www.loc.gov/resource/gdcwdl.wdl_19477/?sp=42&st=image&r=-0.244,0.541,1.466,0.709,0 Erişim Tarihi: 06/02/2024
- URL-3 (2020). *Our Eyes Work Like Cameras*. Discovery Eye Foundation
<https://discoveryeye.org/our-eyes-work-like-cameras/> Erişim 26/02/2024
- URL-4 *Velcro Örneği* [Fotoğraf] <https://www.fruugo.com.tr/velcro-tape-self-adhesive-50m-extra-strongdouble-sided-adhesive-with-velcro-202516mm-wide/p-145729625-307382133?language=en> Erişim tarihi 26/02/2024
- URL-5, *Kıyafet üstüne yapışan Dulavrat Otu*, [Fotoğraf]
<https://www.poconorecord.com/story/special/2019/10/12/annoying-by-design/2545528007/> Erişim tarihi 26/02/2024
- URL-6, *Michelangelo tepesinden Floransa Katedrali*. [Fotoğraf]
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Florence_Duomo_from_Michelangelo_hill.jpg Erişim 26/02/2024

- URL-7, *Biomimicry nedir?* Biomimicry Institute. <https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/> Erişim tarihi 05/04/2023
- URL-8, *Bird Glass* <http://www.ornilux.com/bird-glass.html> Erişim tarihi 05/04/2023
- URL-9, *Case studies.* Biomimicry Institute. <https://toolbox.biomimicry.org/references/casestudies/> Erişim 14/03/2024
- URL-10, (2016). *Tips to prevent birds from crashing into Windows.* <https://www.glass-rite.com/2016/03/28/birds-and-windows/> Erişim 31/03/2024
- URL-11, *Avrupa Peyzaj Sözleşmesi.* <https://www.tarimorman.gov.tr/DKMP/Belgeler/MEVZUAT/Uluslararası%C4%B1%20S%C3%B6zleşmeler/6%20AVRUPA%20PEYZAJ%20S%C3%96ZLE%C5%9EMES%C4%B0.pdf> Erişim 22/04/2024
- URL-12, *Bibliometrix.* University of Naples Federico II <https://www.bibliometrix.org/home/> Erişim tarihi 02/06/2024
- URL-13, *Biblioshiny 1, Bibliometrix for no coders.* <https://bibliometrix.org/biblioshiny/biblioshiny1.html> Erişim 03/06/2024
- URL-14, *Scopus Search Guide.* Elsevier <https://schema.elsevier.com/dtds/document/bkapi/search/SCOPUSSearchTips.htm> Erişim 13/06/2024
- URL-15, *Database Search Tips: Boolean operators.* MIT Libraries <https://libguides.mit.edu/c.php?g=175963&p=1158594> CC-BY-NC lisanslıdır Erişim 03/06/2024
- URL-16, *Keynote Biblioshiny, Bibliometrix for no coders.* Bibliometrix <https://bibliometrix.org/biblioshiny/assets/player/KeynoteDHTMLPlayer.html#67> Erişim 10/06/2024
- URL-17 *Frequently Asked Questions.* Bibliometrix <https://www.bibliometrix.org/home/index.php/faq> Erişim 25/06/2024
- URL-18 *Biblioshiny 2, Bibliometrix for no coders.* Bibliometrix <https://bibliometrix.org/biblioshiny/biblioshiny2.html> Erişim 10/06/2024
- URL-19, (2024). *Scholarly Journal Articles: Structure and Function.* Research Guide The University Of Vermont Libraries <https://researchguides.uvm.edu/c.php?g=290274&p=1935135> Erişim 12/06/2024
- URL-20, *Title Abstract And Keywords.* Springer <https://www.springer.com/it/authors-editors/authorandreviewertutorials/writing-a-journal-manuscript/title-abstract-and-keywords/10285522> Erişim 12/06/2024

